

Номинант №1

- **Беляева Ирина Дмитриевна**
- 03.06.2001
- Аспирант 1 года обучения, младший научный сотрудник кафедры технологии микробиологического синтеза Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)
- г. Санкт-Петербург, e-mail: belyaevairina97@gmail.com



Название работы: Получение и исследование биокомпозита на основе никелевого феррита и грибного хитозана

Хитозан, благодаря своей биосовместимости, антимикробной активности и высокой сорбционной способности, выступает в роли уникальной полимерной матрицы. Модификация этим биополимером наноструктур ферритов позволяет не только сохранить их ключевые физико-химические характеристики (магнитную анизотропию, коэрцитивную силу и фотокаталитическую активность), но и целенаправленно улучшить функциональные свойства конечного продукта.

Целью данного исследования являлась интеграция грибного хитозана с никелевым ферритом для создания биокомпозита.

Исходный порошок никелевого феррита получали методом растворного горения в 2 стадии. Грибной хитозан получали биотехнологическим методом из гриба *Rhizopus oryzae*, путём деацетилирования и деминерализации биомассы в мягких условиях. Полученный биополимер обладал следующими показателями: степень деацетилирования – 89 % (титриметрия, автотитратор АТ-50, *Mettler Toledo*, США), молекулярная масса – 400 кДа (вискозиметрия, *вискозиметр Оствальда* с диаметром капилляра 0,73 мм), массовая доля хитозана – 91 %.

Биокомпозит получали методом последовательного смешения, в качестве связывающего агента использовали 0,5 М раствора NaOH-10 % глутарового альдегида.

Биокомпозит проявляет антимикробную активность в отношении бактерий и дрожжей. Наибольшую чувствительность проявили: *T. roseum* (МПК = 0,5 мг/мл, МБК = 1,0 мг/мл), *Kl. marxianus* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК=2,0 мг/мл), *S. cerevisiae* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК = 2,0 мг/мл), *E. coli* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК = 2,0 мг/мл), *B. cereus* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК = 2,0 мг/мл), *St. citreus* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК = 2,0 мг/мл), *Ps. putida* (МПК = 1,0 мг/мл, МБК = 2,0 мг/мл).

Препарат также обладает способностью удалять из растворов такие металлы как железо, цинк, никель, кобальт и свинец. Из рассмотренных металлов наиболее высокой сорбционной емкостью биокомпозит обладает в отношении ионов железа. Использование концентрации сорбента 1 г/л обеспечивает максимальной эффективности при минимальном расходе материала.

Полученный материал перспективен для медицинского применения (в частности, как компонент раневых покрытий) и для решения экологических задач (как сорбент для очистки сточных вод), где грибной хитозан играет ключевую роль, обеспечивая адгезивные и антибактериальные свойства.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Беляева, А.Д. Изучение влияния способа приготовления питательной среды на основе гороха на количество получаемой в процессе глубинного культивирования биомассы *Rhizopus oryzae*/ А.Д. Беляева, А.А. Григорьева, **И.Д. Беляева**, Г.Г. Няникова // Бутлеровские сообщения. – 2021. – Т.68. – №12. – С.112-119.
DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-12-112
2. Martinson, K.D. Synthesis, Structure, and Antimicrobial Performance of $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($x = 0, 0.3, 0.7, 1.0$) Magnetic Powders toward *E. coli*, *B. cereus*, *S. citreus*, and *C. tropicalis*/ K.D. Martinson, A.D. Beliaeva, D.D. Sakhno, **I.D. Beliaeva**, V.E. Belyak, G.G. Nianikova, I.B. Pantelev, V.N. Naraev, V.I. Popkov, // *Water*. – 2022. – V.14. – P. 454.
<https://doi.org/10.3390/w14030454>
3. Григорьева, А. А. Новый сорбент для осветления и стабилизации яблочного сидра / А.А. Григорьева, **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, Г.Г. Няникова // Пищевые технологии и биотехнологии. XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием (г. Казань, 18–21 апреля 2023 г.) : материалы конференции / под ред. А. С. Сироткина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : [б. и.], 2023. – С. 178-182.
4. **Беляева, И.Д.** Антимикробная активность никель-цинковых ферритов/ **И.Д. Беляева**, Г.Г. Няникова // Сборник тезисов XII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2022» (с международным участием), 20-22 апреля 2022/ Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). – Санкт-Петербург : [б. и.], 2022. – С. 260
5. **Беляева, И.Д.** Влияние ферритов состава $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($x = 0, 0.3, 0.7, 1.0$) на рост некоторых микроорганизмов/ **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева // Сборник тезисов XII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2022» (с международным участием), 20-22 апреля 2022/ Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). – Санкт-Петербург : [б. и.], 2022. – С. 261.
6. **Беляева, И.Д.** Синтез комплекса никель-цинковый феррит-хитозансодержащий биосорбент/ **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, К.Д. Мартинсон // Сборник тезисов XIII научно-технической конференции XIII научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 194-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в рамках мероприятий 2022 года по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2022. – С. 275.
7. **Беляева, И.Д.** Биокомплекс никель-цинковый феррит/ грибной хитозан для медицинского применения/ **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, К.Д. Мартинсон, Г.Г. Няникова //

Сборник тезисов международной научно-практической конференции «Белорусские лекарства». – Минск : [б. и.], 2022. – С. 28-29.

8. **Беляева, И. Д.** Инновационный биокомплекс никель-цинковый феррит/ грибной хитозан / **И. Д. Беляева** // Сборник тезисов XXXIII Менделеевской школы-конференции молодых учёных, 16-20 апреля 2023. – Иваново : [б. и.], 2023. – С. 114.

9. **Беляева, И.Д.** Получение комплекса никелевый феррит/грибной хитозан для применения в медицине и биологии / **И.Д. Беляева**, А. Д. Беляева, К. Д. Мартинсон, Г. Г. Няникова // // Сборник тезисов XIII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий в 2023 году «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2023» (с международным участием), 11-13 апреля 2023/ Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). – Санкт-Петербург : [б. и.], 2023. – С. 465.

10. **Беляева, И.Д.** Наноконпозиты на основе хитозана и ферритов / **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, К.Д. Мартинсон, Няникова

11. Г.Г // Сборник тезисов XIV научно-технической конференции «Традиции и Инновации», посвященной 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в рамках мероприятий года по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2023. – С. 301.

12. **Беляева, И.Д.** Гриб *Rhizopus oryzae* – перспективный продуцент хитозана / **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, А.Р. Сахипова, Г.Г. Няникова // Сборник тезисов III Всероссийской научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Политех наукам о жизни». – Санкт-Петербург : [б. и.], 2023. – С.111.

13. **Беляева, И.Д.** Получение биокомплекса никель-цинковый феррит/грибной хитозан / **И.Д. Беляева** // Сборник материалов XII Межвузовской конференции научных работ

14. студентов имени члена-корреспондента АН СССР Александра Александровича Яковкина (с международным участием), 15 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург. – 2023. – С. 127-129.

15. **Beliaeva, I.D.** Obtaining nickel-zink ferrite/ fungal chitosan biocomplex / **I.D. Beliaeva**, Sakhipova A.R., Beliaeva A.D., Nianikova G.G. // SCIENCE AND TECHNOLOGY: 21st CENTURY ADVANCES материалы VI межвузовской научно-практической конференции аспирантов и магистрантов (с международным участием), 29 февраля 2024 года. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2024 – С. 18.

16. **Беляева, И.Д.** Способ получения комплекса никель-цинковый феррит/ грибной хитозан // **И.Д. Беляева**, А.Д. Беляева, А.Р. Сахипова // Актуальные проблемы биомедицины - 2024 материалы XXX всероссийской конференции молодых ученых с международным участием, 21-22 марта 2024 года – Санкт-Петербург : [б. и.], 2024 – С. 221-222.

17. Сахипова, А.Р. Гриб *Rhizopus oryzae* – перспективный источник хитозана / Сахипова А.Р., **Беляева И.Д.**, Няникова Г.Г. // Сборник тезисов XIV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых имени профессора, Лауреата Государственной премии СССР А.С. Дудырева «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2024. Творчество молодежи – будущему России» (с международным участием), 22–24 апреля 2024 г. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2024 – С. 451.

18. Сахипова, А.Р. Культивирование гриба *Rhizopus oryzae* на гороховой среде / Сахипова А.Р., **Беляева И.Д.** // Сборник тезисов XIV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых имени профессора, Лауреата Государственной премии СССР А.С. Дудырева «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2024. Творчество молодежи – будущему России» (с международным участием), 22–24 апреля 2024 г. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2024 – С. 452.

19. Сахипова, А. Р. Изучение антибактериальной активности крабового и грибного хитозана / А. Р. Сахипова, **И. Д. Беляева**, Г. Г. Няникова // Наука молодых — наука будущего : сборник статей XIV Международной научно-практической конференции (3 декабря 2024 г.). – Петрозаводск : МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2024. – С. 189-200.
20. **Beliaeva, I.** Organic acid production by *Rhizopus oryzae* / **I. Beliaeva**, A. Sakhipova, A. Beliaeva, G. Nianikova // Proceedings of the LXIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation», Primedia E-launch LLC, Shawnee, The USA. – 2024. – P. 15-21.
21. Сахипова, А. Р. Применение хитозана в медицине / А. Р. Сахипова, **И. Д. Беляева** – сборник тезисов XV научно-технической конференции «Традиции и Инновации», посвященной 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) – в редакции.
22. *Rhizopus oryzae* biomass production: cultivation optimization / A. D. Beliaeva, **I. D. Beliaeva**, A. R. Sakhipova, G. G. Nianikova // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration : proceedings of the International Conference, 12 February 2025 / Scientific publishing house Infinity. – Beijing, PRC, 2025. – P. 89-97. – DOI: 10.34660/INF.2025.71.49.045.
23. Беляева, А. Д. Получение хитиндеацетилазы из *Rhizopus oryzae* / А. Д. Беляева, И. Д. Беляева // Неделя науки – 2025. Творчество молодежи – будущему России : сборник тезисов XV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), 16-18 апреля 2025 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). – СПб. : [б. и], 2025. – С. 374.
24. Беляева, И. Д. Изучение растворимости грибного хитозана / И. Д. Беляева, А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова // Неделя науки – 2025. Творчество молодежи – будущему России : сборник тезисов XV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), 16-18 апреля 2025 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). – СПб. : [б. и], 2025. – С. 375.
25. **Беляева, И. Д.** Получение молочной кислоты путём глубинного культивирования гриба *Rhizopus oryzae* / **И. Д. Беляева**, А. Д. Беляева (науч. рук. Г. Г. Няникова) // Сборник тезисов докладов XIV конгресса молодых ученых. Электронное издание / Министерство образования и науки Российской Федерации, Университет ИТМО. – СПб. : Университет ИТМО, 2025. – URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/15203> (дата обращения: 18.05.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
26. Беляева, И. Д. Биоконкомплекс никелевый феррит-грибной хитозан / И. Д. Беляева, А. Д. Беляева, Д. Д. Сахно, К. Д. Мартинсон // Молодая фармация – потенциал будущего, 2025 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет. – СПб. : [б. и], 2025. – С. 104-109.
27. Биохитозан *Rhizopus oryzae*: от клеточной стенки к биоконкомпозиту / **И. Д. Беляева**, А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова [и др.] // Современная микология в России : материалы мемориальной микологической конференции, 13-14 мая 2025 года / ООО «Национальная академия микологии». – М.: [б.и.], 2025. – С. 282-283.
28. Многофункциональные биосорбенты на основе *Rhizopus oryzae* F-814: подходы к созданию и области применения / А. Д. Беляева, **И. Д. Беляева**, О. Ю. Харьковская [и др.] // Современная микология в России : материалы мемориальной микологической конференции, 13-14 мая 2025 года / ООО «Национальная академия микологии». – М.: [б.и.], 2025. – С. 281.
29. Беляева, А. Д. Анализ воды бассейна Финского залива / А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова, **И. Д. Беляева** // Экологическая химия. – 2025. – Т. 34. – № 2. – С. 59-68.
30. Влияние хитозана и энтеросорбентов на активность противомикробных препаратов *in vitro* / А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова, А. Р. Сахипова, **И. Д. Беляева**, О. Ю. Харьковская // Биомедицина. – 2025. – С. – в редакции (принято к опубликованию).

31. Использование отходов производства микровзелени крестоцветных растений для культивирования *Rhizopus oryzae* / И. Д. Беяева, А. Д. Беяева, О. Ю. Харьков, Г. Г. Няникова // Российский биотехнологический журнал. – 2025. – № 2. – С. 28-32.
32. Беяева, А. Д. Деметаллизация воды бассейна Финского залива хитозановым биосорбентом из *Rhizopus oryzae* F-814 / А. Д. Беяева, Г. Г. Няникова, И. Д. Беяева // Экологическая химия. – 2025. – Т. 34. – № 3. – С. 117-130.
33. Беяева, И. Д. Комплексный препарат на основе никелевого феррита и грибного хитозана / И. Д. Беяева // Всероссийский конкурс научных работ «Лобачевский - 2025» : сборник тезисов Всероссийского конкурса научных работ студентов имени Н.И. Лобачевского. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 349-352. – EDN RVNCPH.
34. Беяева, И. Д. Биокөмозит никелевый феррит / грибной хитозан: получение и исследование для медицинских и экологических целей / И. Д. Беяева // Двадцать восьмая Санкт-петербургская Ассамблея молодых учёных и специалистов : сборник тезисов / Правительство Санкт-Петербурга; Комитет по науке и высшей школе. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 176.
35. Патент **RU2817713 C1** «Способ изготовления литий-цинк-марганцевой ферритовой керамики».
36. Заявка на ИЗ «Способ получения хитозана» – №2022134205.
37. Победитель конкурса грантов "Студенческий Стартап (очередь V)" (Протокол заседания дирекции Фонда содействия инновациям от 17.07.2024). Проект “Разработка технологии получения комплексного препарата на основе никелевого феррита и грибного хитозана для применения в медицине и экологии”.

Номинант №2

- Боровской Андрей Юрьевич
- 26.03.2001
- Магистрант 2 года обучения, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
- г. Санкт-Петербург, e-mail: wasborn54@gmail.com



Название работы: Биodeградируемые полиэлектролитные комплексы на основе сульфатированных полисахаридов и функционализированного хитозана для пероральной доставки колистина

Глобальное распространение антимикробной резистентности среди грамотрицательных бактерий группы ESKAPE диктует необходимость совершенствования терапии инфекций, вызванных мультирезистентными штаммами. Полипептидный антибиотик колистин сохраняет статус препарата последней линии защиты, однако его клиническое применение существенно ограничено выраженной нефро- и нейротоксичностью, а также пренебрежимо низкой биодоступностью при пероральном введении. В этой связи разработка биodeградируемых систем доставки, способных нивелировать побочные эффекты и обеспечить эффективный транспорт препарата через кишечный барьер, становится приоритетным направлением современной фармацевтической химии.

В рамках работы предложены оригинальные полиэлектролитные комплексы, где роль полианионов выполняют сульфатированные полисахариды — хондроитинсульфат и каррагинан, а поликатиона — хитозан, ковалентно модифицированный цианокобаламином. Ключевым отличием подхода стало использование сульфатных групп, энергия связывания которых с катионным пептидом на два порядка превышает таковую для карбоксильных групп гиалуроновой кислоты, что подтверждено данными изотермической титрационной calorиметрии. Химическая модификация хитозана витамином B12 (содержание 29,8 мас.%) обеспечивает рецептор-опосредованный транспорт через кишечный эпителий, тогда как электростатическое связывание аминогрупп антибиотика в составе комплекса уменьшает его токсическое действие на клетки млекопитающих.

Экспериментально получены стабильные наночастицы с гидродинамическим диаметром 140–446 нм и ζ -потенциалом +28...+30 мВ, характеризующиеся 100%-ной эффективностью инкапсулирования активного вещества. Кинетика высвобождения демонстрирует пролонгированный профиль: для каррагинан-содержащих систем выход

препарата не превышает 23% за 24 часа при физиологических значениях рН. Исследования на монослоях клеток Сасо-2 выявили увеличение коэффициента кажущейся проницаемости до $7,4 \times 10^{-6}$ см/с, что сопоставимо с собственным транспортом витамина В12 и на два порядка выше показателей свободного колестилина. Биологические тесты подтвердили полное отсутствие нефро- и нейротоксичности на линиях клеток НЕК 293 и Т-98G при сохранении высокой антимикробной активности против *Pseudomonas aeruginosa*.

Полученные результаты расширяют фундаментальные представления о термодинамике взаимодействия поликатионных пептидов с сульфатными группами биополимеров в рамках концепции «зеленой» химии. Разработанные системы создают научную базу для создания пероральных лекарственных форм нового поколения на основе возобновляемых биополимеров, что способствует повышению эффективности и безопасности терапии инфекций, вызванных устойчивыми патогенами.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Dubashynskaya N.V., Zhuravskii S.G., **Borovskoy A.Y.**, Bokatyi A.N., Sall T.S., Egorova T.S., Demyanova E.V., Murashko E.A., Mukhametdinova D.V., Shasherina A.Y., Anufrikov Y.A., Skorik Y.A. Carrageenan and Cyanocobalamin-Chitosan Based Nanoantibiotics: An Effective Strategy for Colistin Delivery // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2025 – P. 137788. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2025.137788. (Q1, импакт-фактор 5.4)
2. Dubashynskaya N.V., **Borovskoy A.Y.**, Bokatyi A.N., Sall T.S., Egorova T.S., Demyanova E.V., Murashko E.A., Skorik Y.A. Chondroitin Sulfate/Cyanocobalamin–Chitosan Polyelectrolyte Complexes for Improved Oral Delivery of Colistin // *Polysaccharides*. – 2025. – V. 6. – N 1. – P. 21. DOI: 10.3390/polysaccharides6010021. (Q1, импакт-фактор 5.5)
3. Dubashynskaya N.V., Bokatyi A.N., Novikova V.P., **Borovskoy A.Y.**, Skorik Y.A. Glucocorticoid-polysaccharide conjugates for targeted anti-inflammatory therapy. – Москва: Успехи синтеза и комплексообразования = *Advances in synthesis and complexing*: сборник тезисов седьмой Международной научной конференции., 2025. – P. 171.
4. Дубашинская Н.В., **Боровской А.Ю.**, Бокатый А.Н., Журавский С.Г., Скорик Ю.А. Полиэлектrolитные системы доставки колестилина с оптимизированными биофармацевтическими свойствами. – Санкт-Петербург: Сборник тезисов докладов Десятой Междисциплинарной конференции «Молекулярные и Биологические аспекты Химии, Фармацевтики и Фармакологии», 2025. – С. 33.
5. Дубашинская Н.В., **Боровской А.Ю.**, Бокатый А.Н., Журавский С.Г., Скорик Ю.А. Полиэлектrolитные комплексы на основе полисахаридов для пероральной доставки колестилина: повышение биодоступности и снижение токсичности. – Нижний Новгород: Материалы Семнадцатой международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025), 2025. – С. 58–59.
6. **Боровской А.Ю.**, Дубашинская Н.В., Скорик Ю.А. Системы доставки колестилина на основе полиэлектrolитных комплексов полисахаридов с функционализацией витамином b12 и железом. – Нижний Новгород: Материалы Семнадцатой международной

конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025), 2025. – С. 148–149.

7. **Боровской А.Ю.**, Дубашинская Н.В., Скорик Ю.А. Системы доставки колистина на основе полиэлектролитных комплексов сульфатированных полисахаридов и цианокобаламин-хитозана. – Санкт-Петербург: Современные проблемы науки о полимерах Программа и тезисы докладов 17-й Санкт-Петербургской конференции молодых ученых с международным участием, 2025. – С. 173.

8. Дубашинская Н.В., Бокатый А.Н., **Боровской А.Ю.**, Доля Д.А., Скорик Ю.А. Стратегии улучшения антимикробной активности полимиксинов. – Нальчик: Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения: Материалы XX Международной научно-практической конференции, 2024. – С. 111.

9. Дубашинская Н.В., Бокатый А.Н., **Боровской А.Ю.**, Доля Д.А., Скорик Ю.А. Биополимерные системы доставки пептидных антибиотиков с улучшенными биофармацевтическими свойствами. – Москва: Девятая всероссийская каргинская конференция «ПОЛИМЕРЫ – 2024», 2024. – С. 96.

Номинант №3

- **Власенко Никита Сергеевич**
- 08.04.2000
- ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», аспирант-ассистент кафедры Технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов
- г. Волгоград, e-mail: nik.vlasenko.2000@mail.ru



Название работы: Влияние природы сшивающего агента на водостойкость, механические свойства и биоразлагаемость хитозановых плёнок

Хитозановые плёнки перспективны для пищевой упаковки и биомедицинских материалов, однако их гидрофильность и набухание ограничивают применение во влажных средах. Цель работы - сопоставить свойства плёнок хитозана при химической сшивке реагентами различной природы: глутаральдегидом (ГА), диальдегидной целлюлозой (ДАЦ) и 1,4-бутандиол диглицидиловым эфиром (ДГЭБ). Плёнки получали отливкой из раствора хитозана в 1%-ной уксусной кислоте; модификацию подтверждали FTIR. Степень сшивки характеризовали гель-фракцией (G) и эффективной плотностью сшивки (v_e) по данным равновесного набухания (уравнение Флори-Ренера). Механические свойства определяли при растяжении, биоразложение - по потере массы при почвенном компостировании.

Увеличение доли сшивателя во всех сериях повышало G и снижало набухание. Максимальная сетчатость достигалась при использовании ДАЦ: при $[\text{NH}_2]:[\text{C}=\text{O}] = 1:0,2$ получены $v_e = 0,015588$ моль/см³ и $G = 94,38\%$, тогда как для ГА - $v_e = 0,002531$ моль/см³ и $G = 91,33\%$. Для ДГЭБ в исследованном диапазоне отмечалась более низкая эффективность формирования сети ($G \sim 70-89\%$). ГА повышал σ_{max} с 29,1 до 39,1 МПа (1:0,05-1:0,2), но приводил к хрупкому разрушению (удлинение $<2\%$); ДАЦ обеспечивал упрочнение до 35,8 МПа при также низкой деформативности ($<2\%$). Для ДГЭБ выявлен оптимум состава: при $[\text{NH}_2]:[\text{эпоксид}] = 1:1$ $\sigma_{\text{max}} = 38,4$ МПа (очень хрупко), а при избытке эпоксидов прочность снижалась до 9,0 и 3,4 МПа (1:2 и 1:3) при росте удлинения до $\sim 9-17\%$. В почвенной деградации ДГЭБ-сшитые плёнки сохраняли наибольшую остаточную массу: через 40 суток при соотношении 0,1 - около 25% (против $\sim 17\%$ для ГА и $\sim 8\%$ для ДАЦ); увеличение степени сшивки дополнительно замедляло разложение. Выбор сшивателя позволяет направленно регулировать компромисс между водостойкостью, прочностью и скоростью биоразложения хитозановых плёнок.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. **Власенко, Н.С.** Оптимизация состава хитозановых гидрогелевых плёнок для ранозаживляющих покрытий с контролируемой доставкой лекарств / Н.С. Власенко, Е.Б. Брюзгина, Е.В. Брюзгин // Материалы Семнадцатой международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025) (г. Нижний Новгород, 30 июня – 4 июля 2025 г.) : сб. тез. / Национальный исследовательский Нижегородский гос. университет им. Н. И. Лобачевского, ФИЦ Биотехнологии РАН. - Нижний Новгород, 2025. - С. 45-46. – URL: <https://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2025/07/Tezisyi-RosHit-2025.pdf>
2. Получение прочных скаффолдов для костной инженерии методом 3D-печати с использованием шитого хитозана / **Н.С. Власенко**, Е.С. Бочкарев, Е.Б. Брюзгина, Е.В. Брюзгин, А.В. Навроцкий, И.А. Новаков // Известия ВолгГТУ. Сер. Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов. - Волгоград, 2025. - № 12 (307). - С. 106-115. - DOI: 10.35211/1990-5297-2025-12-307-106-115.
3. Physical-Mechanical and Sorption Properties of Cross-Linked Chitosan Based Film Materials / Е.Б. Брюзгина, **Н.С. Власенко**, В.В. Климов, Е.В. Брюзгин, С.В. Поройский, А.В. Навроцкий, И.А. Новаков // Russian Journal of Applied Chemistry. - 2024. - Vol. 97, Issue 7 (July). – P. 614-622. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S1070427224070048>.
4. **Власенко, Н.С.** Получение и свойства хитозановых гидрогелевых пленок / Н.С. Власенко, В.В. Климов // Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов 2024» (12-26 апреля 2024 г.), секция «Химия» / отв. ред.: А. В. Дзубан ; Московский гос. университет им. М. В. Ломоносова. - Москва, 2024. - С. 133. – URL: https://lomonosov2024.chem.msu.ru/uploads/Proceedings_chemlomo2024.pdf.
5. **Власенко, Н.С.** Исследование хитозановых пленок на водопоглощение / Н.С. Власенко // XXVIII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 23 октября – 6 ноября 2023 г.) : сб. материалов конф. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.] ; ВолгГТУ [и др.]. - Волгоград, 2023. - С. 12-13.
6. Применение раневого покрытия на основе хитозана с иммобилизованным химотрипсином в лечении огнестрельных ран / А.В. Комаров, С.В. Поройский, Е.В. Брюзгин, **Н.С. Власенко**, С.В. Рытченков // Астраханский медицинский журнал. - 2025. - Т. 20, № 2. - С. 121-130. - DOI: 10.17021/1992-6499-2025-2-121-130.

Номинант №4

- **Воденникова Анастасия Андреевна**
- 10.12.2002
- Инженер-исследователь ГНЦ ИБХ РАН; магистр 2 года НИЯУ МИФИ
- г. Москва, e-mail: wodemikanasty@mail.ru



Название работы: Перспективы применения хитозана в качестве адъюванта для вакцин в аквакультуре

Аквакультура является динамично развивающимся направлением сельского хозяйства, ее интенсификация сопряжена с ростом инфекционных заболеваний, вызываемых вирусами и бактериями. Потери молоди рыб в хозяйствах могут достигать 80-100% при отсутствии эффективной профилактики. В мировой практике аквакультуры вакцинация признана наиболее эффективным средством профилактики, но традиционные инъекционные методы трудоемки и стрессогенны для рыб. Актуальной задачей является разработка мукозальных форм вакцин, позволяющих легко проводить масштабную вакцинацию в условиях индустриальной аквакультуры. Перспективным полимером для создания таких вакцин является хитозан-деацетилированное производное природного полисахарида хитина. **Целью данного исследования** является разработка прототипа мукозальной ДНК-вакцины, содержащей хитозан для иммунизации рыб на примере судака обыкновенного (*Sander lucioperca*). Для работы выбраны плаزمиды pscAAV-CAG-GFP, кодирующая ген зеленого флуоресцентного белка (GFP) и хитозан (ХИТ) со средневязкостной молекулярной массой 105 кДа и степенью деацетилирования 98 % (ООО «Биопрогресс», МО). Для получения комплексов плазмиду и ХИТ смешивали в различных весовых соотношениях, регистрируя образование и прочность полиплексов методом электрофореза в 1% агарозном геле. Далее трансфекционная активность таких комплексов была оценена *in vitro* на клеточной линии эпителиомы карпа (ЕРС). Было показано, что ХИТ менее эффективно доставляет плазмиду в клетки, чем катионные липосомы, полученные из DOTAP и DOPE (DD). Следовательно, для дальнейших экспериментов *in vivo* использовали гибридную конструкцию, в которой DD выступал для системы доставки плазмиды, а ХИТ в качестве адъюванта. Эксперимент *in vivo* проводили на аквахозяйстве ООО «Форват» (ЛО). Рыб вакцинировали двукратно, тремя способами: внутримышечно, иммерсионно (погружение) и перорально (с кормом). Сыворотку крови собирали на 1, 21, 47 и 79 дни, органы (селезенку, головную почку, жабры, кишечник) выделяли на 21 и 79 дни. Гуморальный ответ оценивали методом ИФА, биораспределение GFP— с помощью ПЦР в

реальном времени и конфокальной микроскопии. Показали более высокую эффективность гибридной системы DD-ХИТ по сравнению с полиплексами на основе ХИТ. Внутримышечное введение индуцировало наиболее высокую экспрессию GFP во всех исследованных органах. Мукозальные пути иммунизации (погружение или пероральный) вызывали более локализованный иммунный ответ. Данная работа подтверждает потенциал гибридных систем на основе хитозана для ДНК - вакцинации в аквакультуре и подчеркивает критическую зависимость эффективности вакцины от пути введения.

Список всех работ по заявляемой теме:

Статьи

1. Svirshchevskaya, E. V., Konovalova, M. V., **Vodennikova**, A. A., Okara, P. S., & Zubareva, A. A. (2025). Immune System of Fish: Optimizing Vaccines for Aquaculture. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 61(4), 957-970

Тезисы

1. **А.А. Воденникова**, Г.В. Фаттахова, А.А. Зубарева, А.А. Лютиков, Е.В. Свирщевская Мукозальная ДНК вакцина для аквакультуры// Сборник тезисов IV Международной научной конференции «Инновационные технологии ядерной медицины и лучевой диагностики и терапии».- Москва: Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, [2025]
2. **А.А. Воденникова**, Г.В. Фаттахова, А.А. Зубарева, А.А. Лютиков, Е.В. Свирщевская ТРАФИК АНТИГЕНА У РЫБ ПРИ РАЛИЧНЫХ ТИПАХ ИММУННИЗАЦИИ // Сборник тезисов докладов XXXVIII международной Зимней Молодежной Научной Школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии». – 2026. – С. 144.
3. Зубарева А.А., Вылка М.М., Свирщевская Е.В., **Воденникова А.А.**, Окара П.С., Скорик Ю.А. Мукозальные вакцины для аквакультуры на основе наночастиц хитозана: пилотный эксперимент на рыбах *Danio rerio* // Сборник тезисов докладов Семнадцатой международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025). - с.67
4. Zubareva, A., Svirshchevskaya, E., **Vodennikova, A.**, Dolya, D., Nedoluzhko, A., & Skorik, Y. (2025). Hybrid DEAE-chitosan/liposome system for efficient DNA vaccine delivery. *Fish and Shellfish Immunology*, 167, 110846.

Номинант №5

- Делич Маша
- 16.09.2001
- Магистрант 1-го курса факультета химико-фармацевтических технологий и биомедицинских препаратов Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева
- г. Москва, e-mail: delicmasa2001@gmail.com



Название работы: Разработка криоструктурированного пористого материала на основе хитозана для биомедицинского применения

В работе представлен метод получения макропористого криоструктурированного гидрогелевого материала на основе хитозана, сшитого малотоксичным ароматическим альдегидом – ванилином. Новизна работы заключается в использовании малотоксичного природного альдегида (ванилина) для получения в криогенных условиях биосовместимых материалов с регулируемой пористостью. Процесс синтеза включает две основные стадии: криоструктурирование раствора хитозана, содержащего сшивающий агент, с последующей лиофильной сушкой и термическую обработку сухого криоструктурата, в ходе которой происходит образование поперечных связей (оснований Шиффа). Полученный материал обладает развитой системой взаимосвязанных макропор со средним размером около 60 мкм, что обеспечивает оптимальную скорость влагопоглощения и характерное механическое поведение. Кривая напряжение-деформация при одноосном сжатии имеет два участка, соответствующих вытеснению воды из пор и упругой деформации полимерных стенок; «кажущиеся» модули Юнга для этих участков составили 3.8 и 192 кПа соответственно. Продемонстрирована избирательная антибактериальная активность материала в отношении *Staphylococcus aureus* (степень ингибирования роста 24.3%). Проведена комплексная санитарно-химическая оценка материала, включая определение pH водных вытяжек, содержания тяжелых металлов, формальдегида и других потенциально мигрирующих соединений. Показано, что ключевые физико-механические и санитарно-химические характеристики материала остаются стабильными после воздействия стерилизующих доз ионизирующего излучения (12 и 25 кГр), что подтверждает возможность его радиационной стерилизации. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования разработанного материала для использования в качестве основы для медицинских изделий, таких как раневые покрытия, гемостатики и имплантаты.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. 2026. **Делич М.**, Колосов К.Л., Буторова И.А., Андропова И.Г., Подорожко Е.А., Беньев Н.Е., Артюхов А.А., Кусков А.Н. Макропористый криоструктурированный материал на основе сшитого ванилином хитозана и его механические, физико-химические, санитарно-химические и антибактериальные свойства. Прикладная биохимия и микробиология, 2026, в печати. IF 1,1. Q4 (WoS, Scopus).

2. 2025. **Delic M.**, Butorova I., Kuskov A. Chitosan application in cosmetics and dermatology - antimicrobial and prebiotic potential to control human microbiome. Journal of Biotechnology. 2025. 408. 217-231. IF 3,9. Q2 (WoS, Scopus).

3. 2025. **Делич М.**, Артюхов А.А., Кусков А.Н., Колосов К.Л., Беньев Н.Е. Гемостатическая активность макропористых криогелей на основе альгинатов. Сборник тезисов докладов XVII Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития», с. 130-133.

4. 2025. **Делич М.**, Буторова И.А. Криоструктураты на основе хитозана для биомедицинского применения. В сборнике «Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации. V Школа молодых ученых: тезисы докладов», РХТУ им. Д. И. Менделеева, т. 5, с. 71.

5. 2024. **Делич М.**, Буторова И.А. Физически и химически сшитые гидрогели на основе хитозана и их применение в биомедицинских и косметических продуктах. В сборнике «Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации. IV Школа молодых ученых: тезисы докладов», РХТУ им. Д. И. Менделеева, с. 26.

6. 2023. **Делич М.** Способы остановки кровотечения на основе различных биоматериалов. III Школа молодых ученых «Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации», РХТУ имени Д.И. Менделеева, с. 33.

Всего по теме опубликовано 6 работ, включая 2 статьи в рецензируемых журналах (Q2 и Q4), индексируемых WoS/Scopus, и 4 тезиса докладов на всероссийских и международных конференциях

Награды

• 2025 – Лауреат III степени XXXV Всероссийский Менделеевский конкурс студентов-химиков. Российская академия наук, Российское химическое общество имени Д.И. Менделеева, МГУ имени М.В. Ломоносова, МИРЭА – Российский технологический университет и Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Россия.

• 2023 – Призер конкурса молодых ученых "Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации", РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия.

Номинант №6

- Дундина (Шипенок) Ксения Михайловна
- 19.02.2000
- Аспирант 2 года обучения; ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Институт химии, младший научный сотрудник; ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ».
- г. Саратов, e-mail: dundinakm@gmail.com.



Название работы: Формирование, физико-химические свойства и биологическая функциональность оболочечных наночастиц *L-(D)*-аспарагината хитозана

Ранее нами показано, что процесс противоионной конденсации в водных растворах аспарагината хитозана приводит к самосборке *in situ* протонированных макроцепей в мультиплетные структуры и последующей фазовой сегрегации на уровне наночастиц. Встраивание поверхностных сегментов ионных ассоциатов в полисилоксановую матрицу обеспечивает формирование агрегативно и седиментационно устойчивых наночастиц. Поскольку конформация макроцепей в их структуре представлена свернутыми «непротекаемыми» клубками, а поверхностный слой – эластичной глицерогидрогелевой сеткой, мы назвали их оболочечными наночастицами.

Проведено комплексное исследование физико-химических характеристик нанодисперсий методами динамического светорассеяния (гидродинамический размер, дзета-потенциал), ИК-, ЯМР-, энергодисперсионной и поляризационной спектроскопии (состав, межмолекулярные взаимодействия, поверхностный слой), малоугловой и высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии (структура, надмолекулярное упорядочение), сканирующей, просвечивающей, атомно-силовой и конфокальной микроскопии (морфология), тензио-, кондукто-, вискозиметрии и сорбционно-солюбилизационного анализа (поверхностные, транспортные и реологические свойства).

Установлено, что в воздушно-сухом состоянии оболочечные наночастицы характеризуются сферической формой, усредненным диаметром 50–80 нм и сравнительно

низкой полидисперсностью. В водной среде наблюдается гидратация частиц, средний размер достигает 1400–1600 нм, а дзета-потенциал составляет +25 – +35 мВ. Отмечено, что оболоченные наноструктуры проявляют поверхностную активность, что контрастирует с поверхностно-инактивным поведением молекулярных растворов аспарагината хитозана, а также демонстрируют способность к солюбилизации гидрофобных соединений. Обнаружена конформационная подвижность макроцепей в составе частиц при разбавлении дисперсии, выражающаяся в проявлении полиэлектролитного эффекта. Такое поведение обусловлено, вероятно, протекающими в гидратированной полости частиц динамическими ассоциативными процессами. Кроме того, оболочечные наночастицы проявляют нетривиальные хирооптические эффекты.

На основании исследований на искусственных моделях и широком круге растений, бактерий и грибов высказано предположение о конвергенции биологической функциональности оболочечных наночастиц аспарагината хитозана с внеклеточными везикулами (экзосомами, экзоферами) — координаторами биохимических процессов.

Список всех работ по заявляемой теме:

Статьи

1. Tkachenko O.V., Pozdnyakova N.N., Kostina E.E., Shcherbakova E.V., **Shipenok X.M.**, Shipovskaya A.B. Antifungal Activity of Chitosan Aspartate Shell Nanoparticles // *Microbiology*. 2025. Vol. 94. P. 1124–1135. DOI: 10.1134/S0026261725602258.
2. Lugovitskaya T.N., **Shipenok X.M.**, Skripal A.I.V., Ponomarev D.V., Shipovskaya A.B. Associative transformations of chitosan aspartate in water-ethanol solutions // *Russian Chemical Bulletin*. 2025. Vol. 74. P. 3151-3162. DOI: 10.1007/s11172-025-4795-z.
3. **Shipenok X.M.**, Mazhikenova A.M., Glukhovskoy E.G., Shipovskaya A.B. Surface tension measurement of chitosan aspartate nanoparticle dispersions by a modified Wilhelmy method // *St. Petersburg Polytechnic University Journal. Physics and Mathematics*. 2025. Vol. 18. No. 3.1. P. 129-134. DOI: 10.18721/JPM.183.124.
4. Чернова Д.С., Ушакова О.С., **Шипенок К.М.**, Шиповская А.Б. Удаление нестехиометрической аспарагиновой кислоты из водной дисперсии наночастиц аспарагината хитозана // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2025. Т. 25. № 3. С. 294-307. DOI: 10.18500/1816-9775-2025-25-3-294-307.
5. **Shipenok X.M.**, Mazhikenova A.M., Glukhovskoy E.G., Shipovskaya A.B. Phase separation of L-menthol an aqueous dispersion of biologically active nanoparticles of chitosan L- and D-aspartate // *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*. 2024. Vol. 10. No. 4. ID. 040316. DOI: 10.18287/JBPE24.10.040316.
6. Shipovskaya A.B., Ushakova O.S., Volchkov S.S., **Shipenok X.M.**, Shmakov S.L., Gegel N.O., Burov A.M. Chiral Nanostructured Glycerohydrogel Sol–Gel Plates of Chitosan L- and

D-Aspartate: Supramolecular Ordering and Optical Properties // Gels. 2024. Vol.10. No.7. ID. 427. DOI: 10.3390/gels10070427.

7. Shipovskaya A.B., Gegel N.O., **Shipenok X.M.** Features of L-menthol crystallization in optically active medium based on L- and D-asparaginate chitosan // Journal of Biomedical Photonics & Engineering. 2023 Vol. 9. No. 1. ID. 010305. DOI: 10.18287/JBPE23.09.010305.
8. Shipovskaya A., **Shipenok X.**, Lugovitskaya T., Babicheva T. Self-assembling nano- and microparticles of chitosan L- and D-aspartate: preparation, structure, and biological activity // Materials Proceedings. 2023. Vol. 14. No. 1. ID. 31. DOI: 10.3390/iocn2023-14492.
9. **Шипенко К.М.**, Шиповская А.Б. Структура и надмолекулярное упорядочение L- и D-аспарагината хитозана // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23. № 4. С. 411–425. DOI: 10.18500/1816-9775-2023-23-4-411-425.
10. Lugovitskaya T.N., Shipovskaya A.B., Shmakov S.L., Shipenok X.M. Formation, structure, properties of chitosan aspartate and metastable state of its solutions for obtaining nanoparticles // Carbohydrate Polymers. 2022. Vol. 277. ID. 118773. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.118773.
11. Lugovitskaya T.N., Shipovskaya A.B., **Shipenok X.M.** Kinetic instability of a chitosan – aspartic acid – water system as a method for obtaining nano- and microparticles // Chimica Techno Acta. 2021. Vol. 8. No. 4. ID. 20218405. DOI: 10.15826/chimtech.2021.8.4.05.
12. Khaptsev Z., Lugovitskaya T., Shipovskaya A., **Shipenok X.** Biological activity of chitosan aspartate and its effect on germination of test seeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 723. ID. 022074. DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022074.

Патенты

13. **Шипенко К.М.**, Луговицкая Т.Н., Шиповская А.Б. Биостимулятор роста растений из аспарагината хитозана // Патент №2782614 РФ. МПК А01N 25/00. Заявл. 13.12.2021. Оpubл. 31.10.2022. Бюл. №31.
14. **Шипенко К.М.**, Луговицкая Т.Н., Шиповская А.Б. Биопрепарат на основе аспарагината хитозана для обработки почвы // Патент РФ на изобретение 2844593. МПК: С09К17/00, С09К17/50, А01В79/00, А01N25/00. Заявл. 10.10.2024 г. Оpubл. 04.08.2025. Бюл. № 22.
15. Ткаченко О.В., Каргаполова К.Ю., Денисова А.Ю., **Шипенко К.М.**, Шиповская А.Б. Биопрепарат для стимуляции роста, развития растений и ингибирования фитопатогенов // Патент РФ на изобретение 2841251. МПК: А01N 63/10, А01N 25/32, А01N43/16. Заявл. 30.10.2024 г. Оpubл. 04.06.2025. Бюл. № 16.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-23-00320, грант № 24-16-00172) и ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор № 16317ГУ/2021, программа УМНИК; договор № 5105ГС1/89670, программа СТА

Номинант №7

- **Жахонкулова Зайнура Вали кизи**
- 03.03.1999
- Докторант, Институт химии и физики полимеров
АН Республики Узбекистан
- г. Ташкент, e-mail: jahonqulovazaynura@gmail.com



Название работы: Нанокapsулы на основе поликомплексов хитозана *Bombyx mori*: синтез и свойства

Актуальность исследования. Нанокapsулы являются одной из перспективных систем для адресной доставки лекарственных средств; их структура и свойства позволяют эффективно и контролируемо высвобождать лекарственные вещества. Нанокapsулы на основе поликомплексов хитозана характеризуются биосовместимостью, биоразлагаемостью, нетоксичностью и эффективностью. Поскольку эффективность систем доставки лекарственных средств напрямую зависит от физико-химических свойств активного вещества и биологических свойств целевой ткани, выбор носителей на основе научно обоснованных критериев имеет особое значение.

Цель исследования заключается в получении нанокapsул на основе хитозана, а также в изучении их состава, структуры и свойств.

Задачи исследования:

-модификация β -D-циклодекстрина акриловой кислотой (β -ЦД/АК) и выявление оптимального соотношения исходных реагентов;

-изучение особенностей взаимодействия модифицированного β -ЦД/АК с хитозаном, установление состава, структуры и морфологии поликомплексов.

Методы исследования: DLS, ИК-спектроскопия, СЭМ, ТЭМ, RFA и др.

Результаты исследования. Резюмируя можно отметить, что β -D-циклодекстрин был модифицирован акриловой кислотой, и установлено, что мольное соотношение β -CD:АК=1:2 является оптимальным с точки зрения стабильности коллоидных систем и среднего размера наночастиц. Также, получены поликомплексы ХЗ/ β -CD: АК = 7:3 масс. и ХЗ/ β -CD:АК = 3:7 масс., где результатами СЭМ и ТЭМ-исследований показано формирование нанокapsул с полый структурой. Полученные поликомплексы представляют интерес для их использования в медицинской практике.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Нурутдинова Ф.М., Хазратова Д.А., **Жахонкулова З.В.** Исследование антимикробных и реологических свойств загусток на основе хитозана *Apis Mellifera*. Евразийский совет ученых (ЕСУ). № 3 (84)/2021. Том 3. -С. 48-52. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.3.84.1289>
2. Нурутдинова Ф.М, Хайдарова Х.А., **Жахонкулова З.В.**, Сирожова М.У. Синтез из пчелиного подмора *Apis Mellifera* хитина - хитозана и изучение физико-химических свойств. Электронный инновационный Вестник. №4-2021. -С. 4-6.
3. Ихтиярова Г.А., Нурутдинова Ф.М, Хайдарова Х.А., **Жахонкулова З.В.**, Сирожова М.У. Разработка технологии печатания хлопко-шелковых тканей с применением хитозана *Apis Mellifera*. Universum: Технические науки. № 5 (86). 2021.-С. 78-81. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.86.5.11678>
4. Nurutdinova F., Khaydarova Kh., **Jakhonkulova Z.**, Aslonova F. Study of antimicrobial and rheological properties of chitosan-based *Apis Mellifera*. Ilkogretim Online - Elementary Education Online, 2021; Vol 20 (Issue 6): pp. 305-309 <http://ilkogretim-online.org> doi: 10.17051/ilkonline.2021.06.033. Web of science
5. F.M. Nurutdinova, Y.Z. Rasulova, **Z.V. Jahonqulova**. *Apis Mellifera* jonsiz asalaridan sintez qilingan xitin-xitozan fizik-kimyoviy tadqiqotlari. Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlar universiteti Ilmiy Axborotnoma Научный вестник Scientific journal. №3/1 (139) 2023 42-46 b. <https://doi.org/10.59251/2181-1296.2023.v4.139.1.2080>
6. **Zaynura Jakhonkulova**, Yulduz Rasulova. Chitin and chitosan *Apis Mellifera*: chemistry, biological activity, applications. Международный научный журнал «Научный импульс» № 11 (100), часть 1 июня , 2023 789-795.

Тезисы

7. **Jakhonkulova Z.V.**, Vokhidova N.R. Synthesis of interpolyelectrolyte complexes based on *Bombyx mori* chitosan and β -D-cyclodextrin// «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025 30 июня-4 июля), с. 234
8. Нурутдинова Ф.М, Эргашова Н., **Жахонкулова З.В.** Получение экологически чистого хитозана из местного сырья. Минтақада юзага келган экологик муаммоларни юмшатиш омиллари мавзусидаги республика илмий-амалий анжуманинг материаллари. Бухоро-2019 5-июнь. 157-158 б.
9. Нурутдинова Ф.М., **Жахонкулова З.В.** Синтез хитина из местного сырья. Заонавий илм-фанлар ривожиди талаба - ёшлар фаолиятининг ўрни Республика конференцияси. Тошкент 2020 5 май. 94-96 б.
10. Нурутдинова Ф.М, Хайдарова Х.А., **Жахонкулова З.В.** Физико-химические свойства хитина и хитозана из подмора пчел. Заонавий кимёнинг долзарб муаммолари мавзусидаги Республика миқёсида хорижий олимлар иштирокида онлайн илмий-амалий анжуман. Бухоро. 2020 йил 4-5 декабрь. 315-317 б.
11. Нурутдинова Ф.М, Хайдарова Х.А., **Жахонкулова З.В.** Получение композиционной загустки с хитозана синтезированного из медоносного пчелиного подмора. Заонавий кимёнинг долзарб муаммолари мавзусидаги Республика миқёсида хорижий олимлар иштирокида онлайн илмий-амалий анжуман. Бухоро. 2020 4-5 декабрь. 132-134 б.
12. Нурутдинова Ф.М., Хайдарова Х.А. **Жахонкулова З.В.** Исследование физико-химических свойств биополимеров хитина и хитозана *Apis Mellifera*. Металлорганик юкори молекулали бирикмалар сохасидаги долзарб муаммоларнинг инновацион ечимлари Халқаро конференция. Тошкент 2021. 197-199 б.

13. Наимова Д.Х., Нурутдинова Ф.М., **Жахонкулова З.В.** Изучения свойств биополимеров хитозана Apis Mellifera. Biologik kimyo fanining zamonaviy tibbiyotdagi o‘rni-kecha, bugun va erta” respublika ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro 2022-yil. 108-110 b.

14. Расулова Ю.З., Нурутдинова Ф.М., **Жахонкулова З.В.** Аминополисахарид хитозан для использования в медицине. Biologik kimyo fanining zamonaviy tibbiyotdagi o‘rni-kecha, bugun va erta respublika ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro 2022-yil. 110-111 b.

15. Nurutdinova F.M., **Jakhonkulova Z.V.**, Naimova D.H. Study of the antimicrobial effect of the composite polymer of chitosan Apis Mellifera. Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro 2022-yil 22-23-dekabr.286-289 b.

16. Nurutdinova F.M., **Jahongulova Z.V.**, Rasulova Yu.Z. Xitozan va uning hosilalarini tibbiyotda qo‘llanilishi. Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Buxoro 2022-yil 22-23-dekabr.286-289 b.

Номинант №8

- Злотников Игорь Дмитриевич
- 23.01.2003
- Научный сотрудник и совладелец ООО «Биннго-Биотех»; научный консультант в Центральном университете; техник кафедры химической энзимологии МГУ имени М.В. Ломоносова;
- г. Москва, e-mail: zlotnikovid@my.msu.ru



Название работы: Многофункциональные тераностические платформы на основе «умных» сополимеров хитозана для таргетной доставки новых цитостатиков и ИИ-ассистированной визуализации патологий.

В представленном цикле работ разработана и исследована серия многофункциональных полимерных платформ на основе стимул-чувствительных («умных») сополимеров хитозана. Объединяющей концепцией выступает тераностика — интеграция направленной доставки лекарств и точной флуоресцентной визуализации в единой наноразмерной системе. Выбор хитозана обусловлен его биосовместимостью, мукоадгезивностью и возможностью контролируемой химической модификации. Особое внимание в цикле уделено диагностическому компоненту. Синтезированы pH-чувствительные флуоресцентные зонды на основе конъюгатов родамина 6G. Установлено, что их инкапсуляция в гидрофобное ядро самособирающихся хитозановых мицелл приводит к существенному усилению оптических характеристик, обеспечивая высокоселективную визуализацию очагов патологии в ответ на локальное изменение кислотности микроокружения, редокс-потенциала. Использование эффекта фёрстеровского резонансного переноса энергии (FRET) позволило *in situ* осуществлять мониторинг процессов самосборки, внутриклеточного проникновения и структурных перестроек наночастиц. Для комплексной обработки получаемых диагностических данных и профилирования клеточных фенотипов интегрированы методы машинного обучения и искусственного интеллекта. Значимым результатом является разработка инновационных наногелевых систем. Синтезированные термореверсивные наногели на основе сополимеров хитозана продемонстрировали высокую эффективность в качестве матриц для локальной генной терапии (продолжительное высвобождение нуклеиновых кислот) и стабилизации противоопухолевых ферментных препаратов, таких как L-аспарагиназа, формируя стабильное депо *in vivo*. Дополнительно разработаны мукоадгезивные хитозановые наногели, выступающие векторами для элиминации внутриклеточных инфекций.

Терапевтический потенциал разработанных платформ подтвержден на моделях множественной лекарственной устойчивости. Хитозановые наноконтейнеры обеспечили направленную доставку не только классических препаратов, но и новых классов цитостатиков, включая производные хроменов, ингибиторы полимеризации тубулина и их комбинации с растительными адьювантами. Кроме того, редокс-чувствительные наноносители на основе хитозана, гепарина и липоевой кислоты успешно реализовали стратегию «айкидо», селективно индуцируя апоптоз в клетках лейкемии за счет их собственного окислительного стресса. Предложенные подходы открывают широкие перспективы для развития персонализированной медицины.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. **Zlotnikov I. D.**, Ezhov A. A., Dobryakova N. V., Kudryashova E. V. Disulfide cross-linked polymeric redox-responsive nanocarrier based on heparin, chitosan and lipoic acid improved drug accumulation, increased cytotoxicity and selectivity to leukemia cells by tumor targeting via "Aikido" principle // *Gels*. – 2024. – Vol. 10, № 3. DOI: 10.3390/gels10030157.
2. **Zlotnikov I. D.**, Savchenko I. V., Kudryashova E. V. Specific FRET Probes Sensitive to Chitosan-Based Polymeric Micelles Formation, Drug-Loading, and Fine Structural Features // *Polymers*. – 2024. – Vol. 16, № 6. DOI: 10.3390/polym16060739.
3. **Zlotnikov I. D.**, Savchenko I. V., Kudryashova E. V. Fluorescent Probes with Förster Resonance Energy Transfer Function for Monitoring the Gelation and Formation of Nanoparticles Based on Chitosan Copolymers // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2023. – Vol. 14, № 8. DOI: 10.3390/jfb14080401.
4. **Zlotnikov I. D.**, Belogurova N. G., Poddubnaya I. V., Kudryashova E. V. Mucosal adhesive chitosan nanogel formulations of antibiotics and adjuvants (terpenoids, flavonoids, etc.) and their potential for the treatment of infectious diseases of the gastrointestinal tract // *Pharmaceutics*. – 2023. – Vol. 15, № 9. DOI: 10.3390/pharmaceutics15092353.
5. **Zlotnikov I. D.**, Streltsov D. A., Ezhov A. A., Kudryashova E. V. Smart pH- and temperature-sensitive micelles based on chitosan grafted with fatty acids to increase the efficiency and selectivity of doxorubicin and its adjuvant regarding the tumor cells // *Pharmaceutics*. – 2023. – Vol. 15, № 4. DOI: 10.3390/pharmaceutics15041135.
6. **Zlotnikov I. D.**, Malashkevich S. M., Belogurova N. G., Kudryashova E. V. Thermoreversible Gels Based on Chitosan Copolymers as "Intelligent" Drug Delivery System with Prolonged Action for Intramuscular Injection // *Pharmaceutics*. – 2023. – Vol. 15, № 5. DOI: 10.3390/pharmaceutics15051478.
7. **Zlotnikov I. D.**, Streltsov D. A., Belogurova N. G., Kudryashova E. V. Chitosan or Cyclodextrin Grafted with Oleic Acid Self-Assemble into Stabilized Polymeric Micelles with Potential of Drug Carriers // *Life*. – 2023. – Vol. 13, № 2. DOI: 10.3390/life13020446.
8. **Zlotnikov Igor D.**, Savchenko Ivan V., Elena V. Kudryashova. Research Progress on Chitosan Applications // Harwood Academic Publishers. – 2025. ISBN 978-3-7258-3098-5 (Hardback), ISBN 978-3-7258-3097-8 (PDF), <https://doi.org/10.3390/books978-3-7258-3097-8>
9. Shishparenok A. N., Petryaev E. R., Koroleva S. A., Dobryakova N. V., **Zlotnikov I. D.**, Komedchikova E. N., Kolesnikova O. A., Kudryashova E. V., Zhdanov D. D. Bacterial

Cellulose-Chitosan Composite for Prolonged-Action L-Asparaginase in Treatment of Melanoma Cells // *Biochemistry (Moscow)*. – 2024. – Vol. 89, № 10. – P. 1727-1743. DOI: 10.1134/S0006297924100067.

Номинант №9

- Зуев Дмитрий Николаевич
- 24.02.2001
- Аспирант третьего года обучения; инженер общего практикума; Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, химический факультет, кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии; лаборант-исследователь по проекту РНФ № 23-74-10069.
- г. Нижний Новгород, e-mail: z_u_e_v2020@mail.ru



Название работы: Кровоостанавливающая порошкообразная композиция на основе модифицированного хитозана.

Гемостатики – это группа лекарственных препаратов, предназначенных для остановки кровотечений за счет ускорения процесса свертывания крови или механической блокировки раны. Разработка гемостатических материалов заслуживает особого внимания, так как неконтролируемое кровотечение является основной причиной смерти от травм. В данной работе представлена разработка порошкообразной гемостатической композиции на основе модифицированного хитозана, содержащей комплексносвязанные ионы кальция.

Исходный хитозан, обладающий биосовместимостью и хелатообразующими свойствами, растворим лишь в кислых средах ($\text{pH} < 5,5$), а pH крови составляет 7. Для обеспечения работы композиции при нейтральных значениях pH была проведена его модификация путем привитой полимеризации с акриламидом. Установлено, что глубина превращения акриламида достигает 99%, а эффективность и степень прививки составляют 92,4% и 277,2% соответственно. В качестве основного кровоостанавливающего компонента раствору сополимера были добавлены ионы Ca^{2+} , так как они не являются токсичными для организма при малых концентрациях. Полученную композицию осадили, высушили и продеспергировали. Она представляет собой мелкодисперсный порошок, способный набухать в физиологическом растворе, поглощая 8,5 частей жидкости на 1 часть массы с образованием плотного геля. Преимуществом порошкообразной формы являются возможность использования средства в полевых условиях и проявление тампонирующего эффекта при набухании композиции в ране.

Исследования *in vitro* продемонстрировали высокую эффективность композиции. Добавление порошка в кровь крыс (7,5 мг/мл) сокращает время свертывания со 120 до 40–50 секунд. В экспериментах на обедненной тромбоцитами плазме зафиксировано уменьшение времени начала тромбообразования с 29,3 до 9,4 минут и значительное ускорение роста тромбов. Таким образом, разработанная композиция на основе сополимера хитозана с акриламидом и ионами кальция является перспективным кровоостанавливающим средством.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. **Zuev, D. N.**, Cherkasova, E. I., Apryatina, K. V., Zaitsev, S. D., & Smirnova, L. A. (2024). Platinum Nanoparticles in Aqueous Solutions of a Chitosan–Vinylpyrrolidone Copolymer: Synthesis and Biological Activity. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 60(4), 676–685.

2. Apryatina K.V., **Zuev D.N.**, Amarantov S.V., Gusev S.A., Zakharychev E.A., Smirnova L.A. Properties of Nanocomposites Based on Platinum Nanoparticles Stabilized by Chitosan // *ChemistrySelect*. № 18. V. 8. 2023

3. Salomatina, E., **Zuev, D.**, Zaitsev, S., Smirnova, L. TiO₂-Chitosan as Universal Composite for Waste Water Treatment from Organic Pollutants ICAETT 2021. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 408. Springer, Cham.

4. **Зуев Д.Н.**, Комолова Е.А., Апрытина К.В., Зайцев С.Д., Ерлыкина Е.И., Смирнова Л.А. Кровоостанавливающая порошкообразная композиция на основе модифицированного хитозана. Сборник научных трудов Международного научно-технического Симпозиума, посвященного 120-летию со дня рождения З.А. Роговина, V Международного Косыгинского Форума "Современные задачи инженерных наук. Проблемы промышленного роста". Москва, 2025. С. 184.

Тезисы:

1. Получение композиции наночастиц диоксида титана, легированных наночастицами золота, стабилизированных блок сополимером хитозан-поливинилпирролидон. **Зуев Д.Н.**, Калинина О.Ю., Саломатина Е.В., Смирнова Л.А., Елагин В.В. В книге: Новые полимерные композиционные материалы. Материалы XX международной научно-практической конференции. Нальчик, 2024. С. 134.

2. Водорастворимые композиции модифицированного хитозана с наночастицами золота и платины медико-биологического назначения. **Зуев Д.Н.**, Апрытина К.В., Звездунова Т.И., Черкасова Е.И., Смирнова Л.А. В книге: XXVI Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием). тезисы докладов. Нижний Новгород, 2023. С. 184.

3. Получение и свойства наночастиц платины в полимерных матрицах. **Зуев Д.Н.**, Апрытина К.В. В книге: XXV Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием). Тезисы докладов. Нижний Новгород, 2022. С. 66.

Номинант №10

- **Качалова Анна Игоревна**
- 14.01.2003
- Нижегородский Национальный Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского; Химический факультет; Кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
- г. Нижний Новгород, e-mail: an2888@mail.ru



Название работы: Изучение свойств пленок на основе блок-сополимеров хитозана и коллагена для биомедицинских приложений

Современные тенденции развития науки в области биомедицины выдвигают на передний план задачи, направленные на создание композиций на основе природных полимеров, способствующих активной регенерации поврежденных тканей и адресной доставке лекарств. Кроме того, такие композиции должны обладать оптимальными механическими свойствами и обеспечивать газообмен раны с окружающей средой. В этом отношении заслуживают отдельного внимания хитозан и коллаген, являющиеся биосовместимыми, биоразлагаемыми, нетоксичными биополимерами, обладающими ранозаживляющими свойствами.

Целью работы является получение пленок на основе блок-сополимеров хитозана и коллагена и исследование их физико-химических свойств – прочности, газопроницаемости по кислороду, топографии поверхности – и биосовместимости. Блок-сополимеры синтезировали посредством высокочастотного ультразвукового воздействия на смесь растворов хитозана и коллагена в их различных соотношениях. Пленки формовали методом полива соответствующих растворов.

Показано, что пленки на основе блок-сополимеров имеют значения прочности на разрыв – 100 МПа, что в 1,4 раза выше по сравнению с пленками, полученными из смеси гомополимеров – 70 МПа. Все композиции обладали газопроницаемостью по отношению к кислороду, при этом значение газопроницаемости пленок на основе блок-сополимера (состава 1:1 хитозан:коллаген) составило 0,091 мл/м²/мин/Торр, что на уровне верхних слоев кожи человека. Топографию поверхностей пленок исследовали методами атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии, показано влияние состава на рельеф поверхности и размер пор образцов. Композиции на

основе блок-сополимеров характеризовались высокой биосовместимостью по отношению к фибробластам человека линии BJ-5ta.

Полученные результаты исследований могут найти применение при разработке ранозаживляющих, кровоостанавливающих материалов и материалов функционального назначения в биомедицине и тканевой инженерии.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Синтез и свойства композиций на основе коллагена и хитозана. **Качалова А.И.**, Бобрынина Е.А., Апрятина К.В., Семенычева Л.Л., Смирнова Л.А. XXVIII Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием). Тезисы докладов. Нижний Новгород, 2025. С. 272.

2. Особенности получения биосовместимых 2D и 3D материалов на основе хитозана и коллагена. **Качалова А.И.**, Бобрынина Е.А., Апрятина К.В., Черкасова Е.И., Зайцев С.Д., Смирнова Л.А. V Байкальский материаловедческий форум (с международным участием), Тезисы докладов. Улан-Удэ, 2025. С. 315.

3. Структура и свойства биосовместимых пленок на основе хитозана и коллагена. **Качалова А.И.**, Бобрынина Е.А., Апрятина К.В., Смирнова Л.А. V Юбилейная Международная Школа молодых ученых «Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации». Тезисы докладов. Москва, 2025. С. 123.

4. 3D композиты на основе хитозана и коллагена. **Качалова А.И.**, Апрятина К.В., Смирнова Л.А., Ковылин Р.С. Семнадцатая международная конференция «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана». Тезисы докладов. Нижний Новгород, 2025. С. 242.

5. Биосовместимые трехмерные композиты на основе хитозана и коллагена. **Качалова А.И.**, Апрятина К.В., Смирнова Л.А., Ковылин Р.С. 17-я Санкт-Петербургская конференция молодых ученых с международным участием «Современные проблемы науки о полимере». Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 2025. С. 146.

6. Изучение свойств пленок на основе блок-сополимеров хитозана и коллагена для биомедицинских приложений. **Качалова А.И.**, Апрятина К.В. XXIX Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием). Тезисы докладов [приняты в печать]. Нижний Новгород, 2026.

Номинант №11

- Колесникова Элина Евгеньевна
- 19.09.2000
- Ассистент САЕ Институт «Умные материалы и технологии» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; ведущий эксперт АНО «Центр инжиниринга и инноваций Томской области»
- г. Томск, abby.wade@mail.ru



Название работы: Разработка систем доставки на основе хитозана

Разработка эффективных систем адресной доставки лекарственных средств является ключевой задачей современной фармакологии. Такие системы повышают селективность действия препаратов, снижают системную токсичность и обеспечивают пролонгированное высвобождение. Хитозан, благодаря биосовместимости, биоразлагаемости и рН-чувствительности, представляет особый интерес для контролируемого высвобождения в специфических физиологических средах.

Цель работы – получение и исследование физико-химических свойств микро- и наночастиц на основе хитозана, сшитых диальдегидами различного строения, с внесенными модельными молекулами, а также математическое моделирование кинетики их высвобождения при различных рН.

Системы получали методом альдольной конденсации: для получения микросфер использовали терефталевый альдегид в качестве сшивающего агента, для наночастиц – глутаровый альдегид. ИК-спектроскопия подтвердила образование основания Шиффа в обоих случаях, доказывая формирование сшитой структуры.

Ключевые различия проявились в профилях высвобождения. Для системы с глутаровым альдегидом характерно выраженное рН-зависимое высвобождение: инкапсулированный БСА¹ высвобождался почти полностью (до 98%) в кислой среде (рН 5,0), моделирующей микроокружение опухоли. Высвобождение флуоресцеина² также было рН-зависимым, но значительно более быстрым из-за меньшего размера молекулы.

В системе с терефталевым альдегидом паттерн иной: максимальное высвобождение инкапсулированного БСА наблюдалось при рН 7,4, что связано с формированием более жесткой и гидрофобной структуры ароматическим сшивателем, которая в кислой среде

¹ бычий сывороточный альбумин, использовался в качестве модельного белка

² флуоресцеин использовался в качестве модельного низкомолекулярного вещества

удерживает молекулы. Для флуоресцеина также отмечалось более эффективное высвобождение при нейтральном рН, причем хемосорбированный флуоресцеин высвобождался быстрее инкапсулированного за счет поверхностной локализации. Хемосорбированный БСА в этой системе высвобождался по сходному паттерну.

Несмотря на различия в профилях, математическое моделирование выявило общую закономерность: для всех систем наилучшее описание дает модель Хигучи ($R^2 > 0,9$), а анализ по модели Корсмайера-Пеппаса ($n < 0,5$) указывает на Фиковскую диффузию как основной механизм высвобождения.

Таким образом, варьируя строение сшивающего агента, можно настраивать профиль высвобождения от быстрого и полного до замедленного, сохраняя единый диффузионный механизм. Системы на основе глутарового альдегида перспективны для противоопухолевых препаратов триггерного действия, а матрицы на основе терефталевого альдегида – для имплантируемых систем пролонгированного высвобождения.

Список всех работ по заявляемой теме:

(в публикациях указана девичья фамилия соискателя – Черникова)

1. Получение и исследование рН-чувствительных систем доставки инкапсулированных белковых молекул на основе хитозана / **Э.Е. Черникова**, М.Д. Загвозкин, И.А. Курзина, А. Брусевич [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2024. № 36. С. 126–138. DOI: 10.17223/24135542/36/9
Разработка рН-чувствительных систем доставки бычьего сывороточного альбумина на основе хитозана методом хемосорбции / М.Д. Загвозкин, Э.Е. Черникова, А. Брусевич, И.А. Курзина [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2024. № 36. С. 139–151. DOI: 10.17223/24135542/36/10

2. **Черникова Э.Е.**, Загвозкин М.Д. рН-чувствительные системы доставки белковых молекул на основе хитозана: краткий обзор // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2024. № 36. С. 105–125. DOI: 10.17223/24135542/36/8

3. Research and Development of pH-Sensitive Delivery Systems for Protein Molecule Delivery Based on Chitosan and Hydroxyapatite / Е.Е. **Chernikova, M.D.** Zagvozkina, A.A. Buzaev, I.A. Kurzina [et al] // Journal of Composites Science. 2025. Vol. 9, № 10. Art. num. 525. URL: <https://www.mdpi.com/2504-477x/9/10/525>.

4. Патент на изобретение №2848067 «Композиция на основе хитозана и терефталевого альдегида и способ ее получения» от 16.10.2025.

5. **Черникова Э.Е.**, Загвозкин М.Д., Брусевич А. Разработка рН-чувствительных систем доставки бычьего сывороточного альбумина на основе хитозана методом инкапсуляции / науч. рук.: И.А. Курзина, С.А. Уласевич // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 23–26 апреля 2024 г. Т. 2 : Химия. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2024. С. 292–294.

6. Загвозкин М.Д., **Черникова Э.Е.**, Брусевич А. Исследование получения системы адресной доставки белковых объектов на основе наночастиц хитозана с хемосорбированным нанесением объекта / науч. рук.: Курзина И.А., Уласевич С.А. // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 23–26 апреля 2024 г. Т. 2 : Химия. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2024. С. 98–100.

7. **Chernikova E.E.**, Zagvozkin M.D., Brussevich A. Development and study of physicochemical properties of pH-sensitive delivery systems of encapsulated bsa based on chitosan and hydroxyapatite // XIII International conference on chemistry for young scientists "MENDELEEV 2024", St Petersburg, September 2–6, 2024 : book of abstracts. St Petersburg: VVM Publishing LLC, 2024. P. 183.

8. Zagvozkin M.D., **Chernikova E.E.**, Brussevich A. Research on obtaining a system for targeted delivery of protein objects based on chitosan nanoparticles with chemisorbed object application // XIII International conference on chemistry for young scientists "MENDELEEV 2024", St Petersburg, September 2–6, 2024 : book of abstracts. St Petersburg: VVM Publishing LLC, 2024. P. 264.

9. Михайлова В.В., **Черникова Э.Е.** Влияние концентрации глутарового альдегида на свойства хитозановых частиц / науч. рук.: О.А. Лапуть // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 7 т. Т. 2 : Химия. Томск, 2025. С. 196–198.

10. **Chernikova E.E.**, Brussevich A., Wang D. Preparation of chitosan-based nanoparticles for targeted delivery of protein molecules and study of physicochemical properties // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 7 т. Vol. 2 : Химия. Томск, 2025. P. 309–311.

11. **Черникова Э.Е.**, Курзина И.А. Разработка и исследование систем адресной доставки низкомолекулярных веществ на основе хитозана // Генетические технологии в трансляционной биомедицине. III международная конференция : сборник материалов, 3–5 июня 2025 г. г. Томск. Томск: Изд-во СибГМУ, 2025. С. 58.

Номинант №12

- **Кусков Тимофей Евгеньевич**
- 30.04.2001
- Младший научный сотрудник, аспирант,
Институт химии твердого тела и
механохимии СО РАН
- г. Новосибирск, kuskovte@solid.nsc.ru



Название работы: Представления о кристаллической структуре хитина от открытия до современности

Работа посвящена систематизации накопленных теоритических и экспериментальных знаний о структуре хитина, начиная с начала XX века, заканчивая современными данными. Проведен анализ литературных представлений о кристаллической структуре и пространственном строении α - и β -хитина, включая моногидрат и дигидрат последнего. Подробное рассмотрение взаимосвязи «состав – структура – свойство» для различных полиморфных модификаций хитина, указывает на тот факт, что при постоянстве состава ключевым фактором, отвечающим за свойства конечных продуктов, является пространственная структура биополимера. Фундаментальные различия заключаются в упаковке полимерных цепей (антипараллельная в случае α -хитина, пространственная группа симметрии $P2_12_12_1$, и параллельная в случае β -хитина, пространственная группа симметрии $P2_1$) и построении сети водородных связей, что отражается на физико-химических свойствах.

Большие термодинамические характеристики α -хитина обусловлены уникальным разупорядочением гидроксиметильной группы, которая образует связи как с карбонилем ацетильной группы, так и с гидроксиметильной группой вдоль направления b . В структуре β -хитина, ввиду параллельной укладки цепей, не образуется водородных связей в направлении b , что позволяет инкорпорировать молекулы воды и образовывать гидратные формы. Данные особенности строения водородных связей легко отследить по расщеплению полосы Amide I (дополнительная полоса в интервале $1655-1663\text{ см}^{-1}$ для α -хитина) с помощью ИК-спектроскопии.

Способность β -хитина к обратимой гидратации с образованием стабильных моногидрата и дигидрата, а также к фазовому переходу в термодинамически более стабильную α -форму вызывает интерес. Особое внимание было уделено рассмотрению механизмов гидратных и фазовых переходов, индуцированных кислотной, щелочной или механической обработкой.

На основании анализа исторических и современных данных рентгеновской и нейтронной дифракции, колебательной спектроскопии и вычислительных методов, в работе с помощью расчетных методов были воспроизведены и адаптированы кристаллографические информационные файлы (CIF) для α - и β -хитина, включая гидратные формы. При наличии достоверных данных о кристаллическом строении появляется возможность управлять свойствами хитина и оптимизировать способы его выделения и модификации.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Podgorbunskikh E., **Kuskov T.**, Rychkov D., Lomovskii O., Bychkov A. Mechanical Amorphization of Chitosan with Different Molecular Weights // *Polymers*. 2022. V. 14(20). #4438. <https://doi.org/10.3390/polym14204438>

Тезисы:

1. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бычков А.Л., Бухтояров В.А. Отработка выделения α -хитина из пчёл // Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности», 18-20 мая 2022. – Бийск, 2022. – С. 313-316.

2. Podgorbunskikh E.M., **Kuskov T.E.**, Rychkov D.A., Lomovskii O.I., Bychkov A.L. Determination of the crystallinity index of chitosan with different molecular weights during mechanical treatment // VI International Conference "Fundamental bases of mechanochemical technologies" (21-24 November 2022, Novosibirsk, Russia): book abstr. – Novosibirsk, 2022. – P. 81.

3. **Kuskov T.E.**, Podgorbunskikh E.M., Bychkov A.L., Bukhtoyarov V.A. Isolation and characterization of chitin from honeybee corpses and squid pens // VI International Conference "Fundamental bases of mechanochemical technologies" (21-24 November 2022, Novosibirsk, Russia): book abstr. – Novosibirsk, 2022. – P. 150.

4. **Кусков Т.Е.**, Бухтояров В.А. Сравнение реакций деацетилирования α - и β -хитина // Материалы 61-й Международной научной студенческой конференции. 17-26 апреля 2023. – Новосибирск, 2023. – С. 140.

5. **Kuskov T.E.**, Podgorbunskikh E.M., Bukhtoyarov V.A., Bychkov A.L. Applicability of different methods for determination of the deacetylation degree of chitin // Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности» (ТОХБиПП-2023). 24.05-26.05.2023 г. – Бийск, 2023. – С. 246-248.

6. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Получение хитозана из подмора пчел и хребтов кальмара. Оценка степени деацетилирования // Материалы Шестнадцатой Всероссийской конференции с международным участием "Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана", 2-6 октября 2023, – Владивосток, 2023, – С. 25-29.

7. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Исследование реакции деацетилирования α - и β -хитина // Материалы Всероссийской конференции с

международным участием «Современные проблемы науки о полимерах». 13-17 ноября 2023. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 197.

8. **Кусков Т.Е.**, Бычков А.Л., Бухтояров В.А. Гетерогенное деацетилирование хитина: кинетика процесса // Сборник научных трудов XVII Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации». Часть 3. 4-8 декабря 2023. – Новосибирск, 2023. – С. 95-99.

9. **Кусков Т.Е.**, Бухтояров В.А. Исследование гетерогенного деацетилирования α - и β -хитина // Материалы 62-й Международной научной студенческой конференции. 17-23 апреля 2024. – Новосибирск. 2024. – С. 159.

10. **Кусков Т.Е.**, Бухтояров В.А. Исследование реакции деацетилирования α - и β -хитина // Материалы XXV Юбилейной Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология XXI веке». Том 2. 20-24 мая 2024. – Томск, 2024. - С. 46-47.

11. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Исследование процесса гетерогенного деацетилирования α - и β -хитина // Девятая всероссийская Каргинская конференция «Полимеры-2024». Сборник тезисов. 1-3 июля 2024. – Москва, 2024. – С. 154.

12. **Kuskov T.E.**, Podgorbunskikh E.M., Bukhtoyarov V.A., Bychkov A.L. Investigation of the deacetylation process of α - and β - chitin // IV Международная конференция «Горячие точки химии твердого тела: ориентированные фундаментальные исследования», 2-4 июля 2024. – Новосибирск, 2024. – С. 187.

13. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Исследование влияния кристаллической структуры хитина на механизм процесса гетерогенного деацетилирования // Материалы научной конференции, посвященной 60-летию ТИБОУ ДВО РАН и 95-летию со дня рождения его основателя академика Г.Б. Елякова. 12-13 сентября 2024. – Владивосток, 2024. – С. 32.

14. **Кусков Т.Е.**, Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Исследование реакции деацетилирования α -хитина // Сборник научных трудов XVIII Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации». Часть 3. 2-6 декабря 2024. – Новосибирск, 2024. – С. 48-51.

15. **Кусков Т.Е.**, Бухтояров В.А. Кинетические исследования деацетилирования α -хитина // Материалы 63-й Международной научной студенческой конференции. 16-22 апреля 2025. – Новосибирск. 2025. – С. 160.

16. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Влияние механической обработки α -хитина на кинетику процесса гетерогенного деацетилирования // Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности». 21-23 мая 2025. – Бийск. 2025. – С. 110-112.

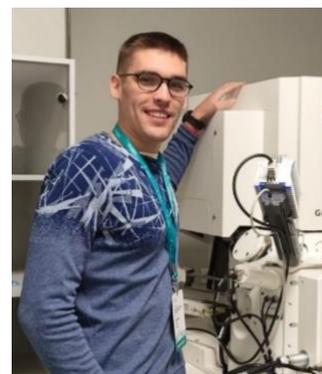
17. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Механическая обработка как фактор, влияющий на гетерогенное деацетилирование α - и β -хитина // Материалы Семнадцатой международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025). 30 июня – 4 июля 2025. – Нижний Новгород. 2025. – С. 85-87.

18. **Кусков Т.Е.**, Подгорбунских Е.М., Бухтояров В.А., Бычков А.Л. Исследование характера процесса гетерогенного деацетилирования α -хитина // Материалы XXI

международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». 6-11 июля 2025. – Нальчик. 2025. – С. 155.

Номинант №13

- **Перепелкин Евгений Игоревич**
- 21.07.1999
- Младший научный сотрудник, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
- Московская обл., г. Ступино, e-mail: perepelkinj@mail.ru



Название работы: Нанокompозитные материалы на основе хитозана с усиленными антимикробными свойствами для биомедицинских приложений

Создание нанокompозитов хитозана и покрытий на их основе в биосовместимых физических растворителях, таких как система H_2O/CO_2 под высоким давлением, является актуальным и значимым направлением исследования с точки зрения развития биомедицинских технологий и технологий, направленных на снижение потерь от социально-значимых заболеваний. В частности, разработка биосовместимых антимикробных композитов и покрытий на основе хитозана с допированными лекарственными биоактивными веществами (например, антибиотиками, наночастицами металлов) позволит существенно продвинуться в решении проблем кардиохирургии, а также скаффолдов для реконструктивной медицины. Таким образом, целью работы является исследование структуры и свойств нанокompозитов хитозана и покрытий на их основе с использованием растворителей на основе CO_2 под высоким давлением, а также анализ общих закономерностей их формирования.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Chaschin, I.S., **Perepelkin, E.I.** & Dyachenko, V.I. Preparation and Study of Properties of a New Biocomposite of Chitosan with 5,7-Bis(1-hydroxy-1-trifluoromethyl-2,2,2-trifluoroethyl)-8-hydroxyquinoline. *Dokl. Phys. Chem.* (2021) **501**, 114–118. <https://doi.org/10.1134/S0012501621110014>
2. Chaschin I.S., **Perepelkin E.I.** & Dyachenko V.I. Study of the Antimicrobial Action of Chitosan Coating Doped with Fluorinated Quinolines. *Polym. Sci. Ser. B* (2023) **65**, 307–318. <https://doi.org/10.1134/S1560090423700847>
3. **Perepelkin E.I.**, Sinolits M.A., Badun G.A., Chernysheva M.G., Anuchina N.M., Abramchuk S.S., Levin E.E., Bakuleva N.P., Popov D.A., Chaschin I.S. Composite chitosan-based nanoparticles as a basis for innovative antimicrobial coating for bioprosthesis: preparation and application using carbonic acid as a “green” self-neutralizing solvent. *Eur. Polym. J.* (2023) **193**, 112104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112104>
4. Chaschin I.S., **Perepelkin E.I.**, Sinolits M. A., Badun G.A., Chernysheva M.G., Ivanova N.M., Vasilev V.G., Kizas O.A., Anuchina N.M., Khugaev G.A., Britikov D.V., Bakuleva

- N.P. Coating based on chitosan/vancomycin nanoparticles: Patterns of formation in a water-carbon dioxide biphasic system and in vivo stability. *Int. J. Biol. Macromol.* (2024) **278** (3), 134940. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134940>
5. Chaschin I.S., Dreger E.I., Ivanova N.M., Vasiliev V.G., Anuchina N.M., **Perepelkin E.I.**, Kildeeva, N.R. Antimicrobial chitosan/hyaluronic acid/genipin/nano silver sponges obtained in solutions of carbonic acid: a study of structure and properties. *ИИЭОС OPEN* (2023) **6** (6), 172-180. <http://dx.doi.org/10.32931/io2330a>
 6. Chaschin, I. S., **Perepelkin, E. I.**, Levin, E. E., Abramchuk, S. S., Anuchina, N. M., Kizas, O. A., Ryzhova, Y. V., and Bakuleva, N. P. Green synthesis of silver nanoparticles using chitosan in carbonic acid solutions: Effect of pressure and temperature on the structure and antimicrobial properties. *J. Inorg. Organomet. Polym.* (2025) **35**, 2287–2299. <http://dx.doi.org/10.1007/s10904-024-03212-2>
 7. **Perepelkin E.I.**, Ivanova N.M., Vasil'ev V.G., Levin E.E., Anuchina N.M., Salokhedina R.R., Chaschin I.S. Chitosan/hydroxyapatite composite incorporated with copper nanoparticles: Production using CO₂-based solvent and investigation of physico-chemical and antibacterial properties. *J. Inorg. Organomet. Polym.* (2025) **35**, 9777–9795. <https://doi.org/10.1007/s10904-025-03898-y>

Номинант №14

- **Савенко Мария Евгеньевна**
- 16.02.2004
- Оператор производственной линии, ООО «С.РОСТКИ ЛАБ», лаборант, Новосибирский государственный технический университет, ЦТП.
- г. Новосибирск, e-mail: marussia556@gmail.com



Название работы: Синтез криогелей на основе карбоксиэтилхитозана и их применение в целях биоремедиации почв

В работе представлены результаты синтеза и исследования криогелей на основе карбоксиэтилхитозана (КЭХ), сшитых глутаровым альдегидом (ГА), с целью создания полифункциональных биоразлагаемых комплексов для биоремедиации почв. Актуальность работы обусловлена загрязнением почв тяжелыми металлами, которое приводит к деградации микробиома, вследствие чего происходит нарушение усвоения вносимых удобрений.

Синтез криогелей проводили при варьировании мольного соотношения сшивающего агента (ГА:КЭХ = 1:10, 1:20, 1:40, 1:60, 1:80) и температуры (-19 °С и -80 °С) в течение 5 суток. Структуру образцов подтверждали методом ИК-спектроскопии. Результаты ИК-спектров показали значительное усиление интенсивности полос поглощения при 1394 и 1568 см⁻¹, что показывает наличие сшивки биополимера ГА.

Установлено, что максимальная пористость зафиксирована у гелей, синтезированных при -19°С с соотношением ГА:КЭХ = 1:20 (91,79%) и при -80°С с соотношением ГА:КЭХ = 1:40 (83,32%). Исследование способности к набуханию показало, что максимальной способностью аккумулировать влагу (416,84%) обладает гель, полученный при -19°С и соотношении ГА:КЭХ = 1:20.

Способность поглощать водные растворы легли в основу загрузки криогеля биостимуляторами в виде аминокислот, гуминовых кислот, вермикомпоста и бактериальных компонентов, их пролонгированного высвобождения и эффективности в *in vivo* исследованиях на растениях рапса в условиях водного дефицита (увеличение уровня ТБАРС, антоцианов, пролина, снижение осмотического давления).

Одновременно исследовали способность криогелей сорбировать тяжелые металлы на примере Со (II). Адсорбционная способность криогелей варьируется в диапазоне 455-910 мг/г. Кинетика адсорбции соответствует модели второго порядка, что означает, что реакция протекает со скоростью, пропорциональной квадрату концентрации одного реагента. Это позволяет сделать вывод, что адсорбция имеет экспоненциальную

зависимость от времени, т.е. в начальный момент времени скорость адсорбции будет выше, чем в конечный.

На основе полученных данных сделан вывод о том, что криогели КЭХ:ГА являются наиболее перспективными кандидатами для использования в комплексной биоремедиации почв.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. P.I. Dubovskaia, A. Saeidi, A.A. Pronchenko, A.I. Drannikova, I.A. Lukoyanov, F.K. Arifova, **M.E. Savenko**, E.A. Veretennikova, A.V. Pestov, E.A. Litvinova, A.A. Drannikov. Gel-Phase Synthesis and PH-Sensitive Swelling-Structure Relationships of N-Carboxyethylchitosan // Eurasian Journal of Chemistry. – 2025. – doi: 10.31489/2959-0663/2-25-6.
2. Савенко М. Е. Синтез и применение криогелей карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом, в качестве системы доставки активных компонентов в почву / **М. Е. Савенко**, А. А. Дранников, А. В. Пестов ; науч. рук. А. А. Дранников. – Текст : непосредственный // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 19 Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 8–10 дек. 2025 г. : в 9 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2026. – Ч. 2. – С. 80–84. – 10 экз. – ISBN 978-5-7782-5566-1.
3. **Савенко М. Е.** Синтез и применение криогелей карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом, для адсорбции тяжелых металлов / М. Е. Савенко, А. А. Дранников, А. В. Пестов. – Текст : непосредственный // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 18 Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, 2–6 дек. 2024 г. : в 8 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. – Ч. 2. – С. 79–83. – 100 экз. – ISBN 978-5-7782-5344-5.
4. Масштабирование технологии производства криогеля карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом / А. А. Дранников, А. А. Пронченко, П. И. Дубовская, **М. Е. Савенко**, Е. А. Литвинова [и др.]. – Текст : непосредственный // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана. РосХит–2025 : сб. тез. 17 междунар. конф., Нижний Новгород, 30 июня – 4 июля 2025 г. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородский госуниверситет, 2025. – С. 17–19. – 10 экз. – ISBN 978-5-91326-983-6.
5. Исследование криогеля N-карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом, в качестве системы доставки биоудобрений / А. А. Дранников, **М. Е. Савенко**, А. А. Пронченко, А. А. Агеева, А. В. Пестов, Е. А. Литвинова. – Текст : непосредственный // СХС–2025 : материалы 2 междунар. Сиб. хим. симп, Томск, 20–24 окт. 2025 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2025. – С. 209–210.
6. Криогель карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом: от фундаментальных исследований к коммерческому решению / А. А. Дранников, А. А. Пронченко, П. И. Дубовская, **М. Е. Савенко**, Е. А. Веретеникова, А. В. Пестов, Е. А. Литвинова. – Текст : непосредственный // Биоматериалы: от исследований к практике (BioMATs 2025) : материалы конф., Москва, 22–25 сент. 2025 г. – Москва : ИМЕТ РАН, 2025. – С. 192–193. – 50 экз. – ISBN 978-5-6054-9740-0. – Работа выполнена: грант от 26.10.2023 № 0000005406995998235121722/№ МЛ-3.
7. Савенко М. Е. Исследование адсорбции Со (II) на криогеле карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом / **М. Е. Савенко**, А. В. Пестов ; науч. рук. А. А. Дранников. – Текст : электронный // Химия и химическая технология в XXI

веке : материалы 26 междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых им. выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера, посвящ. 125-летию со дня рождения Л. П. Кулёва, Томск, 19–23 мая 2025 г. : в 2 т. – Томск, 2025. – Т. 2. – С. 181–182. – URL: <https://cloud.tpu.ru/index.php/s/Mo4Yezjie7qXGPt> (дата обращения: 09.12.2025).

8. Савенко М. Е. Синтез криогеля карбоксиэтилхитозана, сшитого глутаровым альдегидом и его исследование в качестве адсорбента ионов тяжёлых металлов / **М. Е. Савенко**, А. А. Дранников, А. В. Пестов. - Текст : непосредственный // Экология и медицина: взаимодействие наук для оценки экологического риска : материалы 1 Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых учёных с междунар. участием, Ярославль, 10-11 дек. 2025 г. – Ярославль, 2025. – С. 44-45.

9. Перспективы применения модифицированных сорбентов на основе хитозана для удаления загрязнений воды / А. А. Пронченко, **М. Е. Савенко**, Е. А. Литвинова, А. А. Дранников. - Текст : непосредственный // Экология и медицина: взаимодействие наук для оценки экологического риска : материалы 1 Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых учёных с междунар. участием, Ярославль, 10-11 дек. 2025 г. – Ярославль, 2025. – С. 60-61.

10. Карбоксиэтирование хитозана, выделенного из панциря ракообразных Новосибирской области / А. А. Пронченко, А. В. Пестов, П. И. Дубовская, **М. Е. Савенко** – Текст : непосредственный // Химия и химическая технология в XXI веке (ХХТ–2025) : материалы 26 междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых им. выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера, посвящ. 125-летию со дня рождения Л. П. Кулёва, Томск, 19–23 мая 2025 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2025. – Т. 2. – С. 180–181. – ISBN 978-5-4387-1284-8.

11. Ноу-хау «Технология производства N-карбоксиэтилхитозана со степенью функционализации 1,10-1,20» приказ№ 2/ДСП от 20.10.2025, авторы: Дранникова А. И., Дранников А. А., Пронченко А. А., Дубовская П. И., **Савенко М. Е.**, Литвинова Е. А.

Номинант №15

- **Сaeиди Арсалан**
- 05.09.1998
- Младший научный сотрудник, Новосибирский государственный технический университет, ЦТП
- г. Новосибирск, e-mail: saeidi.arsalan1377@gmail.com



Название работы: Разработка модифицированной раневой повязки на основе хитозана

Введение: Лечение ран остается важнейшим аспектом современной медицины, особенно при лечении хронических, инфицированных или труднозаживающих ран. Традиционные перевязочные материалы часто не обеспечивают адекватного всасывания экссудата или контролируемой доставки терапевтических агентов. хитозан, природный полисахарид, привлек значительное внимание благодаря своей биосовместимости, биоразлагаемости и присущим ему антимикробным свойствам. Однако традиционные хитозановые повязки ограничены в своей абсорбционной способности и универсальности в качестве платформы для доставки лекарственных средств. Для преодоления этих ограничений данная работа посвящена разработке модифицированной хитозановой повязки с улучшенными функциональными свойствами.

Разработка и методы: В данном исследовании хитозан был химически модифицирован для создания раневой повязки, способной всасывать до десяти раз больше своей массы. Процесс модификации также позволяет повязке выступать в качестве основы для доставки терапевтических агентов, включая бактериофаги, антибиотики или другие биоактивные соединения, тем самым сочетая защиту раны с целенаправленным лечением. Прототип разработан до доклинической стадии, с проведением всесторонних оценок для обеспечения безопасности и функциональности. Анализы цитотоксичности подтвердили биосовместимость материала, а исследования абсорбции и деградации подтвердили его способность эффективно контролировать раневой экссудат в течение клинически значимых периодов времени.

Результаты и потенциальные области применения: Модифицированная хитозановая повязка продемонстрировала превосходные абсорбционные характеристики, стабильность и способность контролируемо высвобождать терапевтические агенты. Эти характеристики делают ее особенно подходящей для лечения ран с обильным экссудатом и инфицированных участков, где местная доставка антимикробных препаратов имеет

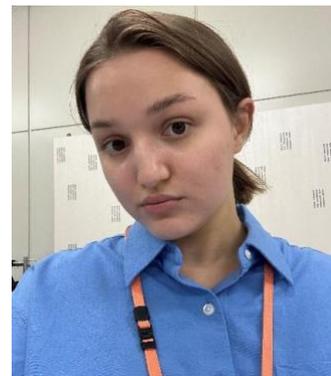
решающее значение. Благодаря сочетанию защитных и терапевтических функций, эта повязка представляет собой многообещающий шаг вперед в технологии лечения ран.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Evaluation of chitosan cross-linked with diglycidyl ether of butanediol-1,4 cryogel powder flow parameters for solid formulations development / A. A. Drannikov, I. B. Gribchenko, **A. Saeidi**, E. D. Golovin, E. P. Goncharova, E. A. Litvinova [et al.]. – DOI 10.15826/chimtech.9128. – Text : electronic // *Chimica Techno Acta*. – 2025. – Vol. 12, iss. 4. – Art. 9128 (14 p.). – URL: <https://chimicatechnoacta.ru/article/view/9128/6292> (access date: 3.12.2025).
2. Gel-Phase Synthesis and pH-Sensitive Swelling-Structure Relationships of N-Carboxyethylchitosan / P. I. Dubovskaia, **A. Saeidi**, A. A. Pronchenko, A. I. Drannikova, I. A. Lukoyanov, F. K. Aripova, M. E. Savenko, E. A. Litvinova, A. A. Drannikov [et al.]. – DOI 10.31489/2959-0663/2-25-6. – Text : direct // *Eurasian Journal of Chemistry*. – 2025. – Vol. 30, iss. 2(118). – P. 19-33.

Номинант №16

- **Устюхина Ирина Сергеевна**
- 08.11.2001
- Аспирантка, филиал ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений, лаборатория № 5 природных полимеров
- г. Санкт-Петербург, e-mail: Irinka.1@bk.ru



Название работы: Регулирование структуры и функциональных характеристик полиэлектролитных комплексов полисахаридов для создания систем доставки лекарственных средств

Исследование посвящено выявлению фундаментальных закономерностей формирования и модификации полиэлектролитных комплексов (ПЭК) на основе природных полимеров (хитина, хитозана, фукоидана, хондроитинсульфата, альгината, гиалуроновой кислоты и др.). Основная цель работы заключается в разработке научно обоснованных подходов к конструированию мукоадгезивных систем доставки лекарственных средств пролонгированного действия с управляемыми физико-химическими и биофармацевтическими свойствами.

В рамках работы исследуется влияние химической структуры полисахаридов на механизмы комплексообразования и характеристики формируемых наночастиц. Ключевым фактором рассматривается степень дезацетилирования аминополисахаридов (хитин/хитозан), определяющая плотность катионных центров и специфику межмолекулярных взаимодействий. Со стороны полианионного компонента анализируется вклад сульфатных и карбоксилатных групп различной кислотности в формирование пространственной сетки комплекса. Данный подход позволяет установить корреляцию между молекулярными характеристиками макромолекул, стехиометрией взаимодействия и макроскопическими свойствами частиц (размер, ζ -потенциал, коллоидная устойчивость).

Важным инструментом регулирования структуры систем является варьирование среды синтеза. Формирование комплексов в растворах уксусной, лимонной и аскорбиновой кислот рассматривается как метод управляемого изменения степени протонирования функциональных групп, ионной силы и характера межполимерных взаимодействий. Использование аскорбиновой кислоты представляет особый интерес благодаря её

биологической активности и положительному влиянию на состояние слизистых оболочек, что позволяет реализовать комбинированный терапевтический эффект.

Отдельное направление исследования связано с введением биогенных ионов переходных металлов (Cu^{2+} , Fe^{3+}), способных формировать координационные узлы с функциональными группами полисахаридов. Образование дополнительных координационных связей приводит к модификации плотности и топологии полимерной сетки, повышению устойчивости частиц и изменению их биофармацевтического профиля. Комбинирование полиэлектролитного и координационного механизмов связывания представляет собой оригинальный подход к созданию многофункциональных биогибридных систем доставки лекарств (полимерные частицы, двухслойные пленки, криоструктурированные материалы).

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Dubashynskaya, N.V., Petrova, V.A., Ustyukhina, I.S., Sgibnev, A.V., Cherkasova, Y.I., Nashchekina, Y.A., Vlasova E.N., Romanov D.P., Skorik, Y.A. (2025). Mucoadhesive polyelectrolyte complexes of fucoidan and chitin nanowhiskers to prolong the antiprotozoal activity of metronidazole. *Carbohydrate Polymers*, 349, 122975. doi: [10.1016/j.carbpol.2024.122975](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122975).

2. Устюхина И.С., Дубашинская Н.В., Петрова В.А., Скорик Ю.А. «Полиэлектролитные комплексы хитина/хитозана с сульфатированными полисахаридами: модификация Cu^{2+} для пролонгированной доставки метронидазола» // Сборник тезисов докладов 17-й Санкт-Петербургской конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы науки о полимерах»;

3. Устюхина И.С., Дубашинская Н.В., Петрова В.А., Скорик Ю.А. «Мукоадгезивные биополимерные системы на основе хитина и фукоидана для усиленной терапии бактериального вагиноза» // Сборник тезисов докладов XVII Международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» (РосХит-2025);

4. Ustyukhina I.S., Dubashynskaya N.V., Petrova V.A., Skorik Y.A. Fucoidan/nanochitin microgels for vaginal delivery of metronidazole // XIII International Conference on Chemistry for Young Scientists “MENDELEEV 2024”. St Petersburg. September 2–6, 2024. Book of abstracts. — St Petersburg.: VVM Publishing LLC, 2024. — P. 257.

5. Устюхина И.С., Петрова В.А., Дубашинская Н.В., Скорик Ю.А. Полимерные микрогели на основе фукоидана и хитиновых нановолокон для локальной доставки метронидазола // Всероссийская конференция с международным участием СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ О ПОЛИМЕРАХ. Санкт-Петербург, 13 – 17 ноября 2023 г. — С. 427.

6. Устюхина И.С., Петрова В.А., Дубашинская Н.В., Скорик Ю.А. Разработка биополимерных систем на основе фукоидана и частично деацетилированных нановолокон хитина для доставки антибактериальных препаратов // XII Конгресс молодых ученых. 03–06 апреля 2023 г.– СПб.: Университет ИТМО, 2023. – 200 с.

Номинант №17

- **Шеломенцев Илья Владиславович**
- 15.12.2001
- Аспирант, Институт синтетических полимерных материалов РАН
- Г. Москва, e-mail: ilia.shelomentsev@gmail.com



Название работы: Твердофазный синтез амфифильных производных хитозана в условиях механической активации в экструдере

Осуществлен синтез амфифильных производных хитозана твердофазным способом путем проведения полимераналогичных реакций ацилирования полисахарида сорбиновой и коричной кислотами в двухшнековом экструдере при комбинированном воздействии на твердые смеси реагентов давления и сдвиговых напряжений. Механическую обработку реакционных смесей проводили при температурах 80-100°C и мольных соотношениях хитозан/кислота 1.0:0.5, 1.0:1.0 и 1.0:1.5.

Химическую структуру синтезированных производных исследовали методом ИК-спектроскопии. Установлено, что твердофазные реакции протекают селективно по аминогруппам хитозана без вовлечения гидроксильных групп, что согласуется с различием их нуклеофильности в отсутствие катализа, при этом их механизм носит смешанный характер и включает кислотно-основное взаимодействие с образованием ионных связей и нуклеофильное замещение, приводящее к формированию ковалентных (амидных) связей.

Обнаружено устойчивое разделение продуктов реакции на фракции, растворимые и нерастворимые в 2% растворе уксусной кислоты. Степень замещения, рассчитанная по данным элементного анализа, составила 0.05-0.33.

Результаты термического анализа показали, что нерастворимые фракции продуктов с высокой степенью замещения характеризуются повышенной термической стабильностью, вероятно обусловленной формированием интенсивных межмолекулярных взаимодействий. В то же время растворимые фракции с относительно низкой степенью замещения демонстрируют пониженную термостабильность предположительно из-за менее плотной упаковки цепей.

Микробиологические испытания подтвердили, что модифицированные образцы обладают выраженной противогрибковой активностью в отношении *Aspergillus niger*, возрастающей с увеличением степени замещения.

Показано, что в разбавленных растворах модифицированных образцов формируются новые взаимодействия липофильного характера с доминированием межмолекулярных контактов над внутримолекулярными. Данные динамического светорассеяния подтверждают образование агрегатов с гидродинамическими радиусами, значительно превышающими соответствующие значения для исходного хитозана. Амфифильные производные хитозана, способные к самоорганизации в водных средах, перспективны в качестве носителей гидрофобных лекарственных веществ за счёт их способности образовывать мицеллоподобные структуры, а также для создания антимикробных материалов и сорбентов нефтепродуктов.

Список всех работ по заявляемой теме:

1. Khavpachev M.A., **Shelomentsev I.V.**, Ivanov P.L., Akopova T.A., Potselev V.V., Goncharuk G.P., Kuchkina I.O., Bekanova M.Z., Cherdyntseva T.A., Zelenetskii A.N. *Solid-state modification of chitosan by sorbic acid* //Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2025. – Т. 51. – № 6. – С. 2781-2796
2. Хавпачев М.А., **Шеломенцев И.В.**, Иванов П.Л., Поцелеев В.В., Беканова М.З., Аكوпова Т.А., Зеленецкий А.Н. *Твердотельный синтез N-циннамоилхитозана* // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2025. – Т. 67. – №. 4. – С. 259-269