

Номинант №1

- **Беляева Ирина Дмитриевна**
- Дата рождения: 03.06.2001
- Магистрант 2 курса кафедры технологии микробиологического синтеза Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)
- г. Санкт-Петербург, +7-921-890-46-88, belyaevairina97@gmail.com



Название работы: БИОКОМПЛЕКС НИКЕЛЕВЫЙ ФЕРРИТ/ ГРИБНОЙ ХИТОЗАН

Ферритные порошки обладают рядом выделяющих их физико-химических свойств: высокой магнитной кристаллической анизотропией, коэрцитивной способностью, намагниченностью, высокой фотокаталитической активностью в видимом свете, выдающейся химической стабильностью и биосовместимостью, чем привлекают к себе большой интерес. Функциональные свойства этого класса соединений могут быть направленно изменены и улучшены за счет контролируемой модификации наноструктур различными биополимерами.

В качестве биополимера может выступать хитозан, обладающий такими свойствами, как биосовместимость, безопасность, высокая селективная адсорбционная способность и антимикробная активность. Комбинирование характеристик ферритов и хитозана позволяет создавать комплексный препарат, который найдёт своё применение во многих сферах, среди которых отдельно стоит отметить медицину и экологию.

В работе получали новый биокompозит на основе отечественных импортозамещающих материалов (никелевого феррита и грибного хитозана) для дальнейшего применения в медицине, в частности, в качестве материала для создания раневых покрытий, а также в качестве сорбента для очистки сточных вод.

Исходный рентгеноаморфный порошок никелевого феррита получали методом растворного горения в 2 стадии. Грибной хитозан получали биотехнологическим методом из гриба *Rhizopusoryzae*, который культивировали на крахмалсодержащих средах, путём деацетилирования и деминерализации биомассы в мягких условиях. Получаемый грибной хитозан обладает следующими характеристиками: степень деацетилирования (СД) – более 85 %; массовая доля хитозана – более 90 %; молекулярная масса (ММ) – более 50 кДа (высокомолекулярный).

Синтез биокомплекса никелевый феррит/ грибной хитозан получали методом последовательного смешения. Первичная физико-химическая характеристика полученного биокompозита была изучена методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Синтезированный биокомплекс обладает развитой морфологией и пористой структурой, что положительно скажется на абсорбционных свойствах полученного композита. Синтезированные частицы находятся в диапазоне 5-10 нм. Можно также наблюдать большие агломераты размером 100-150 нм, состоящие из большого количества частиц размером около 5 нм.

Установлено, что полученный биокомплекс оказывает ингибирующее действие на ростовые свойства грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также дрожжей pp. *Candida*, *Kluveromyces*, *Torula*, *Saccharomyces*.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Беляева, А.Д. Изучение влияния способа приготовления питательной среды на основе гороха на количество получаемой в процессе глубинного культивирования биомассы *Rhizopusoryzae* / 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-хитозан содержащий 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.** Нанокompозиты 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 *Rhizopusoryzae* – 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 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-zinkferrite/fungal chitosan biocomplex / **I.D. Beliaeva**, Sakhipova A.R., Beliaeva A.D., Nianikova G.G. // SCIENCEANDTECHNOLOGY: 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 *Rhizopusoryzae* – 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 *Rhizopusoryzae* 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 *Rhizopusoryzae* / **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. **Беляева, И. Д.** Определение органических кислот в культуральной жидкости *Rhizopusoryzae* методом капиллярного электрофореза / **И. Д. Беляева**, А. Д. Беляева, Г. Г. Няникова – сборник тезисов XV научно-технической конференции «Традиции и

23. Инновации», посвященной 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)– в редакции.

24. Патент **RU2817713 C1** «Способ изготовления литий-цинк-марганцевой ферритовой керамики».

25. Заявка на ИЗ «Способ получения хитозана» – №2022134205.

26. 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

- **Веретенникова Елизавета Андреевна**

- 31.12.1997

- Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН, младший научный сотрудник

- Екатеринбург, ул. Софы Ковалевской 22, Институт Органического Синтеза УрО РАН, 8(343)3743544; lizaveret@yandex.ru



Название работы: Разработка методов синтеза карбоксиалкилированных производных хитозана и гидрогелевых материалов на их основе для лечения остеоартрита.

Остеоартрит – это дегенеративное заболевание, вызывающее повреждение хрящей и окружающих их тканей. Данное заболевание охватывает все возраста людей. Гидрогели на основе полисахаридов и их производных являются перспективным средством для лечения остеоартрита благодаря своим уникальным свойствам имитировать механические свойства натурального хряща и обеспечивать высокую степень набухания, уменьшая трение и давление на суставную поверхность. Карбоксиалкилхитозаны за счет присутствия карбоксильных групп обладают повышенной гидрофильностью по сравнению с нативным хитозаном, при этом также увеличивается возможность формирования большего количества межмолекулярных взаимодействий. Это очень важно для повышения биосовместимости материала, которое выражается, прежде всего, в улучшении характера прикрепления гидрогелевого материала к тканям сустава. В настоящей работе разработаны методы синтеза N,O-(карбоксиметил)хитозана (КМХ) со степенью функционализации в интервале 0.6–1.7, N-(1,2-дикарбоксиэтил)хитозана (ДКЭХ) со степенью функционализации в интервале 0.2–0.5 с использованием реакции нуклеофильного замещения галогенов в хлорацетате натрия, 2-бромсукцинате натрия. Гомолог КМХ – N-(2-карбоксиэтил)хитозан (КЭХ) со степенью функционализации 0.5–1.2 синтезировали по реакции Михаэля с акриловой кислотой.

На основе КМХ, ДКЭХ, КЭХ разработали методы получения гидрогелевых материалов путем приготовления гомогенного геля из полимеров с последующим сшиванием диглицидиловым эфиром бутандиола или без использования сшивающего агента. Для оценки механической прочности полимеров проводили сжатие гидрогелевых материалов на универсальной испытательной машине Zwick Z2.5. Гидрогели на основе ДКЭХ со степенью функционализации 0.5 и 0.35, КМХ со степенью функционализации 1

проявили жесткость и хрупкость, что привело к разрушению данных материалов. Добавление гиалуроновой кислоты повысило упругость гидрогеля на основе КМХ но максимально выдерживаемая нагрузка составила 1.37 МПа, также материал в процессе сжатия расслоился.

Перспективными материалами для дальнейших исследований являются гидрогели на основе КЭХ. Данное производное со степенью функционализации 1 обладает высокой прочностью и способно выдерживать максимальную нагрузку 2.14 МПа, что соответствует модулю упругости натурального суставного хряща – 2.1 МПа.

Список всех работ по заявляемой теме:

1) **Veretennikova E.A.**, Koryakova O.V., Mekhaev A.V., Bratskaya S.Yu., Pestov A.V. Synthesis of n-(1,2-dicarboxyethyl)chitosan// Russian Chemical Bulletin, 72(12), pp. 2987-2993. DOI: 10.1007/s11172-023-4110-9

2) Чернядьев С. А., Жилияков А. В., Пестов А. В., **Веретенникова Е. А.**, Друкаренко Н. А., Каманцев И. С., Кузнецов А. В. Перспективные направления применения гидрогелей для внутрисуставного лечения остеоартрита (2023) Уральский медицинский журнал, 22(5), сс. 104-115. DOI: 10.52420/2071-5943-2023-22-5-104-115

3) Артемьев Г. А., Власов И. А., **Веретенникова Е. А.**, Кузнецов В. А., Пестов А. В., Пузырев И. С. Способ получения хлорацетата натрия. Патент на изобретение № 2827150. – 2023

4) **Веретенникова Е. А.**, Пестов А. В. Способ получения карбоксиметилхитозана. Патент на изобретение № 2827150. – 2023

5) Жилияков А.В., Чернядьев С.А., Пестов А.В., **Веретенникова Е.А.**, Друкаренко Н.А., Каманцев И.С., Кузнецов А.В.Способ лечения деформирующего остеоартрита коленного сустава. Патент на изобретение RU 2815871 С1. – 2024

6) **Веретенникова Е.А.**, Пестов А.В., Паротькина Ю.А., Братская С.Ю. Взаимодействие хитозана с оксалилуксусной кислотой и ее диметиловым эфиром // Тезисы докладов конференции «Ломоносов-2021». — 2021

7) **Веретенникова Е.А.**, Пестов А. В. Взаимодействие хитозана с ацетондикарбоновой кислотой и ее производными // XVII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». — 2021 — С. 45

8) **Веретенникова Е. А.**, Пестов А. В., Паротькина Ю. А., Братская С. Ю. Разработка метода синтеза N-(1,2-дикарбокиэтилхитозана) с использованием реакции нуклеофильного замещения. V Международная конференция «Современные

синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов» (MOSM 2021). — 2021

9) **Веретенникова Е.А.**, Пестов А. В. Синтез N-(1,2-дикарбоксиэтил)хитозана // Тезисы докладов 16-ой Санкт-Петербургской конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы науки о полимерах» — 2022. — С. 53.

10) **Веретенникова Е. А.**, Пестов А. В. Разработка метода синтеза карбоксиметилхитозана // Тезисы докладов XXXIII Российской молодежной научной конференции с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» — 2023. — С. 402.

11) **Веретенникова Е. А.**, Пестов А. В., Землякова Е. О., Друкаренко Н. А., Каманцев И. С., Кузнецов А. В., Жиликов А. В., Чернядьев С. А. Гидрогелевые материалы на основе карбоксиалкилхитозанов в лечении остеоартрита // Тезисы докладов Шестнадцатой Всероссийской конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» — 2023. — С. 198

Номинант №3

- **Татьяна Алексеевна Жилкина (Тимофеева)**
- 27.01.1998
- Младший научный сотрудник Лаборатории инженерии биополимеров, Института биоинженерии им. К.Г. Скрябина, ФИЦ Биотехнологии РАН
- Москва, Проспект 60-летия Октября, 7к1, 89588249966, timofeyka2033@mail.ru



Название работы: Изучение стрессовых реакций растений томата *Solanum lycopersicum* в ответ на внесение гидролизата хитозана

Хитозан обладает широким спектром биологических свойств и считается перспективным биопрепаратом для защиты растений от фитопатогенов, который может снизить химическую нагрузку на агроэкосистемы. Кроме того, хитозан может усиливать физиологические реакции растений, действуя как стимулятор роста растений и устойчивости к патогенам. Активность хитозана по отношению к растениям обусловлена активацией хитин-связывающих рецепторов, он активирует множество сигнальных путей в растениях и влияет на гомеостаз фитогормонов. Актуальной проблемой является изучение механизмов хитозана в качестве стимулятора роста по отношению к различным видам сельскохозяйственных растений.

В зависимости от условий реакции, полученный хитозан может существенно различаться по своим свойствам. Молекулярная масса и степень деацетилирования продукта оказывает влияние на конечные характеристики препарата. В данной работе анализируется низкомолекулярный гидролизат хитозана (33кДа), полученный методом азотнокислого гидролиза, индекс полидисперсности 2,1 и степень деацетилирования 95%.

Было подтверждено фунгицидное действие гидролизата хитозана против фитопатогенов томата как *in vitro*, так и *in vivo*. Гидролизат хитозана ингибирует рост мицелия *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, *Alternaria solani*, а обработка гидролизатом хитозана растений подавляет развитие фузариоза на листьях томатов и развитие серой гнили на плодах.

На трех сортах томата изучали изменение скорости роста, общее содержание фенолов, активность фенилаланин-аммоний-лиазы (PAL) и изменение экспрессии генов под воздействием гидролизата хитозана. Предпосевная обработка семян томата раствором гидролизата хитозана стимулировала развитие проростков, что приводило к существенному удлинению корней растений. Однако постоянное присутствие хитозана

подавляло прорастание семян и развитие проростков, а также оказывала влияние на изменение тропизма корней томата.

Прикорневое внесение также негативно сказывалось на развитие молодых растений томата. Воздействие гидролизата хитозана в течении 24 часов и более снижало активность PAL и общее содержание фенолов в корнях томата. Эффект от внесения гидролизата хитозана различался между сортами томата на уровне экспрессии генов, однако показанные изменения свидетельствуют о его иммуностимулирующей активности. Экспрессия генов *WOX5* и *MYC2* повышалась в корнях томата после внесения гидролизата хитозана, а *AAO3* и *AMI1* снижалась по сравнению с контролем. Экспрессия генов *PAL* также повышалась в присутствии гидролизата хитозана, что вместе с понижением активности фермента может говорить о серьезных изменениях в метаболизме томата, вызванных внесением хитозана.

Был проведен вегетационный опыт, призванный выявить различия в метаболизме растений томата между образцами, обработанными и необработанными хитозаном, а также у растений, получивших предпосевную обработку гидролизатом хитозана. На данный момент проводится обработка результатов протеомного анализа листьев и корней растений и подготовка публикации. Предпосевная обработка семян томата низкомолекулярным гидролизатом хитозана приводит к увеличению метаболического потенциала взрослых растений, усиливая их физиологические процессы и адаптивный потенциал. Полученные результаты призваны помочь понять механизмы действия хитозана на развитие растений и в дальнейшем успешно использовать его в сельском хозяйстве, а также в исследованиях стресса растений.

1. Timofeeva, T.A.; Bubnova, A.N.; Shagdarova, B.T.; Varlamov, V.P.; Kamionskaya, A.M. Phenylalanine Ammonia-Lyase-Mediated Differential Response of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars with Different Stress Tolerance to Treatment with Low-Molecular-Weight Chitosan. *Agronomy* 2024, 14, accepted for publication February 5, 2024

2. Тимофеева Т.А., Варламов В.П., Камионская А.М. Изучение активности генов корней томата при обработке гидролизатом хитозана. В сб.: Актуальные аспекты современной микробиологии: XIII молодежная школа-конференция с международным участием. Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, ФИЦ Биотехнологии РАН. Москва, 16–18 ноября 2022 г. – М: ВАШ ФОРМАТ, 2022. – 286 с.; 2022: С. 256-257

3. Timofeeva, T., Shtan'ko, D., Shagdarova, B., Zakurin, A., Kamionskaya, A., & Il'ina, A. (2022). The Effect of Chitosan Hydrolysate on *Solanum Lycopersicum* Plant Growth. *KnE Life Sciences*, 7(1), 435–442.

4. Timofeeva T.A., Zakurin A.O., Nezhdanova A.V., Shagdarova B.Ts., Davlekamova A.A., Gaydukova S.E., Yakovleva I.V., Kamionskaya A.M. Low molecular weight chitosan hydrolyzate inhibits the growth of some phytopathogenic Ascomycota fungi. – 2021. – IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 839 042027.

5. Timofeeva T., Shagdarova B., Zakurin A. Effect of chitosan hydrolysate on tomato seed germination and seedling growth. – FEBS Open Bio. – 2021. – P. 290.

6. Тимофеева Т.А., Штанько Д.А., Закурин А.О. Изучение влияния гидролизата хитозана на развитие проростков *Solanum lycopersicum* – сб. тезисов докладов конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии» - Москва, 2020, с. 187-188.

Номинант №4

- **Зуев Дмитрий Николаевич**
- 24.02.2001
- Инженер общего практикума кафедры ВМС и КХ, лаборант-исследователь по проекту № 23-74-10069 «Фотокаталитически активные полимерные композиции, содержащие наноструктурированный диоксид титана, и их потенциальное применение», аспирант второго года обучения Нижегородский Национальный Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского, химический факультет, кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии.



Название работы: PLATINUM NANOPARTICLES IN AQUEOUS SOLUTIONS OF A CHITOSAN-VINYLPYRROLIDONE COPOLYMER: SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY

Grafted copolymers of chitosan-vinylpyrrolidone, water-soluble at a pH of 6.8–7.5, were obtained. A technique has been developed for obtaining an aggregatively stable system of platinum nanoparticles in copolymer solutions with an average size of ~4 nm. The thermophysical and structural characteristics of the powdered composition of a platinum nanoparticle-copolymer are investigated. An in vitro comparison of the antitumor activity of solutions of the developed composition and cisplatin at the same platinum concentration was performed. It was found that with respect to the culture of HeLa Kyoto and A431 cancer cells, the composition is five and two times less effective than cisplatin, respectively. Along with this, the biocompatibility of the composition is 17 times higher than that of cisplatin, which allows its use at elevated concentrations and the development of an antitumor agent with platinum nanoparticles commensurate in effectiveness with cisplatin

PROPERTIES OF NANOCOMPOSITES BASED ON PLATINUM NANOPARTICLES STABILIZED BY CHITOSAN

Abstract. Platinum nanoparticles were obtained chemically in acetic acid solutions of chitosan from the precursor H_2PtCl_6 using sodium borohydride as a reducing agent with simultaneous UV irradiation. The compositions were studied by SAXS, TEM, dynamic light scattering, FTIR-spectroscopy, differential scanning calorimetry, dynamic mechanical analysis, and atomic force microscopy. Nanoparticles are characterized by a narrowly dispersed size distribution while the effect of the conformation of chitosan macromolecules on their characteristics is manifested. The SAXS method showed that in a chitosan solution with a semi-flexible coil conformation of macromolecules, 96.8 % of the formed nanoparticles are characterized by an average radius of

1.4 nm. According to the TEM results, platinum nanoparticles are characterized by a crystal structure and a particle diameter of about 1.3–5.0 nm. A different picture is observed for platinum nanoparticles formed in chitosan with the rigid rod conformation of macromolecules – only 91 % of platinum nanoparticles had an average radius of 1.4 nm.

TiO₂-CHITOSAN AS UNIVERSAL COMPOSITE FOR WASTE WATER TREATMENT FROM ORGANIC POLLUTANTS

Modification of TiO₂ surface with silver nanoparticles is an urgent task in the light of the development of new types of photocatalysts for cleaning the environment from organic pollutants. For achieving this goal, it is required to obtain systems in which the deposition of silver nanoparticles on the titanium dioxide surface has been carried out by a nontrivial, simple, non-labor intensive method. The essence of the method is that at first stage formation of Ag nanoparticles from AgNO₃ under UV-irradiation in a solution of a stabilizing polymer – chitosan occurs, than TiO₂ particles disperse in the resulting colloidal solution, and subsequent enzymatic destruction of polysaccharide. As a result, Ag nanoparticles, the size of which is 22.0 ± 0.25 nm, completely settle on the TiO₂ surface. It was found that in the reactions of decomposition of methylene blue, methylene orange and congo red in an aqueous solution under UV irradiation, modified TiO₂ is 2–2.5 times more photocatalytically active than the initial titanium dioxide.

Список всех работ по заявляемой теме

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. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ БЛОК СОПОЛИМЕРОМ ХИТОЗАН-ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОН Зув 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.
5. ВОДОРАСТВОРИМЫЕ КОМПОЗИЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА И ПЛАТИНЫ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ Зув Д.Н., Апрытина К.В., Звездунова Т.И., Черкасова Е.И., Смирнова Л.А. В книге: XXVI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ-

ХИМИКОВ (С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ). тезисы докладов. Нижний Новгород, 2023. С. 184.

6.ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ПЛАТИНЫ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦАХ Зуев Д.Н., Апрятина К.В.В книге: XXV Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием). Тезисы докладов. Нижний Новгород, 2022. С. 66.

Номинант №5

- **Качалова Анна Игоревна**
- 14.01.2003
- Нижегородский Национальный Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского; Химический факультет; Кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
- г. Балахна; 89202972888; an2888@mail.ru



Название работы: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНА И ХИТОЗАНА

В настоящее время широко изучаются регенеративные материалы на основе композиций хитозана и коллагена. Хитозан - биосовместимый, биоразлагаемый полимер, обладающий регенерирующими свойствами. Коллаген широко применяют, благодаря его уникальному сродству к тканям и отсутствием токсичности. Хитозан - коллагеновые композиты перспективны в качестве материалов для тканевой инженерии кожи: повязок, пористых губок, гелей.

Целью данной работы является получение композитов на основе хитозана и коллагена с высокими прочностными характеристиками, сшитыми альдегидами, исследование их физико-химических свойств. Использовали хитозан с молекулярной массой (ММ) - 330 кДа, и коллаген с ММ 210 кДа, полученный из рыбьих шкур методом, описанным в патенте RU 2567171. Композиции на основе хитозана и коллагена получали смешиванием их растворов в различных соотношениях компонентов, а также синтез блок-сополимеров методом ультразвукового (УЗ) диспергирования смеси исходных гомополимеров при различном времени УЗ обработки. В соответствующие растворы вводили сшивающий агент и формовали пленки методом полива. Пористые губки получали методом лиофилизации исходных растворов.

Было показано влияние содержания коллагена на прочность пленок: с увеличением коллагена в составе на 50% напряжение на разрыв уменьшается почти вдвое. Пленки на основе блок-сополимеров имеют значительно более высокую прочность на разрыв по сравнению с пленками, полученными из смеси гомополимеров. Присутствие сшивки в виде формальдегида увеличивает прочностные характеристики композиций на 10%. Введение такого пластификатора, как глицерин, положительно влияет на эластичность пленок. Методом газовой хроматографии доказана газопроницаемость пленок и

исследовано влияние содержания компонентов и сшивки на нее. Теплофизические свойства образцов были изучены методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Топография поверхностей пленок была исследована методом атомно-силовой микроскопией, сканирующей электронной микроскопией, изучена пористость губок методом ртутной порометрии.

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., Семеньчева 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 [Принято в печать]. Улан-Удэ, 2025.

Номинант №6

- **Качалова Екатерина Алексеевна**
- 08.12.1997
- Нижегородский государственный Университет им. Н.И. Лобачевского, младший научный сотрудник кафедры ВМС и КХ Химического факультета
- г. Нижний Новгород, 89108786761, katerina_k1997@mail.ru



Название работы: Композиционные материалы на основе модифицированных природных полисахаридов. Применение и свойства

В настоящее время актуальна проблема охраны окружающей среды в связи с тем, что в год образуется порядка двух миллиардов тонн бытовых отходов одна шестая часть которых приходится на синтетические полимерные материалы, что составляет приблизительно 300 млн т/год. Одним из важнейших вопросов в данной области является рациональное использование пластиковой тары, её рециклинг, и, как оптимальный вариант, замена на биоразлагаемые материалы. Ограниченный и ненадлежащий сбор пластиковых отходов привел к видимому скоплению полимерных остатков в окружающей среде, где они страдают от систематической фрагментации, превращаясь в микропластик. Постепенно микро- и нано-пластик можно найти повсеместно в различных матрицах окружающей среды, пище, питьевой воде и даже в организме человека.

Еще одним важным вопросом является рациональное использование водных ресурсов. Из-за растущей нехватки воды, очистка сточных вод и водоподготовка являются одной из основных проблем в будущем. Большинство предприятий на данный момент вводят или уже ввели неоднократное использование оборотной воды. Это позволяет уменьшить объемы потребляемой воды и снизить количество вредных веществ в стоках предприятия. Также остро стоит проблема жесткой воды в некоторых регионах России, которая образует солевые отложения в трубах, что приводит к сокращению срока их эксплуатации, а также пагубно сказывается на здоровье человека – приводит к развитию сердечно-сосудистых заболеваний, мочекаменной болезни и др.

Таким образом актуальной является задача создания материалов на основе биосовместимых, биodeградируемых природных полисахаридов, не уступающих по свойствам современным синтетическим аналогам, способных сорбировать на своей поверхности ионы тяжелых и легких металлов, выступать в качестве упаковочного материала для хранения и транспортировки. Перспективным является создание

композиции на основе модифицированного хитозана с крахмалом. В рамках данного научного исследования была получена базовая композиция на основе воспроизводимых, природных полисахаридов. На ее основе получены высокопористые (82-92% пор) сорбенты трехмерной структуры. Материал характеризуется высокой сорбционной способностью по отношению к ионам тяжелых металлов: Fe^{3+} - 82%; Cd^{2+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} - 90%; к ионам легких металлов: Ca^{2+} и Mg^{2+} - 75%. На основе базовой композиции получены прочные (прочность на разрыв - 65 МПа, при деформации – 11%) пленочные образцы, перспективные в качестве упаковочных материалов, доказана их биосовместимость и биоутилизация почвенными микромицетами в течение 28 дней.

Список всех работ по заявляемой теме:

№ п/п	Авторы	Название	Издание	Год, том, номер, страницы	Индексация (WoS, Scopus, Перечень ВАК РФ)
1	Д.М. Зарубин, Е.А. Качалова, Е.В. Саломатина, О.Н. Смирнова, Л.А. Смирнова, Н.В. Абарбанель, А.Н. Петухов, А.В. Воротынцев	Экспериментальное определение характеристик биоразлагаемых плёнок на основе модифицированных крахмала и хитозана	Мембраны и мембранные технологии	2024, т. 6, №4	WoS, Scopus
2	Качалова Е.А., Апратина К.В., Мочалова А.Е., Смирнова О.Н., Смирнова Л.А.	Синтез и свойства биodeградируемых пленочных материалов на основе модифицированного крахмала	Известия Академии Наук. Серия Химическая	2023 г, т. 72, №6, сс. 1405-1413	Перечень ВАК РФ
3	Kachalova E., Apryatina K., Smirnova L.	Biocompatible materials based on modified starch and chitosan with high mechanical properties	Intelligent Biotechnologies Of Natural And Synthetic Biologically Active Substances	2022г, т. 408, с. 106-113	Scopus, Перечень ВАК РФ
4	Kachalova E.A., Lednev I.R., Smirnova L.A., Kovylin R.S.	Modified Starch Highly Porous Materials	KeyEngineeringMaterials	2021 г, т. 899 КЕМ, с. 80-85	Scopus, Перечень ВАК РФ
5	Качалова Е. А., Овчинникова Д. П., Апратина К. В., Смирнова Л. А.	Способ получения пористого композиционного материала	Патент на изобретение	2023 г, № RU 2787348	

6	Качалова Е. А., Зарубин Д.Н., Саломатина Е.В., Смирнова Л.А.	Биодеградируемые материалы на основе модифицированных полисахаридов	Первая Всероссийская конференция «Микропластик в науке о полимерах»: сборник тезисов.— Великий Новгород: НовГУ	2023.- 50-51 с.	РИНЦ
7	Качалова Е. А., Смирнова Л.А., Саломатина Е.В., Апратина К.В., Смирнова О.Н., Зайцев С.Д., Овчинникова Д.П.	Биодеградируемые материалы на основе полисахаридов и их теплофизические свойства	Термодинамика и материаловедение. Тезисы докладов XV Симпозиума с международным участием, Новосибирск: ИНХ СО РАН	2023, 232 с.	РИНЦ
8	Качалова Е. А., Родионова Н. М.	Зависимость прочностных характеристик от состава биодеградируемых пленок на основе природных полисахаридов	XXV Всероссийская Конференция Молодых Учёных-Химиков (С Международным Участием)	2022 г, с. 136	РИНЦ
9	Качалова Е. А., Вдовин Я.А.	Трёхмерный пористый сорбент на основе природных полисахаридов для очистки воды от ионов неметаллов	XXV Всероссийская Конференция Молодых Учёных-Химиков (С Международным Участием)	2022 г, с. 304	РИНЦ
10	Качалова Е. А., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.	Высокопористые сорбенты на основе модифицированного крахмала	XXV Всероссийская Конференция Молодых Учёных-Химиков (С Международным Участием)	2022 г, с. 316	РИНЦ
11	Качалова Е. А., Пигалина У.Ю.	Получение биодеградируемых пленочных материалов на основе природных полисахаридов.	XXV Всероссийская Конференция Молодых Учёных-	2022 г, с. 332	РИНЦ

		Свойства и применение	Химиков (С Международным Участием)		
12	Kachalova E.A., Lednev I.R., Kovylin R.S, Smirnova L.A.	Composite materials based on modified starch and chitosan	XXVI Нижегородская Сессия Молодых Ученых (Технические, Естественные Науки)	2021 г, с. 213-217	РИНЦ
13	Качалова Е. А., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.	Пористые биodeградируемые материалы на основе хитозана и модифицированного крахмала	Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021»	[Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021.	РИНЦ
14	Качалова Е. А., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.	Получение пленок на основе модифицированного хитозана	Полимеры В Стратегии Научно-Технического Развития РФ "Полимеры-2020", Сборник тезисов Восьмой Всероссийской Каргинской конференции.	2020 г, с. 120	РИНЦ
15	Качалова Е. А., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.	Биodeградируемые материалы на основе природных полисахаридов	Полимеры В Стратегии Научно-Технического Развития РФ "Полимеры-2020", Сборник тезисов Восьмой Всероссийской Каргинской конференции.	2020 г, с. 487	РИНЦ
16	Качалова Е. А., Леднев И.Р., Смирнова Л.А.	Пористые материалы на основе хитозана и модифицированного крахмала	ИНЭОС OPEN SELECT, Статья в сборнике трудов конференции	2019 г, т. 1, №1, с. 220-221,	РИНЦ

Номинант №7

- **Колмогоров Илья Михайлович**

- Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Аспирант 1 г/о, младший научный сотрудник

- Москва, 8 (952) 135-85-55, kolmogorov2001@mail.ru

Название работы: Влияние полимерного модификатора на взаимодействие липосомальных форм левофлоксацина с лёгочным сурфактантом

Исследовано взаимодействие липосомального левофлоксацина (Лев) с бычьим лёгочным сурфактантом (ЛС). С помощью методов Ленгмюра-Вильгельми, АСМ, ИК- и флуоресцентной микроскопии доказано, что функционализация поверхности липосом маннозилированным хитозаном предотвращает преждевременное слияние везикул с сурфактантом, при этом способствует удержанию формуляции на границе раздела фаз сурфактант - воздух.

Взаимодействие липосомальных форм Лев с исследовали методом Ленгмюра-Вильгельми. В типичном эксперименте образец исследуемого вещества наносится на ванну большой площади, далее сближают подвижные барьеры и следят за изменением двумерного давления. Сравнивали ход изотерм сжатия для образцов ЛС, ЛС с добавлением липосом из дилапальмитоилхолинфосфатидилхолина и кардиолипина в массовом соотношении 80:20 (ДПФХ:КЛ) и ЛС с добавлением липосом ДПФХ:КЛ, покрытых Хитозан-маннозой (Хитман).

При сравнении систем ЛС/ЛС с липосомами наблюдали изменение хода изотермы сжатия, свидетельствующее об появлении рафтов слияния. Для покрытых полимером липосом введение полимера приводило к уменьшению роста двумерного давления при наложении нагрузки. Это свидетельствует об отсутствии слияния липосомальной мембраны с монослоем ЛС, при этом покрытие липосом Хитманом позволяет системе быть более стабильной при уменьшении межмолекулярного расстояния.

Полученный образец монослоя на слюде помещали на атомно-силовой микроскоп (АСМ) и получали различные изображения монослоя. При исследовании образца с липосомами обнаружены яркие глобулы большой высоты, которые соответствуют липосомам. Они интернализировались в монослой, «дистраивая» его, при этом все липосомы были связаны с поверхностью ЛС. Иная картина наблюдалась для покрытых полимером липосом: липосомы также наблюдались в монослое ЛС, однако вместо интернализации они занимали положение исключительно на границе раздела фаз слюда-сурфактант.

Для исследования характера массопереноса при слиянии липосом с ЛС был применен метод флуоресцентной микроскопии. На слой ЛС на водной субфазе наносили флуоресцентно-меченные липосомы. Для образца липосом, не покрытых Хитманом, наблюдается равномерное распределение сигнала, что свидетельствует о довольно быстром распределении меченного липида в монослое. Иная картина наблюдается для липосом, покрытых Хитманом.

Список работ:

- 1) Le-Deygen, I., Kolmogorov, I., Timoshenko, V., Sybatchin, A., & Grigoryan, I. (2024). Interaction between the liposomal form of levofloxacin, coated with chitosan-mannose, and pulmonary surfactant. *PublicHealthToxicology*, 4 (Supplement 2).
- 2) Le-Deygen, I., Safronova, A., Mamaeva, P., Khristidis, Y., Kolmogorov, I., Skuredina, A., ...& Kudryashova, E. (2023). Liposomal forms of fluoroquinolones and antifibrotics decorated with mannosylated chitosan for inhalation drug delivery. *Pharmaceutics*, 15(4), 1101.
- 3) Le-Deygen, I. M., Skuredina, A. A., Mamaeva, P. V., Kolmogorov, I. M., & Kudryashova, E. V. (2023). Conjugates of chitosan with β -Cyclodextrins as promising carriers for the delivery of levofloxacin: Spectral and microbiological studies. *Life*, 13(2), 272.
- 4) Le-Deygen, I. M., Safronova, A. S., Mamaeva, P. V., Kolmogorov, I. M., Skuredina, A. A., & Kudryashova, E. V. (2022). Drug–membrane interaction as revealed by spectroscopic methods: The role of drug structure in the example of rifampicin, levofloxacin and rapamycin. *Biophysica*, 2(4), 353-365.

Номинант №8

- **Кусков Тимофей Евгеньевич**
- 30.04.2001
- Младший научный сотрудник, аспирант. Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск,
- г. Новосибирск, +79639464631, kuskovte@solid.nsc.ru



Название работы: Исследование кинетики реакции гетерогенного деацетилирования α - и β -хитина

Работа посвящена изучению реакции гетерогенного деацетилирования хитина. На примере α - и β -хитина, полученных из животного сырья (подмора пчёл и хребтов кальмара), была дана оценка границ применимости методов определения степени деацетилирования (DDA) хитина и хитозана. В ходе исследования коллективом авторов был предложен метод определения индекса кристалличности хитозана с помощью «аморфного стандарта», использующий усредненный профиль рентгеноаморфных образцов, полученных измельчением в шаровой мельнице.

Произведено сравнение процессов деацетилирования α - и β -хитина и выдвинуто предложение о характере протекания процессов. В случае β -хитина необходима перестройка структуры с параллельным расположением полимерных цепей в структуру хитозана с антипараллельным расположением цепей. Согласно предположению, во время деацетилирования β -хитина происходит два параллельных процесса: реакция на поверхности частицы и перегруппировка полимерных цепей с последующим отщеплением хитозана от частицы β -хитина. По причине постоянно обновляющейся поверхности диффузионные затруднения, способные замедлить реакцию, отсутствуют, поэтому кинетика деацетилирования β -хитина соответствует кинетике псевдопервого порядка.

Подтверждено предположение о механизме гетерогенного деацетилирования α -хитина, описанное в статье В.Ю. Новикова [1]. В случае α -хитина перестройка структуры не является необходимой, поэтому реакция происходит на поверхности частицы α -хитина. Было подтверждено, что в результате взаимодействия хитина с щелочью образуется отрицательно заряженный интермедиат, который препятствует диффузии гидроксид ионов. После образования слоя из интермедиата на поверхности частицы α -хитина процесс лимитируется исключительно внешней диффузией, следовательно кинетика замедленной стадии гетерогенного деацетилирования α -хитина является линейной.

Произведена оценка энергий активации процесса гетерогенного деацетилирования α -хитина. Для выполнения данной задачи были записаны кинетические кривые гетерогенного деацетилирования α -хитина в 50% растворе NaOH при 60, 80, 90 и 100°C. Энергия активации первой стадии деацетилирования α -хитина составила 44 ± 6 кДж/моль, второй – 20 ± 4 кДж/моль.

Литература

- 1) Novikov, V.Yu. et al. Mechanism of Heterogeneous Alkaline Deacetylation of Chitin: A Review // Polymers. 2023.15. 1729

Список публикаций по теме работы:

Статьи в журналах:

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 докладов конференций:

1. Кусков Т.Е., Подгорбунских Е.М., Бычков А.Л., Бухтояров В.А. Обработка 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 ТИБОХ 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.

Номинант №9

- **Работа Данил Андреевич**
- 18.12.2002
- бакалавр 4 курс, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
- г. Санкт-Петербург, +7(931)359-84-74, danil.rabota.2020@gmail.com



Название работы: Разработка антимикробной композиции на основе хитозана и бактерий-антагонистов рода *Bacillus* для применения в технологии пролонгации сроков хранения корнеплодов моркови

Создание эффективных и высокотехнологичных препаративных форм для микробиологической защиты растений — ключевая проблема сельскохозяйственной биотехнологии. Использование полезных микроорганизмов и биологически активных молекул перспективно при производстве и хранении высококачественных, экологически безопасных продуктов растительного происхождения.

Усиление защитных свойств препаративных форм, в состав которых входят антагонисты фитопатогенов и хитозан, обусловлено способностью полисахарида хитозана индуцировать системную болезнестойчивость растений. Кроме того, полифункциональные композиции с множественным механизмом действия, эффективные против широкого спектра фитопатогенов, могут положительно влиять на функциональное состояние растений, в том числе на количественные и качественные изменения всей системы метаболизма, которые отражают характер адаптивных реакций биологического объекта. Однородные гибкие хитозановые пленки обладают также избирательной проницаемостью на поверхности плодов и овощей, влияют на активность и тип дыхания, что в целом способствует продлению сроков хранения растительного сырья, снижает расход пластических веществ, тем самым сохраняя высокую пищевую ценность.

В этой связи целью данной работы является получение полифункционального препарата на основе микроорганизмов — антагонистов и хитозановых комплексов для защиты корнеплодов моркови от фитопатогенов и пролонгации сроков хранения.

Показана целесообразность сочетания бактерий-антагонистов рода *Bacillus* и хитозана в составе антимикробной композиции, изучены физиолого-биохимические механизмы защитного действия, активность метаболических процессов в корнеплодах моркови при длительном холодильном хранении.

Список работ по заявленной теме:

1. Разработка антимикробной композиции на основе хитозана и бактерий-антагонистов рода *Bacillus* для применения в технологии пролонгации сроков хранения корнеплодов моркови

Номинант №10

- **Сундарева Юлия Александровна**
- 24.02.2002 г.
- магистрант 2 года обучения Химического факультета ННГУ им. Лобачевского, лаборант-исследователь кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидной химии химического факультета ННГУ им. Лобачевского
- г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д.23, к. 5, лаборатория 205; тел. 89087462022, e-mail: sundareva2002@mail.ru



Название работы: Разработка биоразлагаемых композиций на основе хитозана и наночастиц фотоактивного диоксида титана, перспективных в качестве упаковочных материалов

В свете современных тенденций по снижению экологической нагрузки, связанной с образованием микро- и нанопластика, большое внимание уделяется созданию упаковочных материалов на основе биополимеров. Масштабные исследования в этом направлении проводятся с использованием хитозана (ХТЗ) ввиду его биосовместимости, биоразлагаемости, пленкообразующей способности и возможности к модификации. Ограничивающими факторами применения пленок ХТЗ являются их хрупкость, низкие физико-механические характеристики и термостойкость, высокая чувствительность к влаге. Актуальной задачей является модификация ХТЗ путем комбинирования с материалами, которые также биосовместимы и нетоксичны. Одним из них является TiO_2 с выраженными УФ-барьерными свойствами, фотокаталитической и антимикробной активностями.

Цель работы – получение материалов на основе ХТЗ, модифицированного наночастицами (НЧ) TiO_2 , и изучение их физико-механических, теплофизических свойств, паропроницаемости, антибактериальной активности и способности к биodeградации в зависимости от различных характеристик ХТЗ, концентрации и размеров НЧ TiO_2 . Последние были синтезированы в анатазной полиморфной модификации по оригинальной золь-гель методике из $\text{Ti}(\text{OPr}^i)_4$ и введены в вводно-уксуснокислые растворы ХТЗ в концентрации 0,5 до 10 масс.%, из которых получены однородные пленки. Методом ИК-спектроскопии выявлено структурообразующее действие НЧ TiO_2 по отношению к ХТЗ. При этом наблюдалось увеличение прочности до 120 МПа и деформации до 35 % при разрыве пленок ХТЗ, содержащих 2 масс. % НЧ TiO_2 (50 нм). Результаты подтверждены

методами ДМА, ДСК и РФА. Более того, небольшие количества НЧ TiO_2 (0,5 масс. %) приводили к снижению в ~ 2 раза содержания в пленках влаги по сравнению с ХТЗ. Паропроницаемость разработанных материалов не превышала $9,1 \text{ г/м}^2 \times \text{сут}$. Наличие TiO_2 в матрице ХТЗ обеспечивало полное поглощение композиционными пленками УФ-света и дополнительно усиливало бактерицидные свойства вследствие способности TiO_2 генерировать активные формы кислорода при УФ-воздействии, что было доказано на примере *S. Aureus* и *E. Coli*. Материалы биodeградируемы, что выявлено по снижению их массы на 25 – 50 % при воздействии микромицетом *A. Niger* в течение 4 недель как при световом воздействии, так и при проведении экспериментов в отсутствии света.

Совокупность полученных результатов подтверждает, что пленки ХТЗ - НЧ TiO_2 демонстрируют высокий потенциал для разработки на их основе биоразлагаемых упаковочных материалов, увеличивающих срок хранения пищевых продуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 23-74-100-69.

Список всех работ по заявляемой теме.

1. Sundareva Yu. A., Dumina I.S., Salomatina E.V., Zarubin D.M., Bulanov E.N., Smirnova O.N., Smirnova L.A. Properties of chitosan films modified with TiO_2 nanoparticles promising as biodegradable food packaging // Journal of Physics: Conference Series. 9th International Conference on Mechanical Structures and Smart Materials 15/06/2024 - 16/06/2024 Beijing, China. – 2024. – V. 2845. – P. 012035.
2. Сундарева Ю.А. НАНОКОМПОЗИТЫ ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ TiO_2 , КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ // Сборник трудов по материалам XVI Международного конкурса научно-исследовательских работ (22 апреля 2024 г., г. Уфа). / Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2024. – с. 30 – 49. **Диплом 1 степени**
3. Sundareva Y., Dumina I., Salomatina E., Smirnova O., Smirnova L. BIODEGRADABLE MATERIALS BASED ON CHITOSAN MODIFIED WITH NANOSTRUCTURED TITANIUM DIOXIDE // Mater. Proc. (Proceedings of the 1st International Online Conference on Functional Biomaterials, 10 – 12 July 2024 Basel, Switzerland). – 2024. – 19 (1). – 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/materproc2024019001>
4. Сундарева Ю.А., Саломатина Е.В., Буланов Е.Н., Смирнова О.Н., Смирнова Л.А. НАНОКОМПОЗИТНЫЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛЕНКИ ХИТОЗАН- TiO_2 . ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА КОМПЛЕКС СВОЙСТВ // Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения: Материалы XX Международной

научно-практической конференции. – Нальчик: Издательство «Принт Центр», 2024. с. - 292.

5. Sundareva Yu. A., Salomatina E. V., Smirnova O. N., Zarubin D. M., Smirnova L. A. STUDYING THE EFFECT OF THE NATURE OF THE SOLVENT ACID ON THE PROPERTIES OF CHITOSAN FILMS MODIFIED WITH TITANIUM DIOXIDE NANOPARTICLES. XIII International Conference on Chemistry for Young Scientists “MENDELEEV 2024”. St Petersburg. September 2–6, 2024. Book of abstracts. — St Petersburg. - 2024. – p. 275.
6. Думина И.С., Сундарева Ю.А., Саломатина Е.В., Фукина Д.Г., Смирнова Л.А. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ TiO_2 . ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА // ДЕВЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КАРГИНСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОЛИМЕРЫ – 2024». СБОРНИК ТЕЗИСОВ, Москва, Россия, 1-3 июля 2024 года. - 2024. – с. 22.
7. Думина И.С., Сундарева Ю.А., Буланов Е.Н., Фукина Д.Г., Саломатина Е.В., Смирнова Л.А. Физико-механические свойства пленок на основе хитозана, модифицированного наночастицами TiO_2 // XXVII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов (Нижний Новгород, 16–18 апреля 2024 г.). Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского. - 2024. - с. 284.
8. Думина И.С., Сундарева Ю.А., Саломатина Е.В., Фукина Д.Г., Смирнова О.Н., Смирнова Л.А. ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА В ХИТОЗАНОВОЙ МАТРИЦЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ // Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения. Материалы XX Международной научно-практической конференции. –2024. – с. 112.

Номинант №11

- **Трухин Фёдор Олегович**
- 03.02.2004
- Дальневосточный Федеральный Университет, Школа медицины и наук о жизни, Департамент Биомедицинской химии, Лаборант-исследователь
- Приморский край, город Владивосток, +79146782930, trukhin.fo@dvfu.ru (корпоративная почта), fedortruhin2940@gmail.com (личная почта)



Название работы: Полиэлектrolитные комплексы на основе хитозана для доставки и накопления темозоломида в опухолях головного мозга

Стандартные подходы к терапии опухолей головного мозга, такие, как хирургическая резекция, иммуно-, химио- и радиотерапия относительно малоэффективны и приводят к частым рецидивам [1]. Лечение этих заболеваний с использованием наиболее эффективной химиотерапии затруднительно из-за высокоселективного Гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) между кровотоком и мозгом [2-3]. Пассивно ГЭБ могут преодолевать только липофильные молекулы с молекулярной массой до 400 Да, в том числе и химиотерапевтические препараты, такие как темозоломид (ТМЗ). Однако данные молекулы имеют низкую биодоступность, из-за чего преодолевают ГЭБ только до 20% молекул относительно введенной дозы, а также ТМЗ имеет короткий период полувыведения - 2 часа, в результате он не накапливается в достаточной степени, чтобы вызвать терапевтический эффект. В результате у клеток глиобластомы возникает резистентность к лекарствам, а также вещество проявляет не специфическое токсическое воздействие на здоровые клетки [2]. Для устранения этих недостатков целесообразно использовать биосовместимые системы для доставки ТМЗ непосредственно в опухолевые клетки, не воздействуя на их микроокружение. Комбинированный подход доставки ТМЗ с помощью наночастиц, нацеленных на рецепторы опухолевых клеток и способных преодолевать ГЭБ, а также имплантируемых гидрогелей, снижающих миграцию опухолевых клеток и пролонгировано высвобождающих ТМЗ непосредственно в очаге опухоли [3]. Наночастицы, для прохождения ГЭБ должны обладать размерами до 200 нм и положительным поверхностным зарядом [1,2]. Направленность воздействия наночастиц только на опухолевые клетки обеспечивается за счёт модификации поверхности частиц антителами, специфичными к трансмембранным маркерам глиобластомы. Кроме того, что наночастицы, что имплантируемые гидрогели должны быть биосовместимыми, пролонгировано высвобождать ТМЗ и обладать физико-химическими свойствами, сопоставимыми с внеклеточным матриксом головного мозга [3]. Хитозан - катионный полисахарид. Полиэлектrolитные комплексы (ПЭК) на его основе обладают высокими сорбционными свойствами и могут иметь наномеханические свойства внеклеточного матрикса. Сырьём для получения этого полимера являются отходы рыбодобывающей отрасли, что делает его экономически выгодным и значимым в разработке препаратов для персонализированной медицины и здоровьесбережения [2]. В работе были созданы

наночастицы на основе ПЭК пектина и хитозана, содержащие ТМЗ и функционализированные антителами к NCAM1 и PDL1, а также гидрогели на основе ПЭК хитозана и желатина, в которые был иммобилизован химиопрепарат для его регулируемого кумулятивного выхода.

1. Ningaraj, N.S. Drug Delivery to Brain Tumours: Challenges and Progress. *Expert Opin. Drug Del.* 2006, 3(4), 499–509. doi:10.1517/17425247.3.4.499
2. Silant'ev V.E. Rational Design of Pectin–Chitosan Polyelectrolyte Nanoparticles for Enhanced Temozolomide Delivery in Brain Tumor Therapy / Belousov A.S., Trukhin F.O. - *J. Biomedicines*, 2024 - p. 1-12
3. Silant'ev, V.E. How to Develop Drug Delivery System Based on Carbohydrate Nanoparticles Targeted to Brain Tumors / Shmelev, M.E.; Belousov, A.S. - *Polymers* 2023, 15.

Список работ по заявленной теме

Ф.О. Трухин, Р.А. Шатилов, А.А. Патлай, А.С. Белоусов, В.Е. Силантьев – БУДУЩЕЕ БИОМЕДИЦИНЫ 2023 IV форум молодых учёных: материалы конференции

Ф.О. Трухин, Р.А. Шатилов, А.А. Патлай, А.С. Белоусов, М.Е. Шмелёв, В.Е. Силантьев – СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В ИССЛЕДОВАНИИ ХИТИНА И ХИТОЗАНА

В.Е. Силантьев, А.С. Белоусов, М.Е. Шмелёв, Ф.О. Трухин, А.А. Патлай, В.В. Кумейко – АПОХ-2024 "Актуальные проблемы органической химии" Сборник тезисов

Ф.О. Трухин, А.А. Патлай, А.С. Белоусов, В.В. Кумейко, В.Е. Силантьев – СБОРНИК ТЕЗИСОВ, СТУДЕНЧЕСКИЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ ФОРУМ – 2024

Ф.О. Трухин, А.А. Патлай, Р.А. Шатилов, А.С. Белоусов, В.Е. Силантьев – Сборник материалов III Дальневосточная конференция молодых ученых Медицина будущего

F.O. Trukhin, A.A. Patlay, A.S. Belousov, M.E. Shmelev, V.V. Kumeiko, V.E. Silant'ev – СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ VI МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСТГЕНОМ'2024/XI РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ/РОССИЙСКО-КИТАЙСКИЙ КОНГРЕСС RUSSIAN–CHINESE LIFE SCIENCES CONGRESS

В.Е. Силантьев, А.С. Белоусов, М.Е. Шмелёв, Ф.О. Трухин, А.А. Патлай, В.В. Кумейко – СБОРНИК ТЕЗИСОВ Том 5 XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ Посвященный 190-летию Д.И. Менделеева и 300-летию основания Российской академии наук

V.E. Silant'ev, A.S. Belousov, F.O. Trukhin, N.E. Struppul, M.E. Shmelev, A.A. Patlay, R.A. Shatilov, V.V. Kumeiko – Rational Design of Pectin–Chitosan Polyelectrolyte Nanoparticles for Enhanced Temozolomide Delivery in Brain Tumor Therapy

Номинант №12

- **Устюхина Ирина Сергеевна**
- 08.11.2001
- Магистрант, 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, +7(904)-251-21-75, Irinka.1@bk.ru



Название работы: Биополимерные комплексы на основе хитина и фукоидана для повышения эффективности лечения бактериальных вагинозов

Бактериальный вагиноз (БВ) остается одной из наиболее распространенных вагинальных инфекций у женщин репродуктивного возраста, характеризующейся нарушением микрофлоры влагалища и образованием бактериальных биопленок, которые затрудняют лечение и способствуют развитию резистентности к антимикробным препаратам. Современные лекарственные формы, такие как гели, суппозитории и таблетки, часто не обеспечивают равномерного распределения препарата, имеют короткое время пребывания в месте введения и могут вызывать дискомфорт, что снижает эффективность терапии и приверженность пациенток к лечению. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых систем доставки лекарственных средств, которые могли бы обеспечить пролонгированное высвобождение препарата, повысить его биодоступность и снизить частоту побочных эффектов.

В данной работе предложена инновационная разработка биополимерных систем доставки на основе полиэлектролитных комплексов (ПЭК) из хитиновых нановолокон (CNW) и фукоидана (FUC) для контролируемого высвобождения метронидазола — препарата первой линии для лечения БВ. Полученные ПЭК демонстрируют высокую мукоадгезию, что обеспечивает длительное пребывание препарата на слизистой оболочке влагалища. Это особенно важно для лечения БВ, так как позволяет поддерживать терапевтическую концентрацию препарата в очаге инфекции в течение длительного времени. Кроме того, ПЭК обеспечивают пролонгированное высвобождение метронидазола в течение 10 часов, что значительно превышает время высвобождения из традиционных лекарственных форм. Это позволяет снизить частоту применения препарата и повысить комплаентность пациенток. Важным аспектом разработки является

сохранение антипротозойной активности ПЭК против клинических изолятов *Trichomonas vaginalis*. Исследования показали, что ПЭК на основе CNW и FUC сохраняют свою активность в течение 10 часов, что делает их эффективными в лечении инфекций, вызванных этим патогеном. Кроме того, системы на основе CNW и FUC показали отсутствие цитотоксичности в отношении клеточной линии HeLa при концентрациях 1–3 мг/мл, что подтверждает их безопасность для применения в клинической практике.

Таким образом, разработанные биополимерные системы доставки на основе ПЭК из CNW и FUC демонстрируют высокий потенциал для применения в лечении БВ. Они обеспечивают пролонгированное высвобождение метронидазола, обладают выраженными мукоадгезивными свойствами и не проявляют цитотоксичности. В будущем планируется изучить влияние включения биоактивных ионов металлов (например, Cu^{2+} или Fe^{3+}) на свойства ПЭК, что может дополнительно улучшить их антимикробную активность и снизить риск развития резистентности. Дальнейшие исследования *in vivo* позволят оценить клиническую эффективность и безопасность этих систем, что откроет новые перспективы для их применения в медицинской практике.

1. 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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 №13

- **Хубиев Омар Муслимович**
- 07.01.2000
- Институт экологии Российского университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, аспирант, ассистент департамента экологии человека и биоэлементологии.
- г. Москва. 89999673512, khubiev_om@pfur.ru



Тема работы: «Новые перспективные функциональные материалы на основе хитозана»

Одно из важнейших направлений в современной хитинологии – создание платформ для адресной доставки лекарственных средств. В нашей научной группе при непосредственном участии конкурсанта была реализована следующая идея. Известно, что для поддержания жизнедеятельности патогенные бактерии используют железо(III), которое является для них важнейшим макроэлементом, действуя как переносчик электронов и кофактор синтеза ДНК и РНК. Бактерии поглощают железо в составе комплексов со специальными переносчиками железа – сидерофорами. Бактерии способны распознавать сидерофоры. Конкурсант предположил, что частицы, включающие хитозан, коммерчески доступный сидерофор «дефероксамин» и ионы железа(III) будут обладать высоким аффинитетом к бактериальным клеткам. Конкурсантом были получены такие частицы, причём сферической формы с унимодальным распределением по размеру. Наночастицы редуцируются после лиофилизации. И железо(III), и дефероксамин входят в состав наночастицы. Это было подтверждено фильтрацией наносuspension через фильтр с размером пор меньшим, чем наночастицы и анализом фильтрата с помощью масс-спектрометрии высокого разрешения, а также анализом сухого остатка, полученного при упаривании фильтрата, с помощью спектроскопии ЯМР ^1H . Полученные наночастицы имеют гидродинамически диаметр около 250 нм и положительный дзета-потенциал +32 мВ. Не только сам сидерофор, но и железо(III) имеет большую важность в развитии антибактериального эффекта. Этим обуславливается меньшая активность подобных частиц, не содержащих железа. По-видимому, комплекс железа(III) с сидерофором в составе наночастицы отвечает за её связь с бактериальной клеткой, а хитозан оказывает антибактериальный эффект (Рисунок 1).

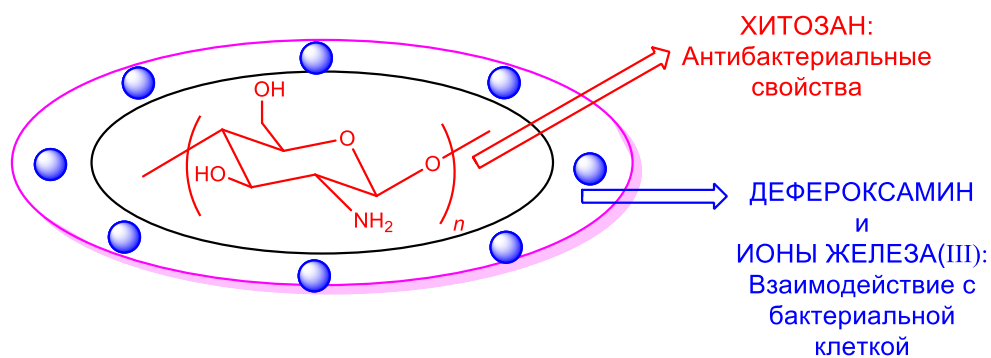


Рисунок 1. Схематическое изображение полученных наночастиц.

Полученные наночастицы проявили высокую активность и низкую токсичность (острую и хроническую) также и в экспериментах *in vivo* на крысах и могут быть интересны в качестве дальнейших испытаний в качестве альтернативы классическим антибиотикам.

После получения упомянутых высокоактивных антибактериальных наночастиц конкурсантом была реализована следующая его идея – введение наночастиц в хитозановые плёнки. Армирование наночастицами плёнок существенно улучшило их механические свойства (выраженно повысило пластичность при сохранении высокой прочности на разрыв), а также уменьшило их проницаемость. Кроме того, полученные плёнки проявили значительно более выраженную противомикробную активность, чем неармированные («холостые») плёнки. Благодаря всем упомянутым свойствам полученные плёнки весьма интересны для дальнейших исследований в качестве пищевых покрытий.

1. Egorov A. R., Artemjev A. A., Kozyrev V. A., Sikaona D. N., Rubanik V. V., Rubanik Jr V. V., Kritchenkov I. S., Yagafarov N. Z., Khubiev O. M., Tereshina T. A., Kultyshkina E. K., Medjbour B., Khrustalev V. N., Kritchenkov A. S. Synthesis of Selenium-Containing Chitosan Derivatives and Their Antibacterial Activity // *Applied Biochemistry and Microbiology*. – 2022.– Т. 58, № 2. – С. 132-135.
2. Egorov A. R., Yagafarov N. Z., Artemjev A. A., Khubiev O., Medjbour B., Kozyrev V. A., Donovan Sikaona N., Tsvetkova O. I., Rubanik V. V., Kurliuk A. V., Shakola T. V., Lobanov N. N., Kritchenkov I. S., Tskhovrebov A. G., Kirichuk A. A., Khrustalev V. N., Kritchenkov A. S. Synthesis and *in vitro* antifungal activity of selenium-containing chitin derivatives // *Mendeleev Communications*. – 2022.– Т. 32, № 3. – С. 357-359.
3. Egorov A. R., Khubiev O., Rubanik V. V., Jr., Lobanov N. N., Savilov S. V., Kirichuk A. A., Kritchenkov I. S., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. The first selenium containing chitin and chitosan derivatives: Combined synthetic, catalytic and biological studies // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022.– Т. 209.– С. 2175-2187. (Q1)
4. Egorov A. R., Kurasova M. N., Khubiev O., Bogdanov N. A., Tskhovrebov A. G., Kirichuk A. A., Khrustalev V. N., Rubanik V. V., Kritchenkov A. S. Ciprofloxacin chitosan conjugate:

- combined antibacterial effect and low toxicity // *Mendeleev Communications*. – 2022.– Т. 32, № 6. – С. 774-776.
5. Egorov A. R., Kurliuk A. V., Rubanik V. V., Kirichuk A. A., Khubiev O., Golubev R., Lobanov N. N., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. Chitosan-Based Ciprofloxacin Extended Release Systems: Combined Synthetic and Pharmacological (In Vitro and In Vivo) Studies // *Molecules*. – 2022.– Т. 27, № 24.– С. 8865. (Q1)
6. Dysin A. P., Egorov A. R., Khubiev O., Golubev R., Kirichuk A. A., Khrustalev V. N., Lobanov N. N., Rubanik V. V., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. Novel Highly Efficient Green and Reusable Cu(II)/Chitosan-Based Catalysts for the Sonogashira, Buchwald, Aldol, and Dipolar Cycloaddition Reactions // *Catalysts*. – 2023.– Т. 13, № 1.
7. Khubiev O. M., Esakova V. E., Egorov A. R., Bely A. E., Golubev R. A., Tachaev M. V., Kirichuk A. A., Lobanov N. N., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. Novel Non-Toxic Highly Antibacterial Chitosan/Fe(III)-Based Nanoparticles That Contain a Deferoxamine—Trojan Horse Ligands: Combined Synthetic and Biological Studies // *Processes*. – 2023.– Т. 11, № 3.– С. 870.
8. Perinelli D. R., Fagioli L., Campana R., Lam J. K. W., Baffone W., Palmieri G. F., Casettari L., Bonacucina G. Chitosan-based nanosystems and their exploited antimicrobial activity // *Eur J Pharm Sci*. – 2018. – Т. 117. – С. 8-20.
9. Khubiev O. M., Egorov A. R., Lobanov N. N., Fortalnova E. A., Kirichuk A. A., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. Novel Highly Efficient Antibacterial Chitosan-Based Films // *BioTech*. – 2023.– Т. 12, № 3.
10. Khubiev O. M., Esakova V. E., Sikaona N. D., Salokho D. S., Semenkova D. I. Study of biodegradability of chitosan-based antibacterial films // *E3S Web Conf*. – 2024. – Т. 555.– С. 03006.
11. Khubiev O. M., Egorov A. R., Semenkova D. I., Salokho D. S., Golubev R. A., Sikaona N. D., Lobanov N. N., Kritchenkov I. S., Tskhovrebov A. G., Kirichuk A. A., Khrustalev V. N., Kritchenkov A. S. Rhodamine B-Containing Chitosan-Based Films: Preparation, Luminescent, Antibacterial, and Antioxidant Properties // *Polymers*. – 2024. (Q1)
12. Egorov A. R., Khubiev O. M., Golubev R. A., Semenkova D. I., Nikolaev A. A., Maharramov A. M., Mammadova G. Z., Liu W., Tskhovrebov A. G., Kritchenkov A. S. New Antibacterial and Antioxidant Chitin Derivatives: Ultrasonic Preparation and Biological Effects // *Polymers*. – 2024.– Т. 16, № 17.– С. 2509. (Q1)
13. Egorov A. R., Khubiev O. M., Khrustalev V. N., Kirichuk A. A., Tskhovrebov A. G., Mammadova G. Z., Maharramov A. M., Liu W., Kritchenkov A. S. Facile and convenient electrochemical syntheses of novel multifunctional (catalytic, antioxidant and in vivo antimicrobial) phosphorylated chitosan derivatives // *European Polymer Journal*. – 2024.– Т. 219.– С. 113405. (Q1)
14. Polyelectrolyte complexes based on natural polysaccharides for controlling ciprofloxacin release / A. A. Nikolaev, O. M. Khubiev, N. A. Bogdanov [et al.] // *Успехи синтеза и комплексообразования = Advances in synthesis and complexing : сборник тезисов шестой Международной научной конференции, Москва, 26–30 сентября 2022 года / Российский университет дружбы народов*. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – Р. 218. – EDN CRAGMI.
15. Ультразвуковой синтез слоистых двойных гидроксидов / Р. А. Голубев, А. Р. Егоров, В. В. Рубаник [и др.] // *XXIV Петербургские чтения по проблемам прочности и III молодежная школа-семинар "Механика, химия и новые материалы"* : Сборник материалов

конференции, Санкт-Петербург, 23–25 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство ВВМ", 2024. – С. 21. – EDN PGCFKR.

16. Биополиэлектролитные комплексы на основе полисахаридов как носители лекарственных форм / А. А. Николаев, О. М. Хубиев, Н. А. Богданов [и др.] // XXVI Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) : тезисы докладов, Нижний Новгород, 18–20 апреля 2023 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2023. – С. 491. – EDN IHKRLR.

17. Новые функционализированные производные хитозана для прологированного высвобождения ципрофлоксацина / А. Р. Егоров, В. Н. Хрусталева, О. М. Хубиев [и др.] // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15(23). – С. 258-261. – DOI 10.59131/2411-9814_2023_15(23)_258. – EDN GOFPYX.

18. Электрохимический синтез нового производного хитозана и комплексы железа(III) на его основе / А. С. Критченков, О. М. Хубиев, С. Нкумбу [и др.] // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15(23). – С. 265-269. – DOI 10.59131/2411-9814_2023_15(23)_265. – EDN QOSIDY.

19. Наночастицы на основе хитозана и железа(III): синтез и биологические исследования антибактериальной активности / О. М. Хубиев, С. Нкумбу, А. Р. Егоров [и др.] // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15(23). – С. 274-277. – DOI 10.59131/2411-9814_2023_15(23)_274. – EDN HZGKTO.

20. Perinelli D. R., Fagioli L., Campana R., Lam J. K. W., Baffone W., Palmieri G. F., Casattari L., Bonacucina G. Chitosan-based nanosystems and their exploited antimicrobial activity // Eur J Pharm Sci. – 2018. – Т. 117. – С. 8-20. (Q1)

Номинанты №14

- **Кузнецов Антон Николаевич**
- 10.01.2003
- Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, Лаборатория синтетических гликовакцин (№41), старший лаборант
- г. Москва, +79197639603, antonqzn@gmail.com



- **Жердев Дмитрий Олегович**
- 11.10.2000
- Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра химической энзимологии, аспирант
- г. Москва, +79508706564, me@zherderini.ru

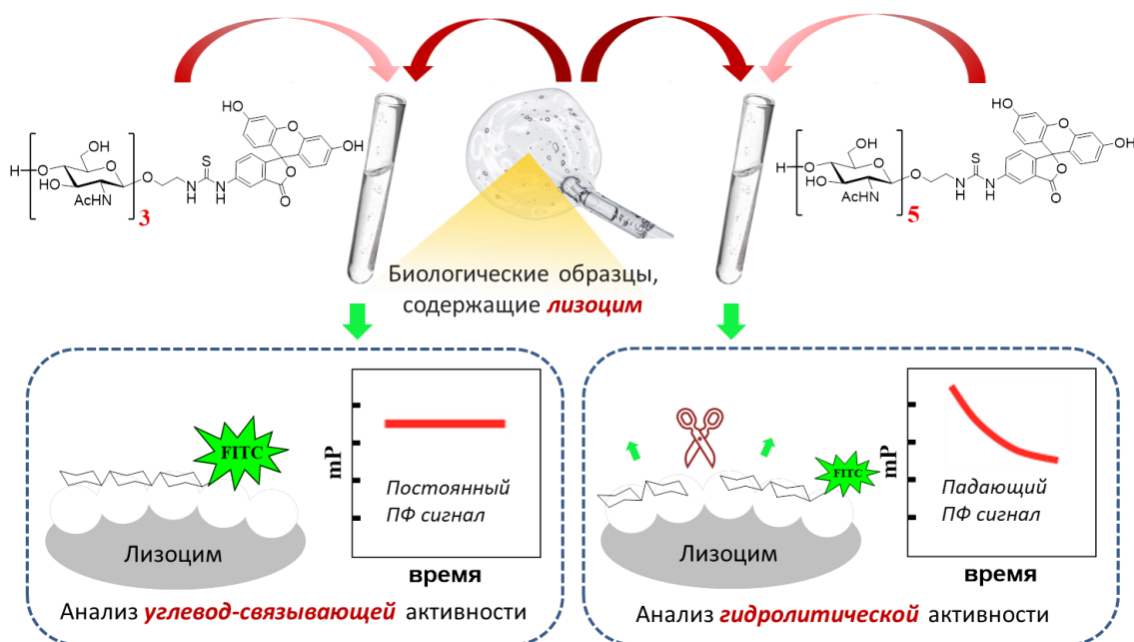


Тема работы: Метода определения лизоцима методом поляризации флуоресценции с использованием конъюгатов флуоресцеина с синтетическими хитоолигосахаридами

Хитин является полимерной основой пептидогликана (ПГ) - ключевого компонента клеточной стенки патогенных микроорганизмов, таких как грибы и бактерии. Связывание и расщепление ПГ специализированными белками иммунной системы запускает антимикробную защиту организма от инфекционных агентов. Важнейшим из таких белков является лизоцим, катализирующий гидролиз β -D-GlcNAc-(1 \rightarrow 4)- β -D-GlcNAcгликозидных связей в хитиновой цепи ПГ.

Экспресс-методы определения активности лизоцима необходимы для медицинской диагностики, контроля качества пищевых продуктов и фундаментальных исследований. В представленной конкурсной работе был разработан новый биоаналитический метод определения концентрации и ферментативной активности лизоцима на основе поляризации флуоресценции (ФР) с использованием синтетических хитоолигосахаридов строго определенного строения, отражающие фрагменты хитина, в том числе в составе ПГ. С этой целью были получены и исследованы флуоресцентно меченные синтетические хитоолигосахарида различной длины (см. рис. ниже). Найдено, что среди них пентасахаридный конъюгат является оптимальным трейсером для точного и быстрого

определения лизоцима в различных биологических образцах. Проведённое исследование опубликовано в приведённых ниже статьях[1-2].



1. L.I. Mukhametova, D.O. Zherdev, A.N. Kuznetsov, O.N. Yudina, Y.E. Tsvetkov, S.A. Eremin, V.B. Krylov, N.E. Nifantiev, “Fluorescence Polarization-Based Assay ing of Lysozyme with Chito-oligosaccharide Tracers.” *Biomolecules*, 14 (2024) 170. doi:10.3390/ biom14020170.

2. L.I. Mukhametova, D.O. Zherdev, S.A. Eremin, P.A. Levashov, H.-C. Siebert, Y.E. Tsvetkov, O.N. Yudina, V.B. Krylov, N.E. Nifantiev, “Application of the Chito-oligosaccharides and Fluorescence Polarization Technique for the Assay of Active Lysozyme in Hen Egg White”, *Biomolecules*,14 (2024) 1589; doi:10.3390/biom14121589.