

**Тезисы выступлений
участников конкурса
«Лучший молодой ученый
(аспирант)
ФИЦ КазНЦ РАН 2025»
(1 день)**



КОД БРИОФИТОВ: РАСШИФРОВКА МЕХАНИЗМОВ УСТОЙЧИВОСТИ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Мазина Анастасия Борисовна

E-mail: abmazina@gmail.com



Происходящие в настоящее время изменения климата и нерациональное использование пестицидов ведут к загрязнению почв и усилению стрессовой нагрузки на растения, что создает угрозу производству качественных продуктов питания. Следовательно, острой проблемой является поиск путей уменьшения негативных последствий действия на растения неблагоприятных факторов среды. В связи с этим, актуальным является расшифровка особенностей механизмов устойчивости эволюционно древних растений, сумевших адаптироваться и выжить в экстремальных природных условиях. Настоящая работа посвящена поиску молекулярных маркеров стрессового ответа бриофитов, в частности, мхов, которые являются древнейшими высшими несосудистыми растениями и представляют собой переходную форму от низшей флоры к высшей. Бриофиты обладают способностью выдерживать экстремально-неблагоприятные условия. В ходе исследования проведена идентификация генов стрессового ответа и анализ физиолого-биохимических процессов у мхов *Dicranum scoparium* и *Hylocomium splendens*. Были показаны специфические паттерны экспрессии при различных стрессовых воздействиях генов, кодирующих факторы транскрипции, белки системы репарации ДНК, антиоксидантной системы, а также белки, вовлеченные в аутофагию. Получены данные о механизмах стресс-индуцированной аутофагии, характеризующихся изменениями редокс-статуса и энергетического метаболизма. Установлены особенности функционирования фотосинтетического аппарата мхов с использованием параметров флуоресценции хлорофилла, выявлена роль каротиноидов в адаптации к абиотическому стрессу. Сделан вывод о том, что устойчивость мхов обеспечивается совокупностью уникальных и универсальных генетических, физиологических и биохимических процессов. Полученные данные важны для фундаментального понимания способов адаптации растений и сохранения продуктивности и биоразнообразия экосистем. Практическая значимость работы связана с возможностью использования полученных результатов для разработки подходов агробиотехнологии с целью повышения стрессовой устойчивости растений и производства качественных продуктов питания.

Главные публикации автора по теме работы:

Renkova, A.G., Koulintchenko, M.V., Mazina, A.B. et al. Genes of carotenoid biosynthesis pathway in the moss *Hylocomium splendens*: identification and differential expression during abiotic stresses. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 36, 83–96 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40626-024-00309-4>

Благодарности:

Автор выражает благодарность соавторам работ Онеде А., Лексину И.Ю., Ренковой А.Г., Бекетту Р., Минибаевой Ф.В.

МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛИГНИН- ДЕГРАДИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛАГАЮЩЕЙСЯ ДРЕВЕСИНЫ *TILIA CORDATA*

Исламов Бахтияр Рамилевич

E-mail: bah-islam80@mail.ru



Актуальность

Лигнин — ценный возобновляемый источник ароматических соединений. Бактериальные деструкторы лигнина обладают высоким метаболическим потенциалом, однако их разнообразие в поздних стадиях разложения древесины изучено недостаточно. Работа направлена на выделение и характеристику бактерий, деградирующих лигнин, из разлагающейся древесины *Tilia cordata*.

Практическая значимость

Выделенные штаммы могут служить основой для создания биокатализаторов и синтетических микробных консорциумов для переработки лигнинсодержащих отходов в ценные ароматические соединения, что имеет значение для зеленой биотехнологии и экономики замкнутого цикла.

Основные результаты

Метагеномный анализ образца древесины выявил высокое таксономическое разнообразие бактериального сообщества (индекс Шеннона 5,07). Методом накопительного культивирования выделено 16 штаммов, относящихся к родам *Bacillus Pseudomonas*, *Stenotrophomonas* и семейству *Enterobacteriaceae*. Все изоляты проявляли пероксидазную/лакказную активность (обеспечивали обесцвечивание метиленового синего). Методом динамического светорассеяния и ВЭЖХ установлены различные стратегии деполимеризации лигносульфоната: от полной минерализации до накопления промежуточных продуктов. Наиболее активный деструктор — *Raoultella terrigena* MGMM806 снижал размер частиц лигносульфоната до 1,23 нм. По профилю утилизации монолигнолов штаммы разделились на универсальных деструкторов (растут на 4+ субстратах) и узкоспециализированные формы.

Выводы

Впервые охарактеризован комплекс бактерий — деструкторов лигнина из древесины липы. Показано, что в сообществе реализуются различные метаболические стратегии, включая полную минерализацию и неполное превращение с накоплением интермедиатов. Выделенные штаммы представляют собой ценный генетический ресурс для биотехнологической переработки лигнина.

Главные публикации автора по теме работы:

Shulga, E. Y., Islamov, B. R., Sukhanov, A. Y., Frolov, M., Laikov, A. V., Trachtmann, N. V., & Validov, S. Z. (2026). Biotechnological Potential and Metabolic Diversity of Lignin-Degrading Bacteria from Decaying *Tilia cordata* Wood. *Microorganisms*, 14(2), 266.

Благодарности:

Елена Юрьевна Шульга, Суханов Артемий Юревич, Лайков Александр Владимирович, Валидов Шамиль Завдатович. Данное исследование было профинансировано в рамках государственного задания для Казанского научного центра ФИЦ РАН.

"ДЕРЖИ СЕБЯ В РУКАХ!": АУТОИНГИБИТОРЫ ВИРУЛЕНТНОСТИ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ *PECTOBACTERIUM ATROSEPTICUM*

Парфирова Ольга Игоревна

E-mail: parfirovaolga.i@gmail.com



Фитопатогенных пектобактерий традиционно считают возбудителями мягкой гнили растений, которая приводит к снижению урожайности широкого круга сельскохозяйственных культур. Однако взаимодействие между этими бактериями и их хозяевами не всегда носит паразитический характер. То, по какому сценарию будет развиваться патосистема, во многом определяется метаболитами патогена; однако у пектобактерий такие соединения почти не описаны. Поэтому выявление новых детерминант патогенности и выяснение принципов взаимодействия фитопатогена с растением может внести значительный вклад в понимание процессов развития мягких гнилей, что позволит разработать перспективную стратегию, направленную на сдерживание развития заболеваний растений и сохранения продуктивности культурных растений. В связи с этим, мы проводили поиск метаболитов патогена *Pectobacterium atrosepticum*, принимающих участие в растительно-микробном взаимодействии, и оценивали их роль в развитии патосистем.

При помощи транскриптомного анализа мы выяснили, что при колонизации растения-хозяина повышается уровень экспрессии генов пектобактерий, аннотированных как ферменты биосинтеза фосфонатов. Ранее у пектобактерий не были детектированы и описаны эти метаболиты. При помощи ^{31}P ЯМР-спектроскопии нами была показана способность пектобактерий продуцировать низкомолекулярные экстраклеточные фосфонаты. Методом масс-спектрометрии и ЯМР-спектроскопии было установлено, что пектобактерии синтезируют два фосфоната: 2-дизтоксифосфорилэтанамин и фенилфосфоновую кислоту. Обнаруженные соединения сдерживали проявление патогенного потенциала пектобактерий за счет снижения ферментативной активности бактериальных пектаттиаз, обеспечивающих разрушение растительных клеточных стенок.

Таким образом, исходя из полученных нами результатов, фосфонаты могут играть важную роль во взаимодействии пектобактерий и растений, выступая в качестве аутоингибиторов, сдерживающих развитие патологического процесса за счет подавления активности основных факторов вирулентности пектобактерий – пектаттиаз. В связи с этим, можно предположить, что продукция фосфонатов является одним из факторов, который может задерживать наступление симптоматичной стадии инфекции или даже полностью предотвращать ее.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Gorshkov, V. Transcriptome profiling helps to identify potential and true molecular switches of stealth to brute force behavior in *Pectobacterium atrosepticum* during systemic colonization of tobacco plants / V. Gorshkov, R. Gubaev, O. Petrova, A. Daminova, N. Gogoleva, M. Ageeva, **O. Parfirova**, M. Prokchorchik, Y. Nikolaichik, Y. Gogolev // European Journal of Plant Pathology. – 2018. – Vol.152. – P.957-976.
2. Gorshkov, V. Host plant physiological transformation and microbial population heterogeneity as important determinants of the Soft Rot *Pectobacteriaceae*–plant interactions / V. Gorshkov, **O. Parfirova** // Seminars in Cell & Developmental Biology. – 2023. – Vol.148. – P.33-41.
3. **Parfirova, O.** Phosphonates of *Pectobacterium atrosepticum*: discovery and role in plant–pathogen interactions / O. Parfirova, P. Mikshina, O. Petrova, A. Smolobochkin, A. Pashagin, A. Burirov, V. Gorshkov // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol.25. – N.21. – P.11516.

Благодарности:

к.б.н. Горшкову В.Ю. (КИББ), к.б.н. Петровой О.Е. (КИББ), к.б.н. Микшиной П.В. (КИББ), д.х.н. Смолобочкину А.В. (ИОФХ), к.х.н. Пашагину А.В. (КИББ)
Исследование поддержано грантом РФФ №19-14-00194

ФЕРМЕНТЫ CYP74 И БИОСИНТЕЗ ОКСИЛИПИНОВ: КАК ЭТО РАБОТАЕТ У МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Смирнова Елена Олеговна

E-mail: ye.o.smirnova@gmail.com



Оксилипины — это окисленные производные полиненасыщенных жирных кислот, играющие важную роль в формировании ответной реакции организмов на стрессовое воздействие. Одним из способов образования оксилипинов является липоксигеназный каскад. Основными его компонентами являются липоксигеназы (ЛОГ) и неканонические цитохромы P450 клана CYP74. В зависимости от типа активности ферменты клана CYP74 делятся на алленоксидсинтазы (АОС), гидропероксидлиазы (ГПЛ), дивинилэфирсинтазы (ДЭС) и эпоксиалкогольсинтазы (ЭАС).

При участии автора в ряде работ было показано широкое распространение ферментов клана CYP74 у морских организмов, в том числе и представителей Хордовых. Обнаружение ЭАС у ланцетника флоридского (*B. floridae*) стало важной вехой в исследовании ферментов клана CYP74. На данный момент у *B. floridae* описано две специфичные ЭАС. У вида *B. belcheri* описан фермент с двойной АОС/ЭАС активностью. Необычная картина наблюдалась у вида *B. lanceolatum*. Охарактеризованный фермент из него участвовал в образовании не только типичных для ферментов CYP74 продуктов, но и лейкотриен-подобных соединений и макролактона. Позднее данные соединения были обнаружены и у представителей царства растений. Анализ профиля оксилипинов *B. lanceolatum* подтвердил наличие в его тканях указанных оксилипинов. Кроме того, были получены мутантные формы охарактеризованных ферментов с мутацией в F/L toggle. Данные мутации не приводили к изменению типа каталитического действия, что может свидетельствовать о различиях в каталитически важных доменах у животных и растительных ферментов CYP74.

Кроме всего вышесказанного есть ещё ряд ферментов, которые изначально были отнесены к клану CYP74, например, фермент бурой водоросли *Ectocarpus siliculosus* CYP5164A3. Он участвовал в образовании ранее не описанных групп продуктов — эктокарпинов и являлся гидропероксидбициклазой. В последующем, однако, данный фермент был определён в другой клан ферментов. Понимание биосинтеза оксилипинов у водорослей и ланцетников может дать представление о стрессовых реакциях и системах химической защиты в морской среде.

Главные публикации автора по теме работы:

- 1) Smirnova, E. O., Lantsova, N. V., Hamberg, M., Toporkova, Y. Y., & Grechkin, A. N. (2024). The versatile CYP74 clan enzyme CYP440A19 from the European lancelet *Branchiostoma lanceolatum* biosynthesizes novel macrolactone, epoxydiene, and related oxylipins. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1869(6), 159507.
- 2) Toporkova, Y. Y., Smirnova, E. O., Belous, O. S., Iljina, T. M., Lantsova, N. V., Gorina, S. S., & Grechkin, A. N. (2025). Oxylipin Profiling in Selected Brown and Red Algae: Detection of Heterobicyclic Oxylipins, Plasmodiophorols and Ectocarpiins in Phaeophyceae. *Marine Drugs*, 24(1), 8.
- 3) Toporkova, Y. Y., Smirnova, E. O., Mukhtarova, L. S., & Grechkin, A. N. (2022). Lipoxygenase pathway in brown algae: The biosynthesis of novel oxylipins 'ectocarpiins' by hydroperoxide bicyclase CYP5164A3 of *Ectocarpus siliculosus*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1867(10), 159205.

Автор благодарит коллег из Лаборатории оксилипинов ФИЦ КазНЦ РАН, своего руководителя – Топоркову Яну Юрьевну и наставника – Горину Светлану Сергеевну, студентов – Окатову Анну, Новикову Полину, Гавриленко Егора, а также Российский научный фонд (проект № 23-14-00350).

ННС-ПИНЦЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НИКЕЛЯ И ПЛАТИНЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Михайлов Илья Константинович

E-mail: tiimhaylov@bk.ru



Гидросилилирование – важная химическая реакция, лежащая в основе получения кремнийорганических соединений. Такие материалы используются в самых разных областях: от медицины и электроники до строительства, благодаря своей прочности, устойчивости к химическим воздействиям и водоотталкивающим свойствам. Обычно для ускорения этой реакции применяют платиновые катализаторы, например катализатор Карстеда. Однако его высокая активность и нестабильность могут приводить к побочным процессам и затруднять контроль реакции.

В данной работе исследуются альтернативные катализаторы – так называемые пинцерные комплексы никеля и платины с N-гетероциклическими карбенами (ННС). Эти соединения позволяют тонко настраивать свойства катализатора за счёт изменения структуры лиганда. Показано, что никелевые комплексы при окислении претерпевают необычные превращения: образуются активные радикальные частицы, которые приводят к формированию соединений с бензоксазольным кольцом. Такие соединения представляют особый интерес, поскольку широко используются как компоненты органических светящихся материалов (например, в OLED-дисплеях), а также обладают потенциальной биологической активностью и могут применяться в разработке лекарственных средств. Платиновые комплексы, в отличие от никелевых, образуют более стабильные промежуточные формы и демонстрируют высокую эффективность в реакциях гидросилилирования. При этом установлено, что их активность можно дополнительно повысить за счёт контролируемого окисления. На основе полученных данных предложен механизм реакции, объясняющий, почему такие катализаторы работают эффективнее. Кроме того, показано, что разработанные системы могут использоваться для получения силиконовых материалов с регулируемыми свойствами, что важно для современных технологий.

Таким образом, предложенные комплексы открывают новые возможности не только для улучшения каталитических процессов, но и для синтеза востребованных материалов, включая соединения с бензоксазольным фрагментом, применяемые в электронике и медицине.

Главные публикации автора по теме работы:

1. **Mikhailov I.K.**, Gafurov Z.N., Kagilev A.A., Sakhapov I.F., Morozov V.I., Ganeev G.R., Khayarov K.R., Kulikova V.A., Kirkina V.A., Gutsul E.I., Shubina E.S., Belkova N.V., Sinyashin O.G., Yakhvarov D.G. Electrocatalytic Radical Degradation of 2-Aminoethanol by Nickel, Palladium and Platinum Complexes Bearing Non-Innocent Diarylamido/bis(Phosphine) Pincer Ligand // *Applied Magnetic Resonance*. 2024, 55, 323–1333.
2. Gafurov Z.N., **Mikhailov I.K.**, Kagilev A.A., Sakhapov I.F., Kanyukov A.O., Zueva E.M., Dobrynin A.B., Trifonov A.A., Yakhvarov D.G. Nickel(II) Complex with the Bis(phenolate) Pincer N-Heterocyclic Carbene Ligand: Synthesis, Structure, and Properties // *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2024, 50, 769–777.
3. Gafurov Z.N., **Mikhailov I.K.**, Kagilev A.A., Sakhapov I.F., Kanyukov A.O., Morozov V.I., Kulikov D.A., Zueva E.M., Dobrynin A.B., Trifonov A.A. Yakhvarov D.G., Electrochemical behavior of a nickel (II) complex with an N-heterocyclic carbene bisphenolate pincer ligand // *Russian Chemical Bulletin*. 2024, 73(11), 3259-3266.

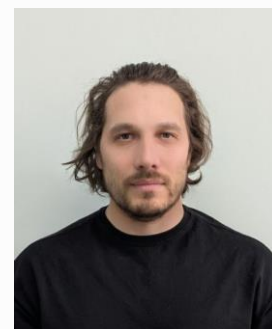
Благодарности:

Гафуров Зуфар Нафигуллович, Загидуллин Алмаз Анварович, Яхваров Дмитрий Григорьевич.
Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.

ДИЗАЙН МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОКРИСТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ АКЦЕПТОРОВ F₂TCNQ.

Ившин Камиль Анатольевич

E-mail: kamil.ivshin@yandex.ru



Развитие современной электроники и робототехники требует создания материалов, сочетающих полупроводниковые свойства с механической пластичностью и способностью к адаптивному отклику. Органические сокристаллы с переносом заряда открывают уникальные возможности для дизайна таких свойств, однако ключевой проблемой остается понимание того, как именно супрамолекулярная организация молекул определяет не только электронные характеристики, но и механическое поведение кристалла.

В представленном цикле работ на примере акцептора F₂TCNQ и ряда полициклических ароматических углеводородов и их метилпроизводных систематически изучена взаимосвязь между кристаллической упаковкой, супрамолекулярной организацией молекул и функциональными свойствами соединений. Установлено, что решающий вклад в формирование структуры вносят не только π···π взаимодействия, но и диполь-дипольные взаимодействия. Показано, что введение метильных заместителей в антрацен позволяет направленно изменять взаимное перекрытие молекул в стопках, достигая рекордно малых межплоскостных расстояний (3.3 Å) и формируя трехмерную сетку взаимодействий, критически важную для транспорта заряда. Полученные комплексы охарактеризованы как узкозонные полупроводники с шириной запрещенной зоны 0.7–1.3 эВ.

Обнаружен и впервые детально исследован обратимый мартенситный фазовый переход первого рода в сокристалле 9,10-диметилантрацен/F₂TCNQ. Продемонстрировано, что значительные структурные изменения могут протекать без разрушения монокристалла, приводя к уникальному сочетанию макроскопических эффектов: термосальентному поведению, памяти формы и самовосстановление при температурных циклах.

Практическая значимость работы заключается в создании фундаментальной базы для разработки мультифункциональных устройств — беспроводных актуаторов, самовосстанавливающихся проводящих интерфейсов для органической электроники и переключателей с управляемой проводимостью.

Таким образом, установлено, что баланс между жесткостью акцепторного каркаса и динамичностью донорной подрешетки позволяет совместить в одном материале характеристики полупроводника и механические свойства.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Ivshin, K. Martensitic Phase Transition and Stimuli Responsive Effects in Thermosalient Cocrystal of 9,10-Dimethylantracene with F₂TCNQ. / K. Ivshin, A. Fedonin, K. Metlushka, et al. // Mater. Chem. Front. – 2026 – V.10(1). – P.143–154.
2. Ivshin, K. A.; Substituent Controllable Assembly of Anthracene Donors and TCNQ Acceptors in Charge Transfer Cocrystals. / K.A. Ivshin, K. Metlushka, A. Fedonin, et.al. // Cryst. Growth Des. – 2023. – V.23(2). –P.954–964.
3. Kataeva, O. New Charge Transfer Cocrystals of F₂ TCNQ with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Acceptor–Acceptor Interactions and Their Contribution to Supramolecular Arrangement and Charge Transfer. / O. Kataeva, K. Ivshin, K. Metlushka, et.al. // Cryst. Growth Des. – 2022. –V.22(1). –P.751–762.

Благодарности:

Катаева О.Н., Метлушка К.Е, Федонин А.П., Будникова Ю.Г., Хризанфорова В.В, Никитина К.А., Файзуллин Р.Р., Захарычев Д.В., Киямов А.Г., Ласкин А.И., Камашев А.А., Гарифзянов Н.Н., Вандюков А.Е.
Работы выполнены при поддержке грантами РФФ № 21-13-00220 и № 25-73-20029

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КОМПЛЕКСОВ Cu(I) И Pt(II) КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АГЕНТЫ ДЛЯ БИМЕДИЦИНЫ

Файзуллин Булат Айварович

E-mail: stale23@mail.ru



Одним из активно развивающихся направлений современной биомедицины является создание многофункциональных наноматериалов, сочетающих терапевтические, диагностические, каталитические и/или адресные функции. Такой подход позволяет не только расширить области применения наноматериалов, но и создавать платформы с синергетическим действием. В рамках данного направления перспективным представляется разработка наносистем на основе люминесцентных комплексов переходных металлов, в частности, Cu(I) и Pt(II) , обеспечивающих сочетание функциональной активности со способностью к биовизуализации.

На основе люминесцентных комплексов Cu(I) и Pt(II) (Рис. 1) разработаны функциональные наноматериалы путем оптимизации их получения на молекулярном, супрамолекулярном и наноуровнях, что позволяет управлять физико-химическими свойствами наноплатформ, преодолевать ограниченную биодоступность комплексов и сохранять их активность. Так, для наноматериалов на основе комплексов Cu(I) достигнуты индексы селективности (SI) выше 6 по отношению к раковым клеткам (MCF-7), что свидетельствует о высоком потенциале направленного действия [1]. На основе люминесцентного комплекса Pt(II) разработаны две формы наноматериалов. Совместной инкапсуляцией Pt(II) комплекса и ионов меди в матрицу бычьего сывороточного альбумина достигнуто сочетание люминесцентных и редокс-активных функций в одной наноплатформе, что открывает перспективы их использования в качестве биомиметических катализаторов и сенсорных систем [2]. С использованием силикатных наночастиц разработаны нанокомпозиты, демонстрирующие рН-зависимое высвобождение комплекса в лизосомальных условиях, что обеспечивает специфичность действия в отношении опухолевых клеток по сравнению с молекулярным комплексом [3]. Полученные результаты вносят важный вклад в область исследования и разработки биоактивных препаратов на основе металлоорганических соединений.

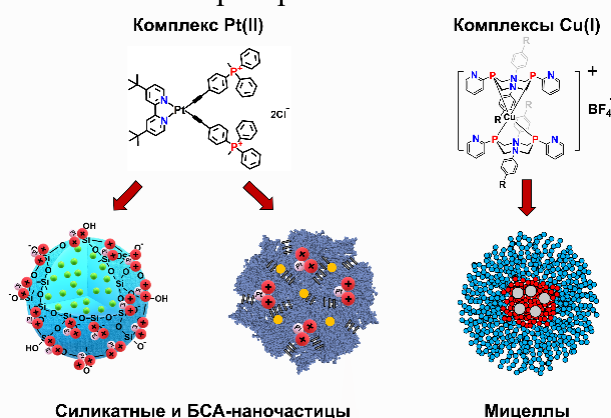


Рис. 1. Разработанные наноматериалы на основе комплексов Pt(II) и Cu(I) .

Главные публикации автора по теме работы:

- 1) Faizullin, B. A.; et al. *Inorg. Chem. Commun.* 2025, 174, 114038. (Q1, IF 5.4)
- 2) Faizullin, B. A.; et al. *Int. J. Biol. Macromol.* 2025, 321, 146540. (Q1, IF 8.5)
- 3) Faizullin, B. A.; et al. *J. Mol. Liq.* 2024, 399, 124381. (Q1, IF 5.2)

Благодарности:

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-13-00147, а также в рамках государственного задания (руководитель Карасик А.А.).

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАНАЛА С ГЕТЕРОГЕННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И РОЛЬ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ВТОРИЧНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Шакиров Радиф Рустямович

radiffshakirov@mail.ru



Повышение теплогидравлической эффективности теплообменного оборудования является ключевой задачей энергетики. Перспективным направлением является использование гетерогенных поверхностей, сочетающих участки с различной геометрией или свойствами. Такой подход позволяет управлять структурой потока и приводит к возникновению крупномасштабных самоорганизующихся вторичных течений. Однако влияние этих течений на теплообмен и гидравлическое сопротивление изучено недостаточно, а экспериментальные данные для таких конфигураций носят фрагментарный характер. Практически не исследованными остаются процессы теплообмена в подобных течениях.

В работе экспериментально зафиксировано существование устойчивых самоорганизующихся вторичных течений в канале с продольной гетерогенностью шероховатости. Показано, что на границе раздела гладкой и шероховатой полос формируются крупномасштабные вихревые структуры, которые обеспечивают поперечный перенос импульса и энергии из ядра потока к стенке. Предложенная конфигурация продемонстрировала высокую теплогидравлическую эффективность и может быть рекомендована в качестве основы для создания эффективных теплообменных поверхностей.

Главные публикации автора по теме работы:

- 1) Шакиров, Р.Р. Кинематическая структура течений и теплоотдача в плоских диффузорном и конфузорном каналах / Р.Р. Шакиров, И.А. Давлетшин, Н.И. Михеев // Теплофизика и аэромеханика. – 2022. – № 5. – С. 799–805.
- 2) Davletshin, I.A. Heat transfer and flow structure in a plane diverging channel / I.A. Davletshin, O.A. Dushina, N.I. Mikheev, R.R. Shakirov // Int. J. Heat Mass Transf. – 2022. – Т. 189. – С. 1–11.
- 3) Davletshin, I. Enhancement of transfer processes on a channel wall covered with regular small-size ribs / I. Davletshin, N. Dushin, N. Mikheev, R. Shakirov // International Journal of Thermal Sciences. – 2024. – Т. 204. – С. 1–10.

Благодарности:

Николаю Ивановичу Михееву, Давлетшину Иреку Абдулловичу и всем сотрудникам лаборатории ГиТ. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-19-00507-П.

АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ В МНОГОФАЗНЫХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

Зарипов Ринат Рамилевич

E-mail: rinat_zaripov.imm@mail.ru



Акустические волны в многофазных средах находят широкое применение во многих современных и перспективных производствах и технологиях. В связи с широким распространением потенциально опасных производств (гальванические цехи, теплотехнические установки), выбрасывающих в окружающее пространство аэрозоли (газ с мелкими каплями и частицами), пары воды, загрязненные различными примесями, весьма актуальными становятся проблемы экологии атмосферы и диагностики выбросов, в том числе акустическими методами. Примеси в виде капель и твердых частиц, содержащиеся в газе, вызывают затухание волн и существенное снижение скорости звука. Для полного описания происходящих процессов в этих смесях необходимо учитывать количество фракций, их полидисперсность, межфазное взаимодействие. В связи с этим необходимо хорошо знать физические механизмы рассматриваемых явлений, уметь их моделировать и предсказывать результат различных воздействий для улучшения методов диагностики.

В данной работе развита линейная теория распространения и затухания акустических волн (возмущений) в многофазных смесях газа с полидисперсными жидкими и твердыми включениями. Получено соотношение, описывающее распространение и затухание акустических волн в многофазных полидисперсных смесях. Показано, что в случае полидисперсной смеси воздуха с частицами алюминия разработанная теория удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными. Изучено влияние основных параметров смеси на характер дисперсии и диссипации волн в полидисперсных загрязненных туманах. Разработана математическая модель отражения акустических волн от границы многофазной среды. Выявлен ряд характерных эффектов, возникающих при отражении акустических волн от границы загрязненного тумана. Представленные результаты позволяют более точно описывать волновые процессы в сложных средах. Анализ показал, что при учете дополнительных фракций в смеси, которые отличаются не только теплофизическими свойствами, но и размерами включений, существенно меняются акустические свойства рассматриваемой смеси. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга и определения характеристик загрязненных туманов и облаков.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Gubaidullin D.A., Zaripov R.R. Interaction of Acoustic Waves with a Layer of Multifractional Polydispersed Vapor–Gas–Droplet Mixture with Account of Phase Transitions // Lobachevskii J. Math. 45, 2007-2014 (2024).
2. Gubaidullin D.A., Zaripov R.R. Acoustic Waves in a Mixture of Air with Polydisperse Aluminum Particles // High Temp. 62, 125–127 (2024).
3. Gubaidullin D.A., Zaripov R.R. Cylindrical and Spherical Waves in Multifractional Vapor–Gas–Droplet Mixtures with Polydisperse Inclusions // High Temp. 60, 492–496 (2022).

Благодарности: чл.-корр. РАН Губайдуллину Дамиру Анваровичу

СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ СОЗРЕВАНИЯ РИБОСОМЫ *S. AUREUS*

Гараева Наталия Сергеевна

E-mail: nataliagaraeva@gmail.com



Staphylococcus aureus является одним из наиболее распространённых бактериальных патогенов человека и демонстрирует высокую устойчивость к антибиотикам, значительная часть которых нацелена на рибосому. Рибосома, обеспечивающая синтез белка в клетке, рассматривается как ключевая мишень для разработки новых противомикробных препаратов, особенно с учётом механизмов устойчивости, связанных с модификацией её компонентов и изменением взаимодействия с антибиотиками. В последние годы становится очевидно, что уязвимыми точками лекарственного воздействия могут быть не только зрелые рибосомы, но и этапы их сборки и созревания, которые обеспечиваются специализированными белками-факторами созревания. Нарушение работы таких факторов приводит к накоплению незрелых рибосомных частиц и снижению эффективности трансляции, что делает их перспективными объектами фундаментальных и прикладных исследований

Особый интерес представляют белковые факторы, участвующие в поздних стадиях сборки малой рибосомной субчастицы и контролирующие созревание рРНК, а также факторы, переводящие рибосому в состояние функциональной гибернации в ответ на изменения энергетического состояния клетки. Эти белки стабилизируют ключевые структурные элементы рибосомы, направляют включение рибосомных белков, предотвращают формирование нефункциональных частиц и регулируют переход между активным и «спящим» состоянием рибосомы, что напрямую влияет на скорость роста и устойчивость патогена к стрессу и действию антибиотиков. Структурное изучение таких факторов в комплексе с рибосомой *S. aureus* и в свободном состоянии позволяет описать архитектуру поздних интермедиатов сборки и состояния гибернации, выделить критические для функции участки и сформировать основу для поиска малых молекул, нарушающих процессы созревания и регуляции активности рибосомы.

В ходе работы получены крио-ЭМ структуры рибосомы *S. aureus* в комплексе с факторами поздних стадий сборки, отражающие несколько последовательных стадий созревания малой субчастицы, а также структуры этих белковых факторов, полученные методами рентгеноструктурного анализа и спектроскопии ЯМР высокого разрешения. Эти результаты демонстрируют, как изменения в расположении факторов и элементах рРНК сопровождают переход от незрелых частиц к функциональной рибосоме и к состоянию гибернации, и обладают практической значимостью для разработки новых антибактериальных стратегий, направленных на нарушение сборки и временное «выключение» рибосомного аппарата *S. aureus*.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Garaeva N. et al. Structural aspects of RimP binding on small ribosomal subunit from *Staphylococcus aureus* // *Structure*. 2024. 32 (1): 74-82.
2. Garaeva N.S. et al. Backbone and side chain NMR assignments for RimP from *Staphylococcus aureus* // *Biomol. NMR Assign*. 2022. 16 (2): 373-377.
3. Gimaletdinova A.E. et al. Structural studies of the ATP-binding protein EttA from *Staphylococcus aureus* by SAXS // *Crystallogr. Rep.* 2026 (in press)

Благодарности: Ключкова Эвелина, Гималетдинова Алина, Усачев Константин Сергеевич

Исследование выполнено при поддержке Молодёжной лаборатории в рамках национального проекта «Наука и университеты» и №21-74-20034 Российского научного фонда

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СПИНОВЫХ КЛАПАНОВ

Камашев Андрей Андреевич

E-mail: kamandi@mail.ru



Современная микроэлектроника приближается к фундаментальным ограничениям по функциональности и миниатюризации устройств, что обуславливает необходимость поиска альтернативных подходов. Одним из перспективных направлений является сверхпроводящая спинтроника, основанная на управлении базовым свойством электрона – спине. Управление спином происходит существенно быстрее, чем зарядом электрона.

Актуальность работы определяется необходимостью создания энергоэффективных и высокоскоростных устройств нового поколения. В качестве базовых элементов таких систем рассматриваются сверхпроводящие спиновые клапаны (ССК), принцип действия которых основан на эффекте близости сверхпроводник/ферромагнетик и управлении критической температурой перехода в сверхпроводящее состояние.

В работе проведено экспериментальное исследование ССК на основе тонкопленочных гетероструктур с использованием сплавов Гейслера $\text{Co}_2\text{Cr}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Al}_y$, а также приведены результаты исследований для структур с управляемыми прозрачностями границ раздела сверхпроводник/ферромагнетик.

Основным результатом является достижение рекордной ширины рабочей температурной области ССК (~ 0.6 К), что значительно превышает ранее полученные значения, а также реализации ССК с управляемыми прозрачностями границы раздела сверхпроводник/ферромагнетик, что позволило достичь значительной эффективности ССК в малых внешних магнитных полях.

Практическая значимость работы заключается в разработке подходов к созданию эффективных элементов сверхпроводящей спинтронике, применимых в квантовых вычислениях и высокоскоростной электронике.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Expanding the operational temperature window of a superconducting spin valve, **Kamashov A.A.**, Garifyanov N.N., Validov A.A., Kataev V., Osin A.S., Fominov Ya.V., Garifullin I.A., Physical Review B. 2024. T. 109. № 14. С. 144517. DOI: 10.1103/physrevb.109.144517.
2. Superconducting spin valve effect in co/pb/co heterostructures with insulating interlayers, **Kamashov A.A.**, Garifyanov N.N., Validov A.A., Kataev V., Osin A.S., Fominov Ya.V., Garifullin I.A., Beilstein Journal of Nanotechnology. 2024. T. 15. С. 457-464. DOI: 10.3762/bjnano.15.41.
3. Superconducting spin valve effect in Fe/Si₃N₄/Pb/Si₃N₄/Fe heterostructures, **Kamashov A.A.**, Garifyanov N.N., Validov A.A., Osin A.S., Fominov Ya.V., Garifullin I.A. Physical Review B. 2025. T. 112. № 13. С. 134509, DOI: 10.1103/647c-6xj4.

**Тезисы выступлений
участников конкурса
«Лучший молодой ученый
(аспирант)
ФИЦ КазНЦ РАН 2025»
(2 день)**



ТИАЗОЛО[3,2-*a*]ПИРИМИДИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИНТОНЫ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО СИНТЕЗА НОВЫХ ДИСПИРОЦИКЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Габитова Элина Ринатовна

E-mail: elina81100@gmail.com



Разработка методов синтеза биологически активных гетероциклов — одна из ключевых задач современной органической химии. Особый интерес в этом контексте представляют производные тиазоло[3,2-*a*]пиримидина, способные к селективной функционализации благодаря экзоциклической двойной связи. Реакции [3+2]-циклоприсоединения с диполярными азометинидами позволяют получать на их основе сложные полициклические структуры с заданной стереохимией.

В настоящей работе проведены синтез, структурный анализ и изучение биологической активности новых 2-замещённых тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов, а также диспироциклических соединений, полученных на их основе (Рисунок 1). Установлено, что данные производные проявляют высокую активность в реакциях [3+2]-циклоприсоединения с азометинидами, генерируемыми *in situ*. Реакция протекает с высокой региоселективностью, приводя к образованию циклоаддуктов с контролируемой стереохимией.

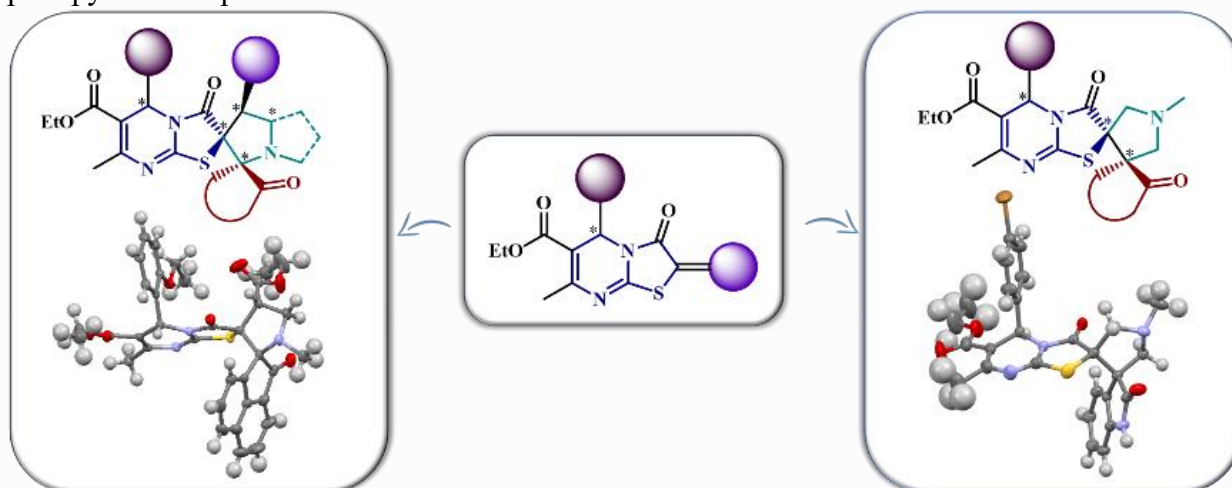


Рисунок 1. Получение и структура диспироциклических соединений на основе 2-замещённых тиазоло[3,2-*a*]пиримидинов.

Главные публикации автора по теме работы:

1. **Gabitova, E.R.** et. al. Synthesis, Self-Assembly in Crystalline Phase and Anti-Tumor Activity of 2-(2-/4-Hydroxybenzylidene)thiazolo[3,2-*a*]pyrimidines // *Molecules* **2022**, 27(22), 7747.
2. **Gabitova, E.R.** et. al. (2-Hydroxy-3-Methoxybenzylidene)thiazolo[3,2-*a*]pyrimidines: Synthesis, Self-Assembly in the Crystalline Phase and Cytotoxic Activity // *International Journal of Molecular Sciences* **2023**, **24**, 2084.
3. **Gabitova, E.R.** et. al. Influence of proton-donating (iso)vanillin fragment on crystal packing of 2-arylmethylidene derivatives of thiazolo[3,2-*a*]pyrimidines // *Journal of Molecular Structure* **2026**, 1349(1), 143568.

Благодарности: Автор выражает благодарность к.х.н., с.н.с. Агаркову А.С., м.н.с. Нефедовой А.А., м.н.с. Кожихову А.А., м.н.с. Мингажетдиновой Д.О., м.н.с. Маилян М.Г., м.н.с. Францужовой Л.В., д.х.н., профессору Литвинову И.А., к.б.н., с.н.с. Волошиной А.Д., д.х.н., доценту Соловьевой С.Е. и д.х.н., чл.-корр. РАН Антипину И.С. за плодотворное сотрудничество; Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 25-23-01056 (рук. Габитова Э.Р.).

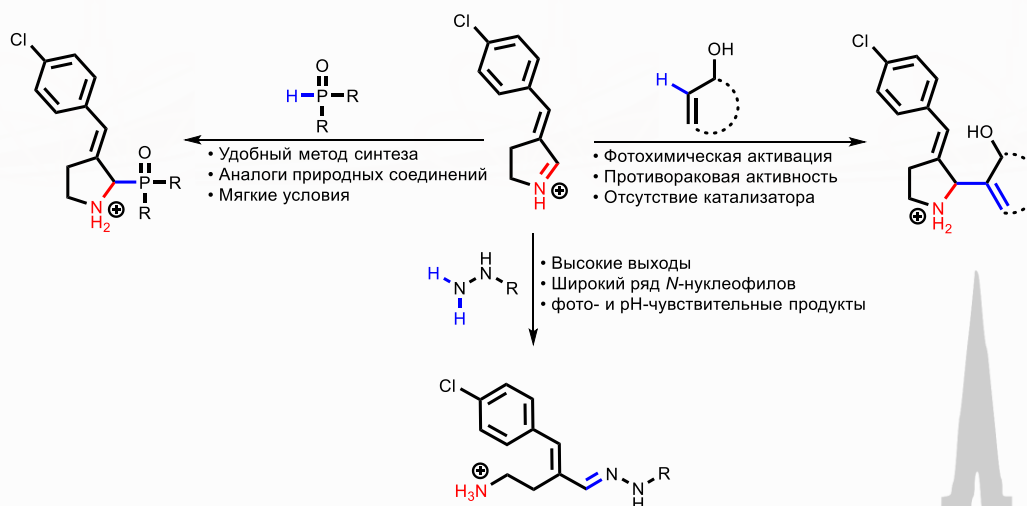
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ С–С-, С–Р- И С–N-СВЯЗЕЙ НА ОСНОВЕ ТРИФТОРАЦЕТАТОВ 3-АРИЛИДЕН-1-ПИРРОЛИНИЯ

E-mail: chem@sidlyaruk.ru



Циклические имины представляют собой перспективный класс соединений для органической химии. Их высокий потенциал обусловлен широким спектром превращений от процессов циклизации и циклоприсоединений до энантиоселективных реакций с получением новых циклических аминов. Полученные же продукты в большинстве своем обладают высокой противомикробной, противораковой активностью. Также стоит отметить удобство использования иминов в качестве прекурсоров для получения алкалоидов.

Химия трифторацетатов 3-арилиден-1-пирролиния на сегодняшний день остается мало изученной, поскольку данный класс соединений получен относительно недавно, а удобный и в граммовых количествах метод синтеза был разработан нашей научной группой в 2017 году. В данной работе было синтезировано более 100 новых соединений, на основе разнообразных реакций, в которых участвовали трифторацетаты 3-арилиден-1-пирролиния. Полученные же соединения обладают высокой противораковой активностью, что делает их перспективными для получения новых лекарственных препаратов. Также было показано, что полученные соединения способны к фото- и рН-зависимым превращениям. Нельзя не отметить, что в рамках работы были подробно изучены механизмы реакций, что безусловно важно для фундаментального знания в области органической химии.



Главные публикации автора по теме работы:

- Smolobochkin, A. Cyclic Imines and Their Salts as Universal Precursors in the Synthesis of Nitrogen-Containing Alkaloids / A. Smolobochkin*, A. Gazizov, N. Sidlyaruk, N. Akylbekov*, R. Zhapparbergenov, A. Burilov // *Int. J. Mol. Sci.* - 2024. - V.26, № 1. - P.288.
- Sidlyaruk, N. Acceleration of the Arbuzov-Type Reaction via Double Activation of Imine and H-Phosphonate / N. Sidlyaruk, A. Smolobochkin, A. Gazizov, T. Rizbayeva, D. Gerasimova, A. Garifzyanov, V. Shirokov, A. Burilov, M. Pudovik // *New J. Chem.* - 2026. - V.50, № 8. - P.3615–3627.
- Sidlyaruk, N. Synthesis, Photochemical Isomerization and reversible pH-Dependent Switching of α,β -Unsaturated Hydrazone Derivatives / N. Sidlyaruk, A. Smolobochkin, A. Gazizov, Gerasimova, V. Syakaev, A. Lyubina, A. Parfenov, A. Voloshina, A. Burilov, M. Pudovik // *Synthesis.* - 2026. - DOI: 10.1055/a-2818-2745

Благодарности:

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам лаборатории электрохимического синтеза, лаборатории физико-химического анализа, лаборатории радиоспектроскопии и лаборатории микробиологии ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ (ТИА)КАЛИКС[4]АРЕНОВЫХ ОСНОВАНИЙ ШИФФА.

Иова Ангелина Анатольевна

E-mail: aa.iova@mail.ru



Получение новых материалов, обладающих функциональными свойствами, настройку которых можно осуществлять на этапе синтеза, является актуальной задачей, решение которой открывает новые возможности для применения подобных материалов в области квантовой спинтроники, разработки новых люминесцентных материалов и катализа. В качестве материалов нового поколения могут выступать кристаллические органические или металлоорганические соединения, обладающие заданной структурой и свойствами.

Изучение люминесцентных свойств комплекса на основе катионов Tb(III) показало высокий квантовый выход люминесценции (около 90% при 100К), что позволит применять данное соединение в области сенсорных устройств, люминесцентных меток, в качестве датчиков.

Исследование полученного комплекса методом магнитометрии показало наличие у комплекса медленной магнитной релаксации при температуре ниже 10 К в отсутствие магнитного поля, что позволяет утверждать о наличии у него свойств молекулярного магнита. На магнитные свойства данного комплекса также потенциально можно влиять путем удаления молекулы воды из полости макроцикла, что позволит устанавливать связь структура-свойство.

Методом ^{57}Fe Мёссбауэровской спектроскопии было показано, что в полученных биядерных комплексах Fe(III) на основе 1,3-дизамещенных каликс[4]ареновых лигандов наблюдается новый тип независимого от температуры спинового перехода, индуцируемого адсорбцией и десорбцией молекул растворителей («гостя») из полости макроцикла, что позволяет в дальнейшем получать новые спин-переключаемые молекулярные системы, магнитные свойства которых можно контролировать, варьируя природу адсорбированных молекул-гостей, и таким образом конструировать новые сенсоры и датчики.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности настройки функциональных свойств ряда металлов путем рационального синтеза макроциклического лиганда.

Главные публикации автора по теме работы:

1. New mononuclear Dy(III) complex based on a calix[4]arene ligand with two appended salicylideneamine groups decorated with azophenyl fragments: synthesis, crystalline assembly and slow magnetic relaxation behavior. /Strelnikova I.V., Iova A.A., Ovsyannikov A.S., Islamov D.R., Litvinov I.A., Lazarenko V.A., Kulikova E.S., Bogomyakov A.S., Lin M., Kiiamov A.G., Solovieva S.E., Antipin I.S. // Dalton Trans., Vol. 54, №24, P. 9584-9593.
2. Interplay between conformational flexibility, intermolecular H-bonding and 3d-metal cations extraction ability in a series of (thia)calix[4]arene lower rim disubstituted Schiff base derivatives. /Strelnikova Yu. V., Ovsyannikov A.S., Gubaidullin A.T., Agarkov A.S., Kleshnina S.R., Iova A.A., Furer V.L., Vandyukov A., Solovieva S.E., Antipin I.S. // Phys. Chem. Chem. Phys., Vol. 27, №1, P. 206-217.
3. Synthesis and crystal structure of new heteroleptic mononuclear cobalt(III) complexes supported by 2,2'-bipyrimidine and lower-rim 1,3-disubstituted calix[4]arene derivatives with salicylideneamine moieties. /Strelnikova Yu. V., Iova A.A., Ovsyannikov A.S., Islamov D.R., Dorovatovskii P.V., Burirov V.A., Kiyamov A.G., Litvinov I.A., Solovieva S.E., Antipin I.S. // Journal of Structural Chemistry, Vol. 66, №8, 149732

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-73-10139-П.

ОТ СТРУКТУРЫ К ФУНКЦИИ: РАЗРАБОТКА ТАРГЕТНЫХ МАРГАНЕЦ-СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МРТ-КОНТРАСТИРОВАНИЯ

Бебякина Анастасия Павловна

apbebyakina@gmail.com; apbebyakina@iopc.ru



МР-томография с применением контрастных агентов (КА) позволяет различать аномальные ткани без использования разрушающего излучения. Применяемые в нашей стране коммерческие КА импортируются или изготавливаются по лицензии. Имея в составе молекулярные комплексы Gd^{3+} , такие препараты обладают низкой релаксационной эффективностью и неизбирательным накоплением, что вынуждает повышать дозировки гепато- и нефротоксикантов. Разработка новых отечественных КА, способных улучшать диагностику рака, является актуальной задачей.

Мы получили ряд КА различной морфологии на основе парамагнитных комплексов Mn^{2+} в составе наночастиц диоксида кремния с использованием метода микроэмульсии. Такие КА показали безопасность в дозах, необходимых для контраста, наилучший образец показал значения $r1(2)=55,1(67,5)мМ^{-1}с^{-1}$ при 0,47 Тл, что превосходит показатели коммерческих КА в 20 раз.

Таргетная доставка является широко используемым подходом в создании КА. Для формирования антираковой селективности мы разработали несколько методик функционализации молекулами фолиевой кислоты (ФК). ФК выбрана как наиболее перспективный таргетирующий агент, поскольку рецепторы ФК сверхэкспрессируются на мембранах широкого спектра раковых клеток. Чтобы подтвердить избирательность накопления был выбран метод люминесцентного анализа. Для этого сформировали люминесцентную (Ru^{2+}) функциональность КА, при этом сохранили эффективность $r1(2)=18,3(38,4)мМ^{-1}с^{-1}$ на уровне лучших литературных примеров.

Так, были получены эффективные КА с низкой цитотоксичностью, для которых сформирована избирательность *in vitro* по клеточным линиям SK-OV-3 и MCF-7. Разработанная бимодальная парамагнитно-люминесцентная функциональность позволяет проводить исследования как *ex vivo*, так и *in vivo*, а также проводить эффективный МРТ-скрининг.

Главные публикации автора по теме работы:

- [1] Bochkova O. Roles of ligand structure and synthetic methodology in surface loading of Mn^{2+} into silica nanoparticles for high contrast effect in MRI / Stepanov A., Bebyakina A., Kholin K., Nizameev I., Voloshina A., Parfenov A., Tarasov M., Budnikova Y., Abakumov M., Evtugyn V., Gubaidullin A., Khaybullin T., Bochkov M., Karalin E., Mustafina A // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2025. — V. 727. — P. 138232.
- [2] Bebyakina A.P. An Optimal Synthetic Strategy for Conjugating Folic Acid with Manganese-Doped Silica Nanoparticles to Enhance Their Colloidal Stability / Huang Z., Bochkova O.D., Stepanov A.S., Nizameev I.R., Kholin K.V., Zairov R.R., Zhou Y., Mustafina A.R. // Chemistry. — 2026. — V. 8, no. 2. — P. 21.
- [3] Bochkova O. Factors controlling the organ-specific T1 contrast effect of silica nanoparticles co-doped with both Mn^{2+} ions and oleate-coated iron oxides / Stepanov A., Bebyakina A., Smekalov D., Kholin K., Nizameev I., Romashchenko A., Zavjalov E., Lubina A., Voloshina A., Tyapkina O., Tarasov M., Sultanov T., Rummeli M., Salnikov V., Budnikova Y., Mustafina A. // Journal of Alloys and Compounds. — 2024. — V. 1008. — P. 176581.

Благодарю д.х.н. Мустафину А.Р., к.х.н. Бочкову О.Д., к.х.н. Заирова Р.Р. за консультации, неоценимый вклад в работу и поддержку. Так же коллег к.х.н. Степанов А.С., к.х.н. Холина К.В., к.х.н. Низамеева И.Р., к.б.н. Волошину А.Д. за помощь в проведении экспериментов, а так же студента Хайбуллина Т. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 22-13-00010, РФФ № 22-13-00010-П, Фонда поддержки молодых ученых им. Геннадия Комиссарова.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ «СТРУКТУРА — СВОЙСТВО» В ДИНАМИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ.

Федонин Антон Павлович
E-mail: anton.fedonin@mail.ru



Одной из ключевых задач современной кристаллографии и химии материалов является изучение зависимости «структура-свойство». Решение этой задачи открывает широкие возможности для создания функциональных материалов с тонкой настройкой под конкретные области применения: от молекулярной электроники до фармацевтики. Важными инструментами для решения поставленной задачи являются изучение природы нековалентных взаимодействий, изменения химической структуры и распределения электронной плотности.

Моя научная работа направлена на изучение сокристаллов. Теоретической базой при этом служит квантово-топологический анализ силовых полей, позволяющий исследовать природу нековалентных взаимодействий, перенос заряда и электронную структуру молекул. Среди исследованных сокристаллов особое внимание уделено комплексу с переносом заряда на основе 9,10-диметилантрацена и F₂TCNQ, который выступает ключевым объектом представляемой работы. При 14 °С в нем происходит обратимый мартенситный фазовый переход, обусловленный анизотропными изменениями кристаллической решетки (рис. 1). Структурная перестройка во время фазового перехода демонстрирует уникальный комплекс динамических свойств: термосалиентный эффект, эффект памяти формы и самовосстановление.

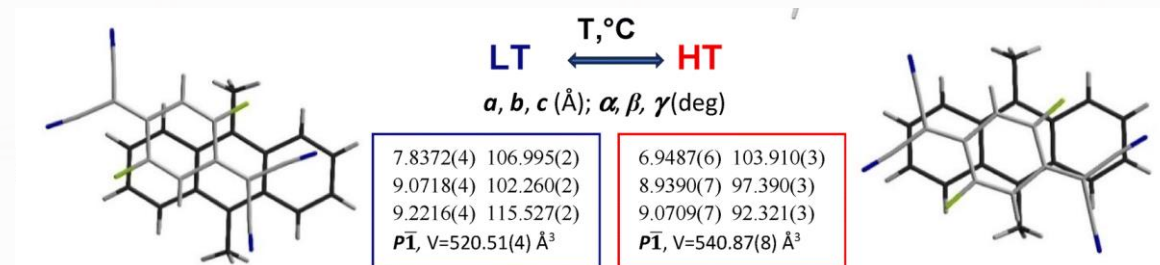


Рисунок 1. Демонстрация взаимной ориентации молекул донора и акцептора в разных фазах.

Возможность подобного перехода обусловлена несколькими факторами, ключевыми из которых являются нековалентные взаимодействия: направленные сильные парные N···H и F···H контакты в подсистеме «акцептор-акцептор», а также межплоскостные взаимодействия внутри стопок.

Главные публикации автора по теме работы:

- Ivshin, K. Martensitic Phase Transition and Stimuli Responsive Effects in Thermosalient Cocrystal of 9,10-Dimethylantracene with F₂TCNQ. / K. Ivshin, A. Fedonin, K. Metlushka, et al. // Mater. Chem. Front. – 2026 – V.10(1). – P.143–154.
- Ivshin, K. A.; Substituent Controllable Assembly of Anthracene Donors and TCNQ Acceptors in Charge Transfer Cocrystals. / K.A. Ivshin, K. Metlushka, A. Fedonin, et al. // Cryst. Growth Des. – 2023. – V.23(2). – P.954–964.
- Kartashov, S.V. Electronic Force Density Fields: Insights into Partial Bonds, Transition States, and Chemical Structure Evolution. / S.V. Kartashov, A.P. Fedonin, R.R. Fayzullin // J. Phys. Chem. A. – 2024. – V.128(35). – P. 7471–7488.

Благодарности:

Катаева О.Н., Ившин К.А., Метлушка К.Е., Будникова Ю.Г., Никитина К.А., Файзуллин Р.Р., Захарычев Д.В., Киямов А.Г., Ласкин А.И., Камашев А.А., Карташов С.В.
Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 25-73-20029

СКРИНИНГ ГЕНОФОНДА ОЗИМОЙ РЖИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗБУДИТЕЛЯМ СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ

Павлова Светлана Юрьевна

E-mail: swetlanapavlova00@mail.ru



В последние годы в агроклиматических условиях Среднего Поволжья наблюдается тенденция к увеличению высоты и продолжительности залегания снежного покрова относительно климатической нормы, что создает благоприятные условия для сохранения патогенной инфекции и активизации развития низкотемпературных грибов – возбудителей снежной плесени.

Данное заболевание, вызываемое несколькими группами грибов разной таксономической принадлежности и жизненной стратегии, представляет собой серьезную экономически значимую проблему, поскольку потери урожая достигают 30–50 %, а в эпифитотийные годы приводят к полной гибели посевов. Возбудители снежной плесени широко распространены по всему миру, но в средней полосе России они имеют особую вредоносность. В связи с этим актуальной задачей является поиск и вовлечение в селекционный процесс лучших образцов, устойчивых к возбудителям снежной плесени.

Эффективным инструментом ускорения селекционного процесса является создание искусственного инфекционного фона (ИИФ). Данный метод дает возможность проводить целенаправленный скрининг и отбор селекционного материала в контролируемых условиях, обеспечивая максимальное проявление патогенеза. Благодаря воспроизводимости результатов и возможности одновременного тестирования большого количества образцов, использование ИИФ позволяет сократить селекционный процесс на 3–5 лет.

По результатам полевых исследований, максимальный уровень развития снежной плесени на ИИФ был отмечен в 2024 году. Тестирование сортов озимой ржи показало значительную разницу между искусственным инфекционным фоном и естественными условиями. В инфекционном питомнике наблюдалось крайне сильное развитие болезни с максимальным поражением сортов (8,2–8,9 баллов по 9-балльной шкале), в то время как в естественных условиях средний показатель составил 4,7 баллов. В 2025 году развитие патогена было менее агрессивным: средний балл поражения снежной плесенью составлял 6,2 балла на ИИФ и 2,9 – на естественном фоне, что, вероятно, обусловлено ранним сходом снега и неблагоприятными условиями для патогенеза.

В ходе работы проведена сравнительная оценка 60 сортов генетической коллекции озимой ржи по устойчивости к поражению снежной плесени. В результате двухлетнего скрининга выявлены источники устойчивости к разным возбудителям заболевания, которые рекомендованы для дальнейшей практической селекционной работы.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Оптимизация методов оценки озимой ржи на устойчивость к снежной плесени в условиях естественных и искусственных инфекционных фонов. М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, Г.С. Маннапова, С.Ю. Павлова, И.О. Иванова. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26, № 3. С. 564–576. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.564-576> (перечень ВАК, K1)
2. Дифференциация генетических ресурсов озимой тритикале по устойчивости к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale* (fr.) Samuels and i.c. Hallett). Пономарева М.Л., Гараева Н.Ш., Пономарев С.Н., Павлова С.Ю., Иванова И.О. Аграрная наука. 2025. № 1. С. 106–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-106-113> (перечень ВАК, K2)

Благодарности:

- Научному руководителю: д.б.н., профессору Пономаревой Мире Леонидовне
- Сотрудникам Лаборатории селекции озимой ржи и тритикале ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН
- Сотрудникам Лаборатории инфекционных заболеваний растений ФИЦ КазНЦ РАН

Работа выполняется в рамках гранта:

Грант РФФИ № 24-16-00183 по теме: «Совершенствование устойчивости российского генофонда озимой ржи к экономически значимым болезням (снежная плесень и фузариоз колоса) на основе фенотипического и молекулярно-генетического профилирования». 2024–2026 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЛКА ETTA ИЗ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* МЕТОДОМ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЙЯНИЯ

Гималетдинова Алина Эльфиковна

E-mail: gimaletdinova_2001@



Золотистый стафилококк является крайне распространенной бактерией, способной вызывать гнойно-воспалительные процессы во всех органах человеческого организма. Ключевая особенность данной бактерии заключается в ее способности за кратчайшие сроки обретать устойчивость к широкому ряду клинически важных антибиотиков. Наиболее эффективным методом борьбы с подобными бактериями являются белок-нацеленные антибиотики. Подобным белком может послужить энергозависимый фактор трансляции EttA.

Было показано, что EttA защищает рибосому в стрессовых условиях, переводя ее в состоянии гибернации в зависимости от соотношения АТФ и АДФ в клетке. В состоянии гибернации патоген сокращает энергозатраты и становится менее восприимчив к воздействию таких стрессовых факторов, как антибиотики. Поэтому изучение структурных характеристик белка EttA из золотистого стафилококка является актуальной задачей на сегодняшний день.

Данный белок был клонирован в плазмиду и далее экспрессирован в штамме BL21. Очистку белка проводили методами металл-хелатной аффинной и эксклюзионной хроматографии. В процессе очистки было предположено, что белок находится в растворе в димерной и мономерной форме. Методами статического и динамического рассеяния света было определено, что димеризация белка EttA зависит от его концентрации в растворе. Методами малоуглового рентгеновского рассеяния были определены структурные характеристики белка EttA, которые подтверждают, что белок находится в растворе в виде димера. Полученная карта электронной плотности образца также подтверждает димеризацию EttA и демонстрирует отличия от модели, предсказанной в программном обеспечении AlphaFold.

Главные публикации автора по теме работы:

1. A. E. Gimaletdinova, E. S. Kuchaev, V. E. Gonialin, P. V. Egorova, S. A. Ryabov, M. S. Glazyrin, N. S. Garaeva, D. D. Kuklina, Yu. L. Ryzhykau, M. M. Yusupov, and K. S. Usachev \ Structural Studies of the ATP-Binding Protein EttA from the Pathogenic Bacterium Staphylococcus aureus by Small-angle X-ray Scattering \ ISSN 1063-7745, Crystallography Reports, 2025, Vol. 70, No. 7, pp. 1137–1144., 2025.DOI: 10.1134/S1063774525600632
2. Гималетдинова А.Э., Гараева Н.С., Рябов С.А., Усачев К.С., Установление структурных характеристик белка EttA из золотистого стафилококка методом малоуглового рентгеновского рассеяния \ II Всероссийская молодежная школа по химической термодинамике, страница 151, ISBN 978-5-6054450-0-5, Подписано в печать 04.08.2025 г.

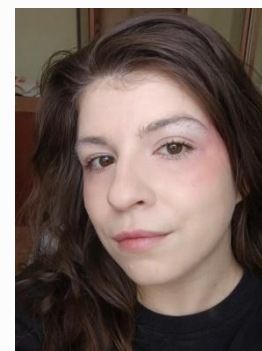
Благодарности:

Гараева Наталья Сергеевна, Рябов Сергей Анатольевич, Усачев Константин Сергеевич. Исследование выполнено в рамках соглашения № 075-15-2024-630 о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидии в целях реализации научного проекта под руководством привлекаемого ведущего ученого.

ГАМК В РЕГУЛЯЦИИ МЕХАНИЗМОВ МИОГЕНЕЗА МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Токмакова Анна Романовна

E-mail: annna.tok@gmail.com



Исследование механизмов модуляции миогенеза важно не только для фундаментальной науки, но и для разработки методов лечения целого ряда заболеваний (мышечная атрофия, саркопения, травмы различного генеза и т.д.). Недавно было установлено, что гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), являющаяся основным тормозным нейромедиатором в ЦНС, увеличивает пролиферацию культуры мышечных клеток C2C12 (Uehara et al., 2022). При этом возникает вопрос - оказывает ли ГАМК аналогичное влияние на не иммортализованную (первичную) культуру клеток млекопитающих? И если да, то как это проявляется и каковы возможные механизмы? Поиск ответов на эти вопросы и стало целью нашего исследования.

При оценке влияния ГАМК в диапазоне концентраций от 0,1 нМ до 10 мМ было установлено, что начиная со 100 мкМ ГАМК угнетала как процесс деления миоцитов так и процесс слияния в миотрубки. В тоже время, в микромолярной концентрации наблюдалось стимулирующее воздействие аминокислоты на процесс деления миоцитов. Жизнеспособность клеток (по данным МТТ теста) не снижалась во всем диапазоне концентраций.

Экстраклеточная ГАМК может оказывать свое влияние через рецепторы и/или транспортеры. Иммуноцитохимически нами были обнаружены ГАМК_A рецепторы только на миотрубках. Аппликация блокатора этих рецепторов габазина не повлияло на процесс деления, в то время как на фоне блокатора ГАМК продолжала оказывать свое угнетающее действие. Второй возможной мишенью для ГАМК являются ГАМК-транспортеры, которые были выявлены в культуре иммуноцитохимически. Воздействие блокатора ГАМК-транспортеров нипекотиновой кислоты угнетающе повлияло на процесс деления миоцитов. Совместное воздействие ГАМК и нипекотиновой кислоты оказало подобный эффект. Следовательно, влияние ГАМК реализуется через транспортеры, а не через рецепторы.

Таким образом, ГАМК оказывает разнонаправленное влияние на пролиферацию первичной культуры миоцитов: низкая концентрация усиливает пролиферацию, тогда как высокая концентрация угнетает этот процесс. ГАМК в высоких концентрациях (>100 мкМ) подавляет образование миотрубок при участии трансмембранных транспортеров ГАМК.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Differentiation of myoblasts in culture: focus on serum and GABA // G. Sibgatullina, K. Gilizhdinova, A. Tokmakova, A. Malomouzh // Cells Tissues Organs – 2024. – DOI 10.1159/000529839.
2. Исследование механизма угнетающего действия ГАМК на процесс образования миотрубок в культуре / А. Р. Токмакова, Г. В. Сибгатуллина, К. Р. Гилизждинова, А. И. Маломуж // Рецепторы и внутриклеточная сигнализация: сборник статей, Пущино, 22–26 мая 2023 года. – Пущино: Федеральное государственное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр "Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук", 2023. – С. 249-253. – EDN DUIHNX.
3. Глутамат и его производные в регуляции периферической холинергической нейротрансмиссии / Н. С. Федоров, Е. С. Невский, А. Р. Токмакова, А. И. Маломуж // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2025. – Т. 111, № 4. – С. 559-580. – DOI 10.31857/S0869813925040018. – EDN UFOAVU.

Благодарности:

Сибгатуллиной Гузель Валерьевне, Маломуж Артему Ивановичу, Парфиновой Ольге Игоревне
Работа поддержана грантом РФФ № 25-24-00201

ФАКТОРЫ ТРАНСКРИПЦИИ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ КОЛЛЕНХИМЫ СЕЛЬДЕРЕЯ

Сырчина Наталья Георгиевна

E-mail: ngsyrchina@gmail.com



Растительное сырье – важный возобновляемый ресурс, основу которого составляют клеточные стенки растений; среди их компонентов наибольшее значение для промышленности имеют целлюлоза и пектины. Ткани растений характеризуются неоднородной структурой и составом клеточных стенок, однако все растительные клетки формируют первичную клеточную стенку (ПКС). Там, где требуется дополнительная прочность, клетки откладывают слои вторичной стенки (ВКС), а клетки волокон способны формировать также третичную стенку (ТКС). Все эти типы отличаются составом, структурой и свойствами. Генно-инженерные подходы, направленные на изменение свойств растительного сырья посредством воздействия на биосинтез и модификацию клеточных стенок, широко применяются в отношении ВКС, составляющих основную массу древесины. Ключевая проблема сырья, обогащенного ВКС, – лигнин, делающий его переработку трудоемкой и дорогостоящей. ТКС, несмотря на высокое содержание целлюлозы и отсутствие лигнина, используются ограниченно из-за трудностей получения сырья в достаточных объемах. ПКС богаты целлюлозой, пектинами и гемицеллюлозами и не содержат лигнина, однако регуляция их формирования остается практически неизученной.

Целью работы является выявление молекулярных механизмов регуляции формирования утолщенных ПКС. Центральную роль в этих процессах играют факторы транскрипции – белки, регулирующие экспрессию генов синтезатов компонентов клеточной стенки. В качестве модельной системы выбрана колленхима черешка сельдерея – ткань с утолщенными, но нелигнифицированными ПКС. Сравнительный анализ тканей черешка сельдерея с различными типами клеточных стенок позволил выявить ряд факторов транскрипции, специфичных для формирования стенок колленхимы; в частности, показано, что ряд генов *ERF* (*AgrERF001b*, *AgrERF002b*, *AgrERF041b* и *AgrERF079*) коэкспрессируется с генами, продукты которых связаны с формированием ПКС. Дальнейшие исследования направлены на выявление факторов транскрипции из других белковых семейств и экспериментальную валидацию их функций. Практическая значимость работы связана с возможностью направленного изменения состава растительного сырья, что создает основу для разработки биотехнологических подходов и получения культур с улучшенными характеристиками для переработки.

Главные публикации автора по теме работы:

- Syrchina N, Mikshina P, Mokshina N. Ethylene response factors as potential regulators of cell wall formation in celery (*Apium graveolens* L.) collenchyma: phylogeny and gene expression analysis // *Protoplasma*. – 2025. – Vol. 262. – №. 4. – P. 915-934. doi: 10.1007/s00709-025-02042-4
- Mokshina N, Syrchina N. "Shadow government": how transcription factors regulate plant cell wall formation // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2025. – P. 110589. doi: 0.1016/j.plaphy.2025.110589
- Mokshina N, Syrchina N, Gorshkova T. Master-switches of Secondary Cell Wall Formation in Flax (*Linum usitatissimum* L.) // *Doklady Biochemistry and Biophysics*. – 2025. – Vol. 525. – №. 2. – P. 605-612. doi: 10.1134/S1607672925601295

Благодарности: автор выражает искреннюю благодарность научной руководительнице, Мокшиной Наталье Евгеньевне, за профессиональную и дружескую поддержку и вдохновение на новые свершения.

БЕЛКИ SVX ПЕКТОБАКТЕРИЙ И ДИКЕЙ – НЕДОСТАЮЩИЙ ПАЗЛ В МЕХАНИЗМАХ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫХ ПАТОСИСТЕМ



Тендюк Наталья Владимировна

E-mail: natalya.tendyuk@mail.ru

Бактерии родов *Pectobacterium* и *Dickeya* являются возбудителями опасных заболеваний растений, которые способны наносить значительный экономический ущерб сельскому хозяйству, уничтожая до 50% урожая. Существующие методы борьбы с данными паразитами не решают имеющуюся проблему, поэтому изучение фундаментальных основ формирования растительно-микробных патосистем, необходимое для поиска альтернативных способов сдерживания фитопатогенных микроорганизмов, имеет не только фундаментальную, но и практическую значимость. Известно, что для колонизации организма растения-хозяина пектобактерии и дикей синтезируют белки Svх, однако их функции в патогенезе оставались неизвестными. В связи с этим целью нашего исследования было провести структурно-функциональную характеристику белков Svх фитопатогенных бактерий *Pectobacterium atrosepticum* и *Dickeya solani* и установить роль этих белков в развитии инфекционных процессов у растений-хозяев.

На основе *in silico* анализа нами было выдвинуто предположение, что белки Svх пектобактерий и дикей являются цинк-зависимыми металлопротеазами, образованными двумя доменами протеазными и арабинан-связывающими. С помощью докинга было показано, что предполагаемые Svх-протеазы вероятно способны разрушать арабинан-богатые O-гликозилированные белки, например, структурные гликопротеины растительной клеточной стенки экстенсины. В условиях *in vitro* было установлено, что белки Svх действительно обладают цинк-зависимой протеазной активностью и за счет наличия арабинан-связывающего домена способны специфически разрушать экстенсины. В результате инфильтрации белков Svх в листья растений табака было показано, что данные протеазы путем деградации экстенсинов не только снижают прочность растительной клеточной стенки (главного защитного барьера на пути проникновения патогена в растение), но и индуцируют в растении этилен-опосредуемые реакции, которые, как известно, способствуют развитию инфекций, опосредуемых пектолитическими бактериями.

Таким образом, результаты данной работы позволяют дополнить имеющиеся знания о молекулярных механизмах взаимодействия бактерий и растений в рамках системы «паразит-хозяин». Полученные данные в будущем могут послужить основой для разработки новых методов борьбы с бактериозами растений.

Главные публикации автора по теме работы:

1. **Tendiuk, N.** Structure-Functional Characteristics of the Svх Protein—The Virulence Factor of the Phytopathogenic Bacterium *Pectobacterium atrosepticum* [Text] / N. Tendiuk, T. Konnova, O. Petrova, E. Osipova, T. Mukhametzyanov, O. Makshakova, & V. Gorshkov // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – V. 23. –P.6914. **Impact Factor 5.6**
2. **Tendiuk, N.** Svх Peptidases of Phytopathogenic Pectolytic Bacteria: Structural, Catalytic and Phytoimmune Properties [Text] / N. Tendiuk, A. Diakonova, O. Petrova, T. Mukhametzyanov, O. Makshakova, & V. Gorshkov // *Int. J. Mol. Sci.* – 2024. – V. 25. –P.756. **Impact Factor 5.6**

Благодарности:

Выражаю благодарность сотрудникам ФИЦ КазНЦ РАН Васильеву Р.В., Дьяконовой А.А., Петровой О.Е., Макшаковой О.Н., Конновой Т.А. и Горшкову В.Ю. за помощь в выполнении научной работы. Данное исследование было выполнено в рамках госзадания FMEG-2024-0013 и гранта РФФ № 19-14-00194 и было отмечено в рамках конкурса на получение стипендии Президента РФ для аспирантов и адъюнктов.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ «РАДИКАЛОВ» И ПАРОВ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ПРОТЕКАНИЯ РАЗРЯДА

Буянов Владислав Юрьевич

E-mail: Ahumellihuk5871@gmail.com



Актуальность исследования обусловлена широким применением плазменных технологий в промышленности, микроэлектронике и энергетике. Объектом нашего исследования является разряд с жидкими электродами, когда один электрод частично или полностью погружен в раствор, а второй остается в газовой фазе. В этом случае моделирование разряда осложняется процессом выхода «радикалов» и паров электролита. Одним из путей выхода может быть электролиз раствора. Для точного расчета функции распределения необходимо знать концентрацию паров и «радикалов». Для этого были изучены процессы, протекающие в щелочных электролитах, была поставлена математическая модель и разработан алгоритм ее решения и написана программа для ЭВМ. Для дальнейшего учета влияния паров и «радикалов» воды реализован метод расчета функции распределения электронов по энергиям, описывающий их кинетику с учетом вероятностного характера столкновений. Движение частиц рассчитывается с использованием дискретных шагов по времени, а столкновения моделируются на основе случайных величин, соответствующих физическим сечениям взаимодействия. Программа реализуется на языке C# и на данный момент позволяет отслеживать траектории электронов в виде последовательности точек, а также анализировать распределения направлений и скорость движения.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанного подхода для исследования плазменных процессов, оптимизации параметров разрядов, а так же обучения студентов основам численного моделирования. Полученные результаты демонстрируют корректное воспроизведение статистических характеристик движения электронов и могут служить основой для дальнейших исследований.

Главные публикации автора по теме работы: Асхатов Р.М., Буянов В.Ю., Кудрявый А.Д., Хафизова А.Д., Чебакова В.Ю., Чебакова Е.В. Программа для определения пространственных характеристик в щелочных электролитах при электролизе// Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025619226, 14.04.2025. Заявка № 2025618007 от 10.04.2025

Благодарности: Выражаю благодарности своему научному руководителю доктору технических наук, профессору Кашапову Наилю Фаиковичу.

МАГНИТНЫЙ МЕМРИСТОР НА ОСНОВЕ РУТИЛА (TiO_2), СОДЕРЖАЩЕГО ИМПЛАНТИРОВАННУЮ ПРИМЕСЬ КОБАЛЬТА

Бегишев Евгений Михайлович

E-mail: begishev.evg@gmail.com



Мемристоры считаются перспективными наноэлектронными компонентами для энергонезависимой памяти следующего поколения. Нестехиометрический рутил (TiO_{2-x}) проявляет мемристивный эффект, обусловленный миграцией кислородных вакансий под действием приложенного электрического поля. Кроме того, кислородные вакансии могут выступать в роли посредников в установлении дальнего ферромагнитного порядка в оксидных полупроводниках, легированных магнитными 3d-ионами, таких как Co:TiO_{2-x} . В данной работе было впервые предложено объединить мемристивные и ферромагнитные свойства Co:TiO_{2-x} для создания принципиально новой ячейки энергонезависимой памяти – магнитного мемристора для наноэлектронных и спинтронных применений.

Монокристаллы рутила (001) были имплантированы ионами Co^+ или Ag^+ с энергией 40 кэВ и дозой $(0,3-1,5) \times 10^{17}$ ион/см² при температуре подложки 900 К. Методами электронно-лучевой литографии и ионно-лучевого осаждения золотых контактов на образцах были сформированы ячейки памяти (100–800 мкм) с полосовой или крестообразной формой.

Характеризацию образцов проводили методами оптической микроскопии, вибрационной магнитометрии и магнитооптического эффекта Керра (МОЭК) при комнатной температуре. Мониторинг миграции кислородных вакансий в литографической ячейке образца рутила, облученного ионами аргона, с помощью оптического микроскопа в режиме реального времени дал возможность определить их среднюю скорость дрейфа (~ 1 мкм/с) в приложенном электрическом поле ~ 100 В/см. Методами вибрационной магнитометрии и МОЭК была показана сильная зависимость намагниченности рутила, имплантированного ионами кобальта, от концентрации кислородных вакансий. После электромиграции вакансий в ячейках Co:TiO_{2-x} сигнал МОЭК в обогащенных вакансиями областях возрастал в 2–3 раза, а в обедненных – падал почти до нуля.

В данной работе впервые была продемонстрирована возможность записи битов информации путем приложения импульсов электрического напряжения в литографических ячейках и считывания информации путем регистрации их магнитооптического отклика.

Главные публикации автора по теме работы:

- Бегишев Е.М. и др.: Изв. РАН сер. физ., Т. 87, С. 450 (2023). DOI: 10.31857/S036767652270082X.
- Begishev E. M., et al.: Bull. Russ. Acad. Sci. Phys., Vol. 88, P. 2034 (2024). DOI: 10.1134/s106287382470864x.
- Базаров В.В. и др.: Письма в ЖТФ, Т. 51, С. 16 (2025). DOI: 10.61011/PJTF.2025.08.60157.20155.

Благодарности: Автор благодарит своего научного руководителя к.ф.-м.н. Хайбуллина Р.И. за предоставление за научное руководство, дискуссию и обсуждение полученных результатов; к.ф.-м.н. Лядова Н.М. за изготовление опытных литографических ячеек памяти методами электронной литографии; к.ф.-м.н. Базарова В.В. за помощь в проведении экспериментов по электромиграции кислородных вакансий; д.ф.-м.н. Файзрахманова И.А. за напыление золотых контактов методом ионно-лучевого распыления; к.ф.-м.н. Гумарова Г.Г. за предоставление возможности проведения измерений МОЭК; Гумарова А.И. за формирование проволочных соединений между образцом и разводящей платой методом ультразвуковой сварки.

МАГНИТНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Железнякова Диана Евгеньевна

E-mail: zhdia123@gmail.com



Железосодержащие высокотемпературные сверхпроводники (в частности, арсениды железа) представляют собой уникальный класс материалов, для которых природа связующего взаимодействия, обеспечивающего спаривание электронов, остаётся неясной. В отличие от классических низкотемпературных сверхпроводников, в которых спаривание электронов описывается механизмом БКШ с участием электрон-фононного взаимодействия, для железосодержащих систем этот механизм не обеспечивает достаточно прочную связь между электронами, которая дала бы такую высокую критическую температуру.

Одним из наиболее вероятных кандидатов на роль связующего взаимодействия в этих материалах считаются магнитные корреляции с АФМ параметром порядка. При этом особый интерес представляют критические флуктуации, способные выступать в роли «спаривающего клея». Они проявляются вблизи температурных областей магнитного упорядочения, определяя характер рассеивания и спаривания свободных электронов.

Исследование механизмов рассеяния носителей тока в арсенидах железа является ключом к пониманию природы сверхпроводящего состояния, поскольку именно эти механизмы могут обеспечивать спаривание при температуре ниже критической. Поэтому необходимо комплексное изучение транспортных свойств, чувствительных к различным типам возбуждений в системе. В данном контексте особую роль играет сочетание измерений магнитных и проводящих свойств.

В данной работе представлены результаты транспортных и магнитных измерений монокристаллов арсенидов железа. Были исследованы как исходные соединения, на основе которых создаются сверхпроводники, так и непосредственно магнитные сверхпроводники. Предложенные механизмы влияния магнитных флуктуаций на транспортные свойства исследуемых соединений позволяют приблизиться к определению природы связующего взаимодействия, ответственного за формирование сверхпроводящего состояния.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Talanov Yu.I., Gimazov I.I., Zhelezniakova D.E. Impact of spin correlations on resistivity and microwave absorption of $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ // *Magnetic Resonance in Solids*. – 2024. – Vol. 26, – 24110.
2. I. I. Gimazov, D. E. Zhelezniakova, R. B. Zaripov, Yu. I. Talanov, A. Yu. Levakhova, A. V. Sadakov, K. S. Pervakov, V. A. Vlasenko, A. L. Vasiliev, V. M. Pudalov. Ferromagnetic resonance in an antiferromagnetic crystal EuSn_2As_2 [submitted to *Phys. Rev. B*]

Благодарности:

Выражаю благодарность научному руководителю Ю.И. Таланову за неоценимую помощь и поддержку, коллегам из КФТИ им. Е.К. Завойского И.И. Гимазову и Р.Б. Зарипову за содействие в проведении высокочастотных измерений, а также коллегам из Центра им. Гинзбурга (ФИАН) за синтез исследуемых соединений и их качественную характеристику.

СТРУКТУРА ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА И АНАЛИЗ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ОТРЫВНЫЕ ЗОНЫ В КАНАЛАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Пашкова Наталья Дмитриевна

E-mail: pashkova-2000@mail.ru



Закрученные течения широко распространены как в технике, так и в природе. Закрутка существенно изменяет характер течения в каналах, в том числе влияя на размеры и форму отрывных зон. Цель работы — экспериментальное изучение структуры закрученного потока и его влияния на области отрыва в каналах с внезапным расширением или разветвлением (классические случаи отрыва потока). Исследование выполнено при числах Рейнольдса $Re = 240–1640$, что позволяет применить результаты для микроканальных теплообменников и сердечно-сосудистой системы.

Закрутка создавалась завихрителем с углом лопаток 23° . Установлено, что за ним в диапазоне $Re = 800–1640$ параметр закрутки слабо зависит от Re , но при снижении до 500 и 240 степень закрутки монотонно падает. При $Re < 800$ профили скорости симметричны, с ростом Re возникает асимметрия. Пульсации скорости при $Re < 800$ составляют 1.5–2.5%, при $Re = 1200$ формируется трёхмодовое распределение пульсаций, а при дальнейшем росте Re пульсации достигают 20–30%. При $Re = 1500$ и 1640 зафиксированы перемежаемость (признак перехода к турбулентности) и в наибольшем числе Рейнольдса наблюдается прецессия вихревого ядра с частотой ≈ 8 Гц.

В канале с внезапным расширением закрутка уменьшает отрывную зону, интенсифицируя теплообмен. В диапазоне $Re = 800–1200$ формируется смещённая относительно оси зона торможения потока: её начало при $Re = 800$ находится на расстоянии $x/h \approx 8$, при $Re = 1200$ смещается до $x/h \approx 4$. Прецессия или разрушение вихря не зафиксированы. На границах зоны наблюдаются рост пульсаций и перемежаемость, в её частотном спектре выполняется закон $-5/3$.

В канале с разветвлением при отсутствии закрутки на стенках формируются отрывные зоны: в основном канале — на стенке, дальней от ответвления, а в отводящем — на стенке, ближе к подводющему каналу. При наличии закрутки размеры отрывных зон изменяются в зависимости от скорости потока и соотношения расходов. Наиболее интересная картина наблюдается при равном делении расходов между ветвями: при $Re < 1200$ присутствуют классические отрывные зоны, а при $Re = 1200$ отрывная зона в основном канале практически исчезает, появляются признаки зоны торможения (как в случае расширения), которая при дальнейшем росте Re увеличивается, а отрывная зона на стенке полностью исчезает. Процессы ламинарно-турбулентного перехода для данного случая находятся на этапе изучения.

Главные публикации автора по теме работы:

1. Молочников В.М., Никифоров И. В., Пашкова Н.Д. Структура закрученного течения в области разветвления каналов при умеренных числах Рейнольдса // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа.-2024.-№5-С.25-40
2. Молочников В. М., Пашкова Н. Д. Перемежаемость в отрывном течении за внезапным расширением осесимметричного канала при докритических числах Рейнольдса // Письма в Журнал технической физики. – 2024. – Т. 50. – №. 19. – С. 29-32.
3. Молочников В.М., Пашкова Н.Д., Паерелий А.А. Эволюция закрученного потока в круглой трубе после лопаточного завихрителя при умеренных числах Рейнольдса // Теплофизика и аэромеханика.- 2025. - Т. 32. - № 4. - С. 667-682.

Автор выражает благодарность:

Коллективу лаборатории гидродинамики и теплообмена ФИЦ КазНЦ РАН, и особенно научному руководителю Молочникову Валерию Михайловичу за помощь в организации и проведении экспериментов, обработке результатов и их обсуждении.

Организации ООО НПП «Ирвис» за предоставление места для работы и проведение экспериментов. Российскому научному фонду за финансирование исследований (грант РФФ № 20-61-47068 и № 22-19-00507)

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ СЕНСОР НА БАЗЕ МИКРОСТЕРЖНЯ $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$

Митюшкин Евгений Олегович

E-mail: m1tyushck1n@yandex.ru



Апконверсионные наноматериалы, преобразующие ближнее инфракрасное излучение в видимый свет, представляют особый интерес для биовизуализации и термометрии. Переход от использования ансамблей к анализу одиночных частиц открывает новые возможности для минимизации инвазивности мониторинга, однако требует детального изучения фотофизических процессов в условиях высокоинтенсивного возбуждения.

В данной работе были исследованы люминесцентные свойства одиночного микростержня $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ размером 1.9×0.15 мкм, синтезированного сольвотермальным методом. Для его прецизионного анализа было использовано сочетание атомно-силовой и конфокальной оптической микроскопии, что позволило комплексно изучить заранее идентифицированную частицу. В ходе экспериментов было установлено, что люминесценция микростержня $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ характеризуется выраженной поляризацией, обусловленной кристаллической анизотропией матрицы, Эффективность возбуждения не зависела от поляризации падающего излучения. Использование плотностей мощности порядка 10^6 Вт/см² не приводило к локальному нагреву образца. На основе анализа температурной зависимости интенсивностей зеленых линий 525 и 543 нм ионов Er^{3+} была проведена калибровка сенсора. Чувствительность одиночного микростержня оказалась сопоставима с показателями ансамбля, а отклик системы сохранял стабильность и обратимость в циклах нагрева-охлаждения. Дополнительно было обнаружено, что отношение интенсивностей линий 543 и 560 нм ионов Er^{3+} селективно реагирует на изменение плотности мощности возбуждения. Данный факт позволяет реализовать на базе одиночного микростержня $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ мультимодальный сенсор для независимого измерения температуры и интенсивности электромагнитного поля.

Таким образом, разработанный подход открывает возможности для создания прецизионных инструментов локальной диагностики как в биологических средах, так и в микротехнологических системах.

Главные публикации автора по теме работы:

1. E. O. Mityushkin, D. K. Zharkov, A. V. Leontyev, L. A. Nurtdinova, A. G. Shmelev, and V. G. Nikiforov. Hydrothermal synthesis of $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ upconversion nanoparticles and modification of their surfaces for biosensing // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2023. – V. 87. – №. 12. – P. 1806–1811.
2. D. K. Zharkov, E. O. Mityushkin, A. V. Leontiev, L. A. Nurtdinova, A. G. Shmelev, N. M. Lyadov, A. V. Pashkevich, A. P. Saiko, O. K. Khasanov, and V. G. Nikiforov. Dependence of temperature sensitivity on the shape of $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ upconversion phosphors // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2023. – V. 87. – №. 12. – P. 1817–1824.
3. A.V. Leontyev, L. A. Nurtdinova, E. O. Mityushkin, A. G. Shmelev, D. K. Zharkov, A.P. Chuklanov, N. I. Nurgazizov, V. G. Nikiforov. Polarized luminescence in single upconversion $\text{NaYbF}_4:\text{Er}$ rods // New J. Chem., 2024. – V. 48. – P. 14029-14038.

Благодарности: данная работа была выполнена в тесном сотрудничестве с моими коллегами: Нуртдиновой Л.А., Леонтьевым А.В., Шмелевым А.Г., Жарковым Д.К., Чуклановым А.П., Нургазизовым Н.И., Никифоровым В.Г. Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-42-10012, <https://rscf.ru/project/23-42-10012/>).