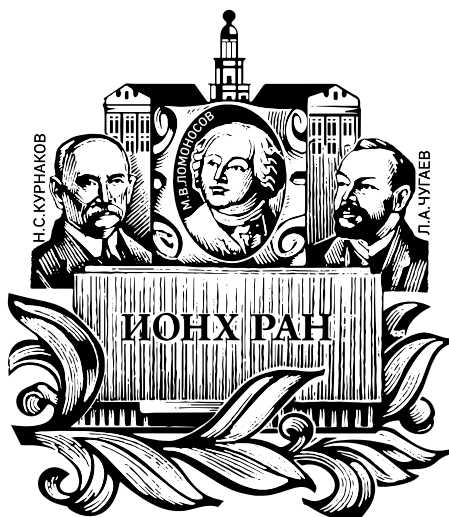


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
им. Н.С. КУРНАКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
ПЯТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ  
«НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ  
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ:  
ПОКОЛЕНИЕ NEXT»**

ИОНХ РАН  
13 декабря 2024 года

**Пятая научно-практическая конференция для школьников  
«Неорганическая химия и материаловедение:  
поколение NEXT»**

*Организатор:*

ФГБУН Институт общей и неорганической химии  
им. Н.С. Курнакова Российской академии наук при поддержке  
Института развития профильного обучения ГАОУ ВО  
«Московский городской педагогический университет»

*Участники:*

Учащиеся 8–11 классов города Москвы

*Дата проведения:*

13 декабря 2024 года

*Место проведения:*

ИОНХ РАН (Ленинский проспект, 31)

# СОДЕРЖАНИЕ

*Альмина Б.,  
Амина Ш.,  
Алёна К.*

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСЕРЕБРА  
ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ДЕКСТРАНОМ ..... 5

*Александра Б.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
РАЗЛИЧНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ  
ПО ОТНОШЕНИЮ К ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВАМ. . . . 8

*Степан Г.*

СИНТЕЗ ГЕКСААЛЮМИНАТОВ  
МАГНИЯ-ГАДОЛИНИЯ ДЛЯ ТБП ..... 10

*Ульяна Д.*

КАК СОЗДАТЬ ЭФФЕКТИВНУЮ МОЛЕКУЛУ  
ПРОТИВ РАКА? ..... 12

*Мария Е.*

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ. .... 15

*Мария К.,*

*Злата З.*

НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАНОМАГНЕТИТА  
И ЕГО КОМПОЗИТОВ С ППУ ..... 17

*Салима М.*

КОМПЛЕКСЫ СЕРЕБРА (I) С ЛИМОННОЙ  
И ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТАМИ: СИНТЕТИЧЕСКИЕ  
ПОДХОДЫ, СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
И ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ..... 20

*Павел М.*

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА (III)  
С АЦИЛГИДРАЗОНАМИ НА ОСНОВЕ  
2-(ТОЗИЛАМИНО)БЕНЗГИДРАЗИДА ..... 23

*Александр М.*

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ..... 25

*Мария М.,*

*Лука М.*

СИНТЕЗ НОВЫХ КАРБОКСИЛАТНЫХ  
3D, S-КОМПЛЕКСОВ С ОРТОФЕНИЛЕНДИАМИНОМ,  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ..... 29

*Полина Н.*

ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНИДНОГО ЗАМЕСТИТЕЛЯ  
НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И ЦИТОТОКСИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА АЦИЛГИДРАЗОНОВ И КОМПЛЕКСОВ  
ZN (II) НА ИХ ОСНОВЕ ..... 31

*Дмитрий П.*

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА  
НА ПЕРЕОКИСЛЕННОМ ОКСИДЕ ГРАФЕНА ..... 35

*Александра С.,  
Артём Г.,  
Зарина М.*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛИРУЕМОГО  
СИНТЕЗА НАНОСЕРЕБРА С МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ  
В «А-РЕАКТОРЕ».....37

*Нелли С.*

ГАЛОВИСМУТАТЫ N-МЕТИЛПИРИДИНИЯ.....40

*Миржан Х.,  
Эльнур Б.*

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ  
ПРОДУКТОВ ИЗ БИОНЕФТИ ПРИ ПОМОЩИ  
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА .....42

*Ольга Ш.*

М-ХЛОРБЕНЗОАТЫ МЕДИ (II) — ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
ПРОТИВОМИКРОБНЫЕ АГЕНТЫ.....44



# ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСЕРЕБРА ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ДЕКСТРАНОМ

Альмина Б. (8 класс)<sup>1</sup>,  
Амина Ш. (8 класс)<sup>1</sup>,  
Алёна К. (8 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: к.х.н. Оболенская Л.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 2065, 108819, г. Московский, 3-й микрорайон, 8,  
e-mail: 2065@edu.mos.ru

**Ключевые слова:** Нано-Ag, декстран, «А-реактор», СЗМ, спектрофотометрия, ацидофильная палочка.

Наносеребро — очень популярный антисептик нового поколения, однако его биосовместимость до сих пор вызывает вопросы. Согласно [1], биосовместимость выше (а, значит, цитотоксичность для эукариот ниже) у наночастиц Ag, покрытых углеводами, причём наиболее эффективен в этом отношении декстран — резервный полисахарид. Мы совместили восстановление наносеребра из хлорида [2] и описанную в [3] методику полиглюканового синтеза наносеребра и впервые применили в синтезе «А-реактор» [4] для повышения воспроизводимости и уменьшения энергоёмкости.

**Цель работы:** изучить процесс образования наносеребра при восстановлении декстраном хлорида серебра и свойства полученных в этом процессе золей.

Для этого выполнили **задачи**:

1. Провести синтез золя с «зародышами» наночастиц серебра в А-реакторе.
2. Наблюдать 3 недели за цветом золя: визуально, по электронным спектрам поглощения (ЭСР).

3. Вводить постепенно  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KOH}$  и  $\text{NH}_3$ , фиксируя изменение мутности и фотопоглощения.
4. Изучить полученные наночастицы сканирующей зондовой микроскопией (СЗМ).
5. Проверить при разных разбавлениях антибактериальные свойства финального наносеребра.

### **Методы исследования и оборудование**

Синтез наносеребра проводили, сочетая методы восстановления ионов серебра [2] и сонохимический полиглюкановый [3]; работали на «А-реакторе» [4].

ЭСП были записаны на приборе ЭКРОС ПЭ 5400УФ, в кварцевых кюветах (1 см). Для сканирования зондовым микроскопом (в резонансном режиме; прибор ФемтоСкан; кантилевер NSG10) 1 мкл золя капали на свежесколотую посуду и сушили. Антибактериальные свойства проверялись по ингибированию роста ацидофильной палочки.

### **Результаты**

1. Для синтеза золя «Ag-1» смешали при перемешивании водные растворы  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KOH}$ , аммиака и реополиглюкина (декстрана) с добавлением желатина. Золь дал эффект Тиндаля.
2. Через 3 нед. у золя «Ag-1» появилась (визуально) жёлтая окраска — признак роста нано-Ag.
3. В последующих синтезах варьировали объёмы всех реагентов, кроме декстрана. Реакции останавливали резким добавлением раствора  $\text{NH}_3$ . Финальные золи были стабильны до 2 нед.
4. По данным СЗМ на препаратах есть большое количество осевших наночастиц с латеральным размером около 70 нм и высотой 10–15 нм, присутствующих как одиночно, так и в виде небольших скоплений, а также средних агрегатов в несколько частиц размером 200–300 нм и крупных агрегатов размером в сотни нм.



5. За 3,5 ч протекания реакции при финальном соотношении реагентов концентрация частиц, судя по ЭСП, резко выросла; а размер частиц (по  $\lambda_{\max}$  в ЭСП) уменьшился с 29 до 2 нм.
6. Мы провели эксперимент по подавлению размножения ацидофильной палочки полученным золем. Золь Ag предотвратил скисание сливок при добавлении культуры палочек.

### **Литература**

1. Vukoje I. et al. Influence of glucose, sucrose, and dextran coatings on the stability and toxicity of silver nanoparticles //International Journal of Biological Macromolecules. 2022. Т. 194. С. 461–469.
2. Дымникова Н. С. и др. Формирование наночастиц серебра при восстановлении их труднорастворимых прекурсоров //Российский химический журнал. 2018. Т. 62. № 3. С. 88–94
3. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям // Изд-во Московского. университета, Москва. — 2019. —С. 368
4. Робототехнический комплекс НАУРОБО «Автоматический дозатор» [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/3ER4sM> (дата обращения 05.11.2024)

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВАМ

Александра Б. (10 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: Ибрагимова В.Р.<sup>2</sup>, к.х.н. Иони Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 1568 им. Пабло Неруды, 127221, Москва, пр-д Шокальского, 7, корп. 2, e-mail: 1568@edu.mos.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31, e-mail: vika.ibragimova.2002@bk.ru, acidladj@mail.ru

**Ключевые слова:** экология, сорбенты, наноматериалы, лекарства.

**Цель работы:** изучение сорбционной способности различных наноматериалов по отношению к разнообразным лекарственным средствам противомикробного спектра действия.

В рамках исследования были поставлены следующие **задачи**:

1. Выделение нитрофураля из коммерческого антимикробного препарата «Фурацилин».
2. Приготовление водных растворов нитрофураля и бриллиантового зелёного (БЗ) с заданной концентрацией (10 ppm).
3. Проведение сорбционных экспериментов с исследуемыми материалами (активированный уголь, шунгит, коллоидный диоксид кремния («Полисорб»), оксид графена (ОГ), восстановленный оксид графена (ВОГ)).
4. Анализ полученных данных с использованием УФ-спектроскопии и представление результатов в виде графиков.

## Гипотеза

Лекарственные средства утилизируются в сточные воды, поэтому необходимо иметь сорбенты, эффективно удаляющие

отработанные материалы, во избежание возникновения антибиотикорезистентности и вреда окружающей среде.

В работе были апробированы как сорбенты различные наноматериалы для поглощения водных растворов органических веществ (нитрофура, БЗ). Определение максимальной сорбционной активности исследуемых сорбентов проводилось в водном растворе. Навески сорбентов массой 10 мг помещались в 100 мл водного раствора исследуемых веществ с концентрацией 10 ppm. Модельный эксперимент по поглощению органических веществ проходил на магнитной мешалке для равномерного распределения сорбента во всем объеме раствора. Временной интервал отбора проб составил от 0 до 60 минут с шагом 5 минут. После окончания эксперимента сорбент отделяли от раствора путем фильтрации при помощи шприца. Отфильтрованные растворы исследовались при помощи УФ спектроскопии: спектры регистрировали на спектрофотометре Agilent Cary60 в стандартной кварцевой кювете диаметром 1 см. Объем образца, использованного для съемки, составил 3,5 мл. На основании полученных значений концентрации исходных и конечных растворов рассчитывалась величина эффективности сорбции.

На основании результатов УФ-спектроскопии отмечено, что наибольшей сорбционной способностью по отношению к нитрофуралу обладает активированный уголь — за 60 минут он практически полностью поглощает данный материал. Для БЗ наибольшей сорбционной способностью обладают образцы активированного угля и восстановленного оксида графена — активированный уголь также практически полностью поглощает краситель.

# СИНТЕЗ ГЕКСААЛЮМИНАТОВ МАГНИЯ-ГАДОЛИНИЯ ДЛЯ ТБП

Степан Г. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: к.х.н. Рюмин М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ «Школа 1502 «Энергия». 111555, г. Москва, ул. Молодцовых, 10А, e-mail: stepan.georgi@gmail.com

<sup>2</sup> ИОНХ РАН. 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31, e-mail: Ryumin@igic.ras.ru

**Ключевые слова:** синтез, гексаалюминаты, магнетоплюмбит.

**Цель работы:** получить и исследовать новые соединения для покрытия частей газовых турбин, работающих при высоких температурах, который превосходит ныне используемый YSZ по всем параметрам. Для этого надо изучить статьи о свойствах и структуре гексаалюминатов состава  $\text{LnMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ , вариантах синтеза и продуктах, которые могут получаться, подобрать оптимальный температурно-временной режим синтеза гексаалюминатов магния-гадолия различного состава, определить механизм взаимодействия между исходными компонентами в процессе синтеза

## Гипотеза

Существует соединение состава  $\text{GdMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ , которое можно получить при определённых условиях.

Для синтеза гексаалюминатов магния гадолия были использованы 2 метода: (твёрдофазный и золь-гель). В твёрдофазном синтезе были смешаны нитраты магния, алюминия и гадолия, при разложении нитратов получались оксиды этих металлов, взаимодействие которых при температуре 1600 °С должно было приводить к образованию гексаалюмината магния-гадолия. Золь-гель синтез

проводился с использованием растворов нитратов и раствора лимонной кислоты. Раствор ставился на магнитную мешалку и выпаривался до образования густого геля, который сушился при 115 °С, измельчался, переносился в тигель и отжигался в печи при разных температурах. Контроль за протеканием синтеза гексаалюминатов проводился путем рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра Bruker D8 Advance.

## Итоги

В результате твёрдофазного синтеза однофазный образец получить не удалось — обнаружено много примесей. В золь-гель синтезе при различных температурах и различном соотношении компонентов получен только один тройной оксид со структурой магнетоплюмбита. Однофазный образец состава  $GdMgAl_{11}O_{19}$  образуется путем высокотемпературного отжига смеси при 1700 градусов в течение 2 часов.

В результате исследований удалось: 1) подобрать оптимальную температуру для синтеза 2) установить, что не все методы синтеза применимы получения веществ со структурой магнетоплюмбита состава  $GdMgAl_{11}O_{19}$  4) показать, что разные методы синтеза при одинаковом количестве реагентов влияют на конечный результат синтеза и выход продуктов реакции.

## Литература

1. Lu Haoran, Wang Chang-An. Thermo-physical properties of rare-earth hexaaluminates  $LnMgAl_{11}O_{19}$  (Ln: La, Pr, Nd, Sm, Eu and Gd) magnetoplumbite for advanced thermal barrier coatings // J. Am. Ceram. Soc., 2013 Vol.96. P. 1063–1066 DOI: 10.1111/jace.12290
2. R. Vaben, M. O. Jarligo, T. Steinke, D.E. Mack, D. Stöver. Overview on advanced thermal barrier coatings // Surface and Coatings Technology, 2010. Vol. 205, Iss.4, P.938-942

# КАК СОЗДАТЬ ЭФФЕКТИВНУЮ МОЛЕКУЛУ ПРОТИВ РАКА?

Ульяна Д. (10 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: д.х.н. Луценко И.А.<sup>2</sup>, Кошенкова К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МКК «Пансион воспитанниц МО РФ», 125284, ул. Поликарпова, 21, e-mail: udrozhilina@bk.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т., 31, e-mail: ksenia-18.11.99@mail.ru

**Ключевые слова:** координационные соединения кобальта (II), фуранкарбоновая кислота, синтез, структура, биологическая активность.

**Цель работы:** разработка методов синтеза координационных соединений Co (II) с цитотоксической активностью.

## Задачи работы

1. Разработать синтетические подходы к комплексообразованию в системе  $[M-An-L]$  ( $M = Co^{2+}$ ; An = анион 2-фуранкарбоновой кислоты (Hfur), L–неокупроин (неос)) и подобрать их эффективное сочетание;
2. Изучить спектральные характеристики новых веществ на основе ИК-спектров;
3. Вырастить монокристаллы комплексов для установления структуры методом рентгеноструктурного анализа (РСА);
4. Подготовить образцы к биологическим испытаниям.

## Гипотеза

Наличие в составе комплекса бидентантного лиганда позволит увеличить активность получаемого координационного соединения; координационные возможности комплексообразователя

способны давать как моно-, так и трехъядерные комплексы; моноядерные соединения окажутся более активными, чем аналогичного состава трехъядерные.

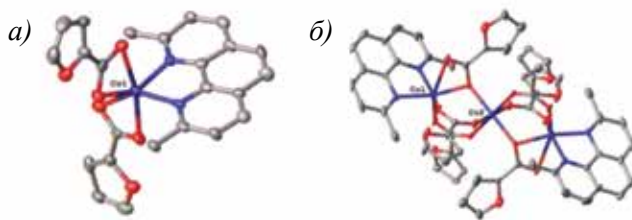
**Методы:** ИК-спектроскопия, РСА, РФА, СНН-анализ, МТТ-тест.

В качестве комплексообразователя был выбран катион эндогенного металла кобальта, участвующего в целом каскаде биохимических реакций в клетке, а органическими молекулами выступили анионы фуранкарбоновой кислоты и неокупроин, обладающие фармакологической активностью.

Одной из распространенных злокачественных новообразований является рак яичников (РЯ), встречающийся у женщин всех возрастных групп. Проблема высокой доли заболевания заключается в прогрессировании рецидивов РЯ, клетки большинства из которых вырабатывают устойчивость к лекарственным препаратам при последующих курсах химиотерапии. Путем решения патогенеза РЯ является создание мультитаргентных препаратов, нацеленных одновременно на различные биологические мишени, снижая риск развития резистентности.

Методика синтеза комплексов заключалась в медленном наплаивании предварительно разведенных компонентов в различных растворителях. В зависимости от исходной соли и соотношения используемых лигандов были получены моноядерный и трехъядерный комплексы кобальта (II). Данные ИК-спектроскопии показали формирование новых соединений, а результаты РСА позволили идентифицировать два молекулярных комплекса состава  $[\text{Co}(\text{fur})_2\text{neoc}]$  (1, рис. 1а) и  $[\text{Co}_3(\text{fur})_6\text{neoc}_2]$  (2, рис. 1б).

По данным РСА в моноядерном комплексе 1  $\text{Co}^{2+}$  хелатно связывает пару анионов fur и один фрагмент неокупроина, формируя координационное число комплексообразователя, равное 6. В комплексе 2 три катиона  $\text{Co}^{2+}$  координируют шесть анионов fur и два терминальных фрагмента неос.



*Рис. 1. Молекулярные структуры 1 (а) и 2 (б).*

По данным МТТ-теста в отношении клеточного штамма рака яичников SKOV3 и здоровых фибробластов HDF, оба соединения оказались нетоксичными в отношении здоровых клеток ( $> 100$ ). Комплекс 1 показал высокую цитотоксическую активность  $IC_{50}$  —  $0,25 \mu\text{M}$  и перспективный индекс селективности — больше 400.



# ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

Мария Е. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: к.х.н. Харченко А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 171, Москва, ул. Фрунзенская, 7а

<sup>2</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, e-mail: ууу@ту.msu.ru

Локальная гипертермия (ЛГ) — это способ интенсивной терапии при лечении раковых опухолей.

**Цель работы:** синтез высокодисперсных керамических порошков, являющихся перспективными для использования в ЛГ, и сравнение материалов, полученных разными методами: цитратным методом Печини, пиролизом аэрозолей, а также способом, сочетающим пиролиз и метод Печини.

С каждым годом увеличивается количество онкобольных людей, следовательно, растет потребность в различных методах лечения раковых заболеваний. Одним из таких методов является локальная гипертермия, для которой необходимо получить подходящие материалы с помощью различных способов: цитратным методом Печини, пиролизом аэрозолей, а также способом, сочетающим пиролиз и метод Печини.

Работа посвящена получению магнитного материала для локальной гипертермии. В методе ЛГ локальный перегрев достигается на клеточном уровне за счёт введения в область раковой опухоли ферромагнитных веществ, нагреваемых переменным магнитным полем. Использование гипертермии в онкологии обусловлено тем, что раковые клетки более чувствительны к нагреву (погибают при температуре выше 42 °С), чем здоровые.

## Литература

1. Осинский С.П. Гипертермия в клинической онкологии: современное состояние проблемы (по итогам 20-й ежегодной конференции Европейского общества гипертермической онкологии (ESHO)), Онкология, 2002, 4 (4), с. 288–292.
2. Rosensweig R.E. Heating magnetic fluid with alternating magnetic field // *Journal of Magnetism and Materials*, № 252, p. 370–374.
3. О.Ю.Горбенко, М.Н.Маркелова, О.В.Мельников, А.Р.Кауль, В.А.Ацаркин, В.В.Демидов, А.Е.Мефёд, Э.Дж.Рой, Б.М.Одинцов. Синтез, состав и свойства твёрдых растворов  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_y\text{MnO}_3+\delta$  — перспективных материалов для клеточной гипертермии. Доклады академии наук. 2009, том 424, № 1, с. 49–52.
4. O.Yu.Gorbenko, O.V.Melnikov, A.R.Kaul, A.M.Balagurov, S.N.Bushmeleva, L.I.Koroleva, R.V.Demin. Solid solutions  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_y\text{MnO}_3+\delta$ : evidence for silver doping, structure and properties // *J.Materials Science and Engineering B*. 2005, v. 116, p. 64–70.
5. Dae Soo JUNG, Seung Kwon HONG and Yun Chan KANG. Nano-sized  $\text{LaMnO}_3$  powders prepared by spray pyrolysis from spray solution containing citric acid // *J. Ceramic Society of Japan* 116 [1] 141–145 2008/
6. Интернет-источник: [am/1234.56789/1316/3/1324735\\_methodinst.pdf](#)
7. М.Н.Маркелова. Получение гибридного магнитного материала для локальной гипертермии. Описание задачи спецпрактикума.
8. Ю.Д. Третьяков. Химия нестехиометрических окислов. М. 19 с. 136.

# НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАНОМАГНЕТИТА И ЕГО КОМПОЗИТОВ С ППУ

Мария К. (9 класс)<sup>1</sup>,  
Злата З. (9 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: к.х.н. Оболенская Л.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 2065, 108819, г. Московский, 3-й микрорайон, 8,  
e-mail: 2065@edu.mos.ru

**Ключевые слова:** наномagnetит, перистальтический насос, пенополиуретан (ППУ), СЗМ, Фентон.

## Актуальность

Наномagnetит активно применяют в очистке воды: и просто для придания магнитовосприимчивости сорбентам, и как катализатор разложения  $H_2O_2$  с генерацией активных радикалов в процессе Фентона [1, с. 118]. Потому, как показано в обзоре [2], изучено влияние ряда параметров его синтеза методом гомогенного осаждения на размер частиц и магнитовосприимчивость. В то же время, влияние скорости капельного введения раствора солей железа в раствор аммиака при синтезе ранее не описано — в нашем случае такое исследование позволил осуществить «А-реактор» [3] с точно задаваемой скоростью вращения валов перистальтических насосов (далее — «грм»). Также ранее не описано сравнительное изучение композитов одинаковым образом полученного наномagnetита с обычным и ретикулированным ППУ — есть данные только о композитах с необработанным ППУ [4].

**Цель работы:** изучить влияние скорости введения в реакционную смесь раствора солей железа на характеристики продукта и его композитов с ППУ разной пористости.

## **Задачи**

1. Выполнить серию синтезов наномагнетита и его композитов с ретикулированным (двух видов) и необработанным ППУ, различающихся только «грм», с цитратной стабилизацией.
2. Сравнить размер и агрегированность частиц сканирующей зондовой микроскопией — СЗМ.
3. Изучить каталитическую активность полученного наномагнетита (в матрице ППУ) в процессе фото-Фентон на примере кристалвиолета, с предварительной калибровкой.
4. Изучить магнитовосприимчивость полученного наномагнетита (в матрице ППУ).

## **Методы исследования и оборудование**

Синтез вели методом «гомогенного осаждения» [1, с.117]. Якорь магнитной мешалки вшит в «чехол» из трёх одинаковых полосок разного ППУ: необработанного и двух видов ретикулированного.

Для изучения методом СЗМ 1 мкл золя наносился на свежесколотую слюду и высушивался. Сканирование — в резонансном режиме на зондовом микроскопе ФемтоСкан (кантилевер NSG10).

Активность композитов с ретикулированным ППУ в процессе фото-Фентон изучали при облучении видимым светом раствора 0,3 мМ кристалвиолета в 30 мМ  $\text{H}_2\text{O}_2$  в их присутствии.

Убыль концентрации красителя отслеживали по  $A$  (590 нм) на приборе ЭКРОС ПЭ 5400УФ.

## **Результаты**

1. В серии образцов наномагнетита с цитратной стабилизацией по мере увеличения скорости поступления смешанного раствора солей железа (II, III) в реакционную ёмкость уменьшается результирующее значение рН и увеличивается концентрация наночастиц магнетита. Кристаллизация именно этого продукта доказана методом РФА.

2. Размеры и агрегированность частиц по СЗМ монотонно растут по мере увеличения скорости поступления реагентов, при этом частицы остаются по высоте нанообъектами.
3. В присутствии наномagnetита в ретикулированном ППУ с закрытыми порами в процессе фото-Фентон за 1 ч разложилось 74% кристалвиолета, через 2 ч — 89% («контроль» — 50%).
4. Магнитовосприимчивость: а) примерно одинакова при всех видах ППУ в случае минимальной «грм»; при росте скорости введения сильно падает в случае ретикулированного ППУ с открытыми порами (только); б) повышается в 1,3 и 1,1 раза, с ППУ с открытыми и закрытыми порами соответственно, при увеличении втрое площади ретикулированного ППУ.

### **Литература**

1. Щербakov А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям. М.:МГУ. 2019. С. 117–118.
2. Tukan D. N. et al. A Review: Optimum Conditions for Magnetite Synthesis ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) // Journal Berkala Ilmiah Sains dan Terapan Kimia. 2023. Т. 17. №. 2. С. 15–21.
3. Робототехнический комплекс НАУРОБО «Автоматический дозатор» [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/3EeFaY> (дата обращения 15.11.2024).
4. Chu S. et al. // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2023. Т. 128. С. 559–568.

# КОМПЛЕКСЫ СЕРЕБРА (I) С ЛИМОННОЙ И ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТАМИ: СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ, СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

Салима М. (10 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: Кошенкова К.А.<sup>2</sup>, д.х.н. Луценко И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 1449, 127576, Москва, ул. Новгородская, 7а,  
e-mail: smaysarova0708@mail.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31

**Ключевые слова:** серебро (I), лимонная кислота, яблочная кислота, полимерные координационные соединения, синтез, структура, грамм-положительные и грамм-отрицательные бактерии.

**Цель работы:** разработка методов синтеза цитратных и малатных комплексов Ag (I) с антибактериальной активностью.

## Задачи работы

1. Разработать синтетические подходы к комплексообразованию Ag (I) с анионами лимонной ( $\text{citr}^{3-}$ ) и яблочной ( $\text{malat}^{2-}$ ) кислот, подобрать оптимальные условия синтеза и растворители;
2. Исследовать спектральные характеристики новых комплексов методом ИК-спектроскопии;
3. Вырастить монокристаллы комплексов для установления структуры методом рентгеноструктурного анализа (РСА);
4. Нарботать и подготовить образцы к биологическим испытаниям.

## Гипотеза

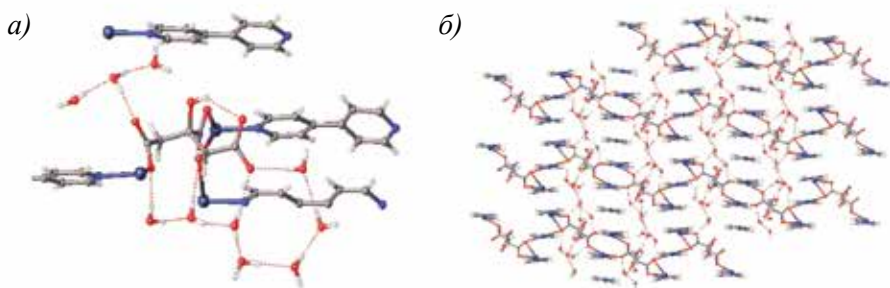
Наличие в составе комплексов катионов серебра (I) в сочетании с цитрат- и малат-анионам предполагают хорошую раствори-

мость и биологическую активность против Г(+) / Г(-) бактерий и грибов.

**Методы:** ИК-спектроскопия, РСА, дисковый метод определения активности соединений против микобактериального штамма *Mycolicibacterium smegmatis*.

Разнообразие функций ионов металлов в живых системах способствовало разработке координационных соединений, которые в последствии легли в основу металлопрепаратов, способных действовать значительно шире и эффективнее, чем просто органические молекулы, поскольку задействуют дополнительно новые мишени и альтернативные механизмы действия. Серебро относится к металлам, обладающим потенциальной биологической активностью, используемое человеком на всем протяжении развития цивилизации в качестве компонента различных лекарственных препаратов, обладающих противомикробной активностью.

Нами были синтезированы новые полимерные комплексы серебра (I) состава  $[Ag_3(bpy)_3An]_n$  ( $An = citr^-$  (1),  $malat^-$  (2)). Спектральные характеристики новых соединений были исследованы ИК-спектроскопией, структура определена методом рентгеноструктурного анализа (рис. 1).



*Рис. 1. Молекулярная структура (а) и кристаллическая упаковка (б) комплекса 1*

Для комплекса 1 была определена биологическая активность в отношении ряда Г(+) и Г(-) бактерий. Наиболее высокую эффективность *in vitro* комплекс 1 показал в отношении микобактериальных штаммов *C. albicans* и *M. smegmatis* со значениями 4 мг/л и 50 мкг/диск, соответственно.



# СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА (III) С АЦИЛГИДРАЗОНАМИ НА ОСНОВЕ 2-(ТОЗИЛАМИНО)БЕНЗГИДРАЗИДА

Павел М. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: к.х.н. Зорина-Тихонова Е.Н.<sup>2</sup>,  
Блинов Д. О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ «Школа на Юго-Востоке» им. маршала В.И. Чуйкова, 111033, Москва, Таможенный пр-д, 4, e-mail: 1303@schuv.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31, e-mail: daniil.blinou@gmail.com

**Ключевые слова:** ацилгидразоны, железо (III), координационные соединения, тозилый фрагмент.

**Цель научной работы.** Целью данной работы является синтез и изучение строения координационных соединений железа (III) с ацилгидразонами на основе 2-(тозиламино)бензгидразида (рис. 1).

При взаимодействии хлорида железа (III) и ацилгидразонов с различными заместителями ( $H_2L^R$ ,  $R = Cl, Br, NO_2$ ) в присутствии депротонирующего агента (триэтиламина) были получены три

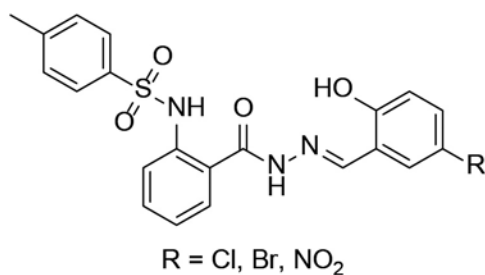


Рис. 1. Схематическое изображение ацилгидразонов  $H_2L^R$

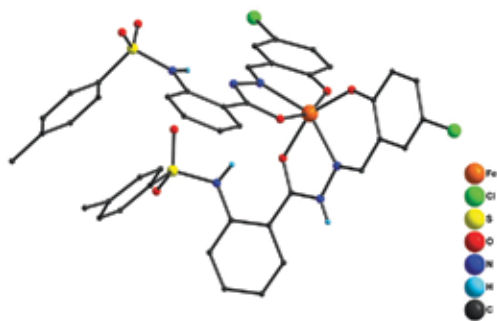


Рис. 2. Молекулярная структура 1

новых координационных соединения —  $[\text{Fe}(\text{HL}^{\text{Cl}})(\text{L}^{\text{Cl}})] \cdot \text{EtOH}$  (1),  $[\text{Fe}(\text{HL}^{\text{Br}})(\text{L}^{\text{Br}})] \cdot \text{EtOH}$  (2) и  $[\text{Fe}(\text{HL}^{\text{NO}_2})(\text{L}^{\text{NO}_2})] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (3). Структура соединений была определена методом рентгеноструктурного анализа, соединения охарактеризованы методом ИК-спектроскопии. В 1–3 координационное окружение атомов железа (III) состоит из двух атомов азота и четырех атомов кислорода, которые принадлежат двум хелатно координированным молекулам лигандов. При этом, одна из координированных молекул находится в депротонированной форме, а вторая — дважды депротонирована. В кристаллах всех трех соединений наблюдаются внутримолекулярные  $\pi$ – $\pi$ -стекинговые взаимодействия между тозилльными фрагментами молекул лиганда.

# СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Александр М. (10 класс)<sup>1</sup>,

Руководители работы:

к.х.н. Рюмин М.А.<sup>2</sup>, к.х.н. Шабалин В.Г.<sup>2</sup>, Вороненков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 1502, 111555, Москва, ул. Молостовых, 10А, e-mail: 1502@edu.mos.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31 , e-mail: info@igic.ras.ru

**Цель:** получение новых материалов для термобарьерных покрытий, обладающих низкой теплопроводностью, малым коэффициентом термического расширения и химической инертностью.

## Задачи

1. Изучить существующие материалы для ТБП и методики их синтеза;
2. Получить различными методами системы для ТБП на основе  $ZrO_2$ , оксидов и ниобатов редкоземельных элементов
3. Проанализировать полученные соединения
4. Оценить возможность применения полученных соединений в качестве ТБП

Наша работа посвящена термобарьерным покрытиям. Они используются в турбинах самолетов для увеличения КПД турбины за счёт возможности большего нагрева, увеличение общей прочности и срока службы и снижения химического влияния.

Одной из наиболее используемых основ для ТБП является диоксид циркония. А для стабилизации его кристаллической

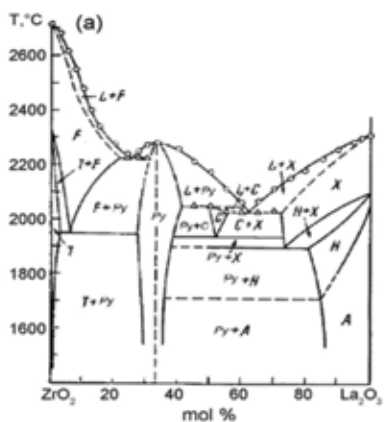
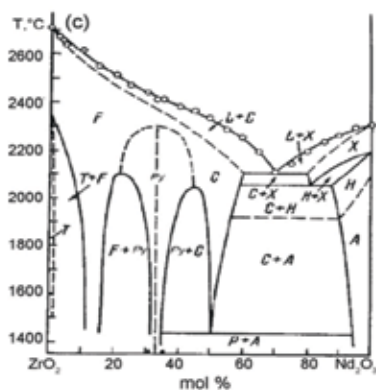
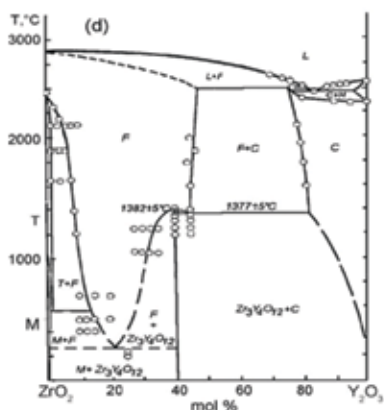


Рис. 1

решетки могут использоваться оксиды РЗЭ — редкоземельных элементов. Обычно мы бы хотели стабилизировать тетрагональную решетку, но дело в том, что оксид ниобия 5 стабилизирует кубическую кристаллическую решетку и улучшает механические характеристики образца. Поэтому мы решили проверить, как стабилизируют кристаллическую решетку ниобаты нескольких из лантаноидов.

На данных фазовых диаграммах мы видим, как оксиды некоторых лантаноидов стабилизируют кристаллические решетки.

В работе мы проводили синтез YSZ (стабилизированный оксидом иттрия оксид циркония, ниобатов иттрия оксид циркония, ниобатов нескольких лантаноидов (Yb, La, Er, Nd, Gd) методами соосаждения аммиаком и золь-гель, проверяли возможность их применения в качестве ТБП.

В итоге ниобаты, полученные золь-гель методом, особенно ниобат эрбия, стабилизируют кубическую структуру  $ZrO_2$ .

В таблице 1 все, что мы синтезировали и изучили. Каждый образец был подвержен рентгено-фазовому анализу, некоторые были изучены так же методами масс-спектропии и EDX.

Таблица 1

Соединение	Метод	mol% добавки	Соединение	Метод	mol% добавки
ZrO <sub>2</sub> -Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	La <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
ZrO <sub>2</sub> -La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	Nd <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
ZrO <sub>2</sub> -Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	Gd <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
ZrO <sub>2</sub> -Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	Er <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
ZrO <sub>2</sub> -Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	Yb <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
ZrO <sub>2</sub> -Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Соосаждение	8	NdGdErNbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
La <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	(La, Nd, Gd, Er, Yb)NbO <sub>7</sub>	Золь-гель	-
Nd <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -3La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Соосаждение	5
Gd <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -3La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Соосаждение	10
Er <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -3Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Золь-гель	5
Yb <sub>3</sub> NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -3Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Золь-гель	10
NdGdErNbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -(La, Gd, Er) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Соосаждение	5
(La, Nd, Gd, Er Yb)NbO <sub>7</sub>	Соосаждение	-	ZrO <sub>2</sub> -(La, Gd, Er) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Соосаждение	10

## Литература

1. Игуменов, И.К. Термобарьерные покрытия лопаток газовых турбин: метод химического осаждения из паровой фазы (обзор) / И.К. Игуменов, А.Н. Аксенов // Теплоэнергетика. — 2017. — № 12. — С. 5–15.
2. Andrievskaya, E.R. Phase equilibria in the refractory oxide systems of zirconia, hafnia and yttria with rare-earth oxides / E.R. Andrievskaya // J. European Ceram. Soc. — 2008. — V. 28. — P. 2363–2388.
3. Kim D. J., Tien T. Y. Phase stability and physical properties of cubic and tetragonal ZrO<sub>2</sub> in the system ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> // Journal of the American Ceramic Society. — 1991. — T. 74. — №. 12. — С. 3061–3065.
4. Mestres L. et al. Phase diagram at low temperature of the system ZrO<sub>2</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> // Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. — 2001. — T. 627. — № 2. — С. 294–298.
5. Zhang Y. et al. A comparison study of the structural and mechanical properties of cubic, tetragonal, monoclinic, and three orthorhombic phases of ZrO<sub>2</sub> // Journal of Alloys and Compounds. — 2018. — T. 749. — С. 283–292.

6. Barbooti M. M., Al-Sammerrai D. A. Thermal decomposition of citric acid // *Thermochimica Acta*. — 1986. — T. 98. — C. 119–126.
7. Sych A. M., Golub A. M. Niobates and tantalates of trivalent elements // *Russian Chemical Reviews*. — 1977. — T. 46. — №. 3. — C. 210.
8. Cai L., Nino J. C. Structure and dielectric properties of  $\text{Ln}_3\text{NbO}_7$  (Ln= Nd, Gd, Dy, Er, Yb and Y) // *Journal of the European Ceramic Society*. — 2007. — T. 27. — №. 13–15. — C. 3971–3976.
9. Subramani T. et al. A comparison of order-disorder in several families of cubic oxides // *Frontiers in Chemistry*. — 2021. — T. 9. — C. 719169.

# СИНТЕЗ НОВЫХ КАРБОКСИЛАТНЫХ 3D, S-КОМПЛЕКСОВ С ОРТОФЕНИЛЕНДИАМИНОМ, ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Мария М. (10 класс)<sup>1</sup>,  
Лука М. (10 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: к.х.н. Ямбулатов Д.С.<sup>2</sup>, к.х.н. Шабалин В.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 1502, 111555, Москва, ул. Молостовых, 10А,  
e-mail: morozovams2007@gmail.com

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т., 31

**Ключевые слова:** ортофенилендиамин, карбоксилаты, биологические свойства

В настоящее время для лечения туберкулёза применяют препараты, содержащие три действующих вещества (стрептомицин, изониазид, рифампицин). Эффективность этих веществ низка из-за быстро возникающего привыкания [1, 2] levofloxacin (or toxifloxacin), поэтому синтез новых биологически активных веществ является актуальной задачей.

## Гипотеза

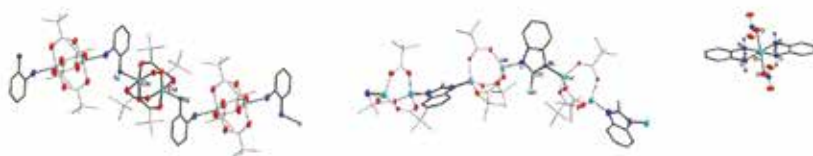
Карбоксилатные комплексы переходных металлов с ортофенилендиамином будут проявлять противомикробную активность

**Цель работы:** синтезировать новые комплексы переходных металлов с ортофенилендиамином, исследовать их строение, биологические свойства.

### Задачи:

1. Синтезировать исходные соли переходных металлов (триметилацетаты и ацетаты).
2. Синтезировать комплексы переходных металлов с ортофенилендиамином, определить их строение.
3. Исследовать противомикробную активность полученных комплексов.

Решая поставленные задачи, нами были синтезированы карбоксилаты цинка, были получены новые комплексы переходных металлов с ортофенилендиамином (рисунок 1), установлены их биологические свойства.



*Рис. 1. Молекулярные структуры некоторых полученных соединений*

Исходя из поставленных задач, мы можем сделать следующие выводы:

1. Синтезированы безводные пивалаты цинка, меди, лития, калия, натрия;
2. Синтезированы новые комплексы переходных металлов с ортофенилендиамином выделены их кристаллы, строение изучено с помощью рентгеноструктурного анализа;
3. Определены биологические свойства вновь полученных соединений, превышающие по своей активности противомикробные свойства действующих противотуберкулёзных препаратов.

### Литература

1. Van Deun A. et al. World Health Organization 2018 // International journal of antimicrobial agents. — Netherlands. 2020. Vol. 55. № 1. P. 105822.
2. Kranzer K. et al. // Am. J. Respir. Crit. Care Med. American Thoracic Society. — AJRCCM. 2019. Vol. 200. № 4. P. 514–515.



# ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНИДНОГО ЗАМЕСТИТЕЛЯ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И ЦИТОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЦИЛГИДРАЗОНОВ И КОМПЛЕКСОВ ZN (II) НА ИХ ОСНОВЕ

Полина Н. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы:

к.х.н. Зорина-Тихонова Е.Н.<sup>2</sup>, Матюхина А.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ «Школа на Юго-Востоке им. маршала В.И. Чуйкова», 111033, Москва, Таможенный пр-д, 4, e-mail: 1303@schuv.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31, e-mail: kamphor@mail.ru

**Ключевые слова:** ацилгидразоны, координационные соединения цинка, люминесценция, цитотоксичность.

По данным ВОЗ, онкологические заболевания являются одной из ведущих причин смерти в мире, поэтому крайне актуально создание новых биоактивных молекул, не содержащих высокотоксичных платиновых металлов в своем составе [1]. Поэтому использование биометалла, например цинка, является перспективной областью исследований. Кроме того, цинк применим в методе биовизуализации за счет флуоресцентных свойств его координационных соединений [2, 3].

**Цель:** исследование влияния галогенидного заместителя в ацилгидразонах и комплексах Zn (II) на люминесцентные свойства и цитотоксичность в отношении линий клеток HeLa (аденокарцинома шейки матки человека) и A549 (аденокарцинома легкого человека).

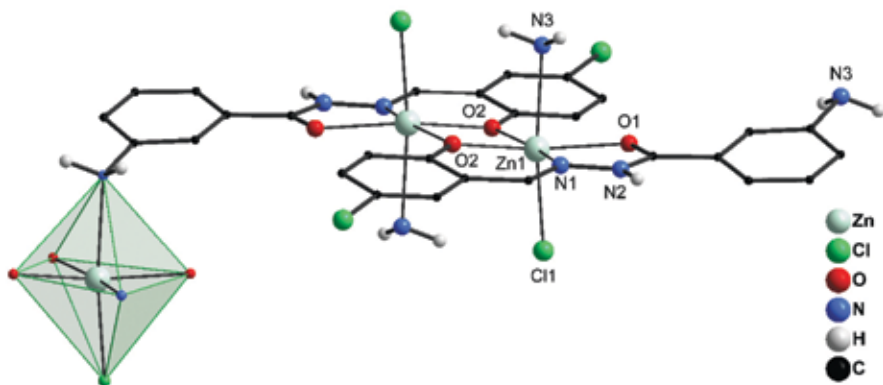
Для выполнения цели были поставлен ряд **задач**.

1. Синтез ацилгидразонов на основе 3-аминобензгидразида и координационных соединений Zn (II) с ними. Выделение полученных продуктов в кристаллическом виде, исследование их методом инфракрасной (ИК) спектроскопии.
2. Сравнительный анализ строения все соединений, установленного методом рентгеноструктурного анализа (РСА).
3. Изучение люминесцентных свойств комплексных соединений и ацилгидразонов.
4. Изучение цитотоксичности комплексных соединений.

В рамках работы были получены, выделены в кристаллическом виде и охарактеризованы методами ИК-спектроскопии, монокристалльной и порошковой дифракции 3-амино-N<sup>7</sup>-(5-хлор-2-гидроксибензилиден)бензгидразид ( $H_2L^{Cl}$ ) и 3-амино-N<sup>7</sup>-(5-бром-2-гидроксибензилиден)бензгидразид ( $H_2L^{Br}$ ). С каждым ацилгидразоном были синтезированы выделены в кристаллическом виде 1D-полимерные комплексы  $\{[Zn(HL^X)Cl] \cdot 2DMF\}_n$  и ( $X = Cl$  (1), Br (2), DMF = N,N-диметилформамид). Комплексы 1–2 являются изоструктурными. Ацилгидразоны проявляют хелатно-мостиковую координацию, связывая атомы Zn в 1D-полимер (рис. 1). Кроме того, в полученных комплексах сохраняется один атом Cl из исходной соли ( $ZnCl_2$ ), координационное окружение Zn (II) соответствует октаэдрическому.

Ацилгидразоны демонстрируют схожий оранжевый цвет люминесценции, но комплексообразование с ионами  $Zn^{2+}$  приводит к изменению цвета на зеленый для комплекса 1 и на практически белый для комплекса 2 (рис. 2). Наибольшее время затухания люминесценции было обнаружено для полимера 2 (9 нс).

Проведенное исследование 1 и 2 на проявление цитотоксичности в отношении опухолевых клеток HeLa (аденокарцинома шейки матки) и A549 (аденокарцинома легкого) выявило достаточные значения концентраций полумаксимального ингибирования  $IC_{50}$  для обоих комплексов. Причем комплекс 2, содержащий бром, выявил большую активность в отношении обеих клеточных культур.



*Рис. 1. Фрагмент комплекса 1 с выделенным координационным полиэдром. Атомы H при атомах C и сольватные молекулы не показаны для ясности*



*Рис. 2. Изменение цвета люминесценции при комплексообразовании. Фотографии выполнены при облучении соединений длиной волны 365 нм*

Таким образом, полученные комплексы цинка (II) проявляют себя как бифункциональные соединения, обладающие противоопухолевой активностью и фотолюминесцентными свойствами. Наличие атомов брома играет важную роль в структуре полимеров, так как приводит к большей эффективности с точки зрения как люминесценции, так и цитотоксичности.

Автором работы лично был выполнен синтез новых соединений, а именно подбор методов получения веществ в виде монокристаллов, пригодных для РСА, выделение продуктов реакций, проведение ИК-спектроскопии, интерпретация ИК-спектров. Обсуждение

кристаллических структур соединений и результатов люминесцентных и цитотоксических исследований проводилось совместно с научными руководителями.

### **Литература**

1. Hartmann J. T., Lipp H.-P. // *Expert Opin. Pharmacother.* 2003, 4 (6), 889.
2. Pellei M., Bello F. D., Porchia M., Santini C. // *Coord. Chem. Rev.* 2021, 445, 214088.
3. Sarkar K., Dhara K., Nandi M. et al. // *Adv. Funct. Mater.* 2009, 19 (2), 223.

# ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА НА ПЕРЕОКИСЛЕННОМ ОКСИДЕ ГРАФЕНА

Дмитрий П. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: Ибрагимова В.Р.<sup>2</sup>, к.х.н. Иони Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 1568 им. Пабло Неруды, 127221, Москва, пр-д Шокальского, 7, корп. 2, e-mail: dimitry.pozdniakoff@yandex.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31

**Ключевые слова:** оксид графена, наночастицы, магнетит, сорбция.

**Цель:** исследование возможности получения наночастиц магнетита на поверхности переоксисленного оксида графена.

## Задачи

1. Получение магнетита из смеси солей двух и трехвалентного железа.
2. Получение оксида графена с переоксисленной структурой.
3. Получение композита путем соосаждения дисперсии оксида графена (ОГ) и наночастиц магнетита.
4. Исследование структуры и свойств полученного композита.

## Гипотеза

ОГ может являться многофункциональным лигандом по отношению к наночастицам магнетита. Увеличение содержания кислорода в ОГ за счет увеличения количества добавляемого окислителя способствует более эффективному связыванию с наночастицами.

В настоящей работе были получены методом Массарта наночастицы магнетита из смеси солей железа (II и III). Далее был получен оксид графена по методу Хаммерса [1]. Увеличение степени окис-

ленности достигалось за счет добавления избытка окислителя (4,5 г перманганата калия на 1 г графита). На следующем этапе при использовании мощного ультразвука было проведено соосаждение водных дисперсий наночастиц магнетита и ГО. В результате был получен композит, состоящий из наночастиц и ГО. Композит показывал сильный отклик на приложенное магнитное поле. Полученный композит также был исследован методами ИК-спектроскопии, РФА и ПЭМ.

### **Литература**

1. Ioni, Y. Popova, A. Maksimov, S. Kozerozhets I. Ni Nanoparticles on the Reduced Graphene Oxide Surface Synthesized in Supercritical Isopropanol // *Nanomaterials*. 2023. Vol. 13. P. 2923. <https://doi.org/10.3390/nano13222923>.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛИРУЕМОГО СИНТЕЗА НАНОСЕРЕБРА С МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ В «А-РЕАКТОРЕ»

Александра С. (8 класс)<sup>1</sup>,  
Артём Г. (8 класс)<sup>1</sup>,  
Зарина М. (8 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: к.х.н. Оболенская Л.Н.

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ № 2065, 108819, г. Московский, 3-й микрорайон, 8,  
e-mail: 2065@edu.mos.ru

**Ключевые слова:** наносеребро, полиглюкановый синтез, «А-реактор», СЗМ, спектрофотометрия.

## Актуальность

Традиционные антисептики (спиртосодержащие и т.п.) убивают все клетки без разбора. Поэтому они небезопасны с медицинской и с экологической точки зрения. Именно поэтому актуально оптимизировать процесс синтеза «избирательных», не вредящих эукариотам, антибактериальных средств — наночастиц серебра, покрытых полиглюканами («длинными» углеводами) [1]. Мы решили впервые адаптировать для «А-реактора» [2] методику сонохимического полиглюканового синтеза [3] и, по возможности, найти корреляции между условиями синтеза, характеристиками образцов и их антибактериальной активностью.

**Цель:** разработать методику получения устойчивых золей наносеребра в «А-реакторе» (с мальтодекстрином (ДЭ 4–6) в роли восстановителя), получить серию этих золей и изучить их оптические свойства, дисперсность, антибактериальную активность.

Цель делится на **задачи**:

1. Подобрать условия синтеза и стабилизации наносеребра.

2. Получить серии золей наносеребра в стаканах и в «А-реакторе».
3. Изучить электронные спектры поглощения (ЭСП) золей сразу после синтеза и через 7 дней.
4. Изучить морфологию наночастиц методом сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).
5. Изучить влияние наночастиц на безопасные бактерии биолюминесцентным методом.

### **Методы исследования и оборудование**

Синтез наносеребра проводили способом на основе полиглюканового метода, с нашей адаптацией к «А-реактору». ЭСП были записаны на приборе ЭКРОС ПЭ 5400УФ, в кварцевых кюветах. Для изучения методом СЗМ 1 мкл золя наносился на свежесколотую плиту и высушивался. Сканирование проводилось в резонансном режиме на зондовом микроскопе ФемтоСкан (кантилевер NSG10). Для анализа биоактивности был применен биолюминесцентный метод (прибор «Экотест», суспензия безопасных бактерий «Эколюм»).

### **Результаты**

1. Для синтеза мы обрабатывали раствор  $\text{AgNO}_3$  с мальтодекстрином аммиаком и  $\text{NaOH}$ .
2. Цвета золей соответствуют всему диапазону оттенков наносеребра бледно-жёлтого до тёмно-красного. При переходе к синтезу в «А-реакторе» получили более выраженную серию золей и обнаружили, что цвет золя меняется скачкообразно в зависимости от объёма  $\text{NaOH}$ .
3. В ЭСП обнаружили, что при увеличении объёма  $\text{NaOH}$  происходит гипсохромный сдвиг максимума фотопоглощения, а значит, и уменьшение размеров частиц наносеребра. Интересно, что интенсивность максимума фотопоглощения увеличивается скачкообразно. Спектры золей с большим содержанием  $\text{NaOH}$  за 7 дней почти никак не изменились.



4. На изображения, полученных методом СЗМ, есть большое количество осевших (преимущественно по всей площади сканируемых участков) наночастиц латеральным размером около 50 нм и высотой 5–6 нм.
5. По данным биолюминесцентного метода, все полученные наночастицы уничтожают порядка 99% бактерий из суспензии «Эколюм»; разницы между разными золями не видно.

### **Литература**

1. Vukoje I. et al. Influence of glucose, sucrose, and dextran coatings on the stability and toxicity of silver nanoparticles //International Journal of Biological Macromolecules. 2022. Т. 194. С. 461–469.
2. Робототехнический комплекс НАУРОБО «Автоматический дозатор» [Электронный ресурс]. URL: <https://nau-ra.ru/education/education-robototehnika/gk-automatic-dispenser/> (дата обращения 03.11.2024)
3. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям // Изд-во Московского университета, Москва. — 2019. — С. 368.

# ГАЛОВИСМУТАТЫ N-МЕТИЛПИРИДИНИЯ

Нелли С. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: д.х.н. Котов В.Ю.<sup>2</sup>, Буйкин П.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АНО ОШ ЦПМ, 129272, Москва, Олимпийский пр-т, 11, с. 1, e-mail: info@school-cpm.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119991, Ленинский пр-т, 31, e-mail: info@igic.ras.ru

**Ключевые слова:** N-метилпиридиний, галовисмутаты, твердые растворы, кристаллическая структура, оптические свойства.

**Цель:** исследование структуры и оптических свойств галовисмутатов N-метилпиридиния.

**Задачи:** получение серии твердых растворов галовисмутатов N-метилпиридиния, определение элементного и фазового составов твердых растворов, определение оптических свойств полученных полупроводников, определение кристаллической структуры галовисмутатов N-метилпиридиния.

## Гипотеза

Для твердых растворов галовисмутатов на основе 2- и 4-метилпиридиния были обнаружены обратимые фазовые переходы, происходящие при изменении соотношения галогенов в их составе. Необходимо проверить, характерно ли это для всех изомерных галовисмутатов, в частности для галовисмутатов 1- (или N-) метилпиридиния.

При взаимодействии иодида N-метилпиридиния, галогенидов калия и нитрата висмута в подкисленном азотной кислотой водном растворе были получены окрашенные осадки галовисмутатов ( $X = \text{Br}, \text{I}$ ) N-метилпиридиния состава  $\text{N-MePyNBiX}_4$ . Однофаз-

ность восьми полученных образцов с долей иода среди галогенов от 0,25 до 0,91 была доказана методом рентгенофазового анализа. Из системы, не содержащий бром выделялись два твердых вещества. Наряду с иодовисмутатом N-метилпиридиния  $N\text{-MePyH}\text{BiI}_4$  в кристаллическом порошке был обнаружен продукт его окисления  $(N\text{-MePyH})_3\text{Bi}_2\text{I}_9 \cdot \text{I}_2$ . Элементный состав полученных твердых растворов (для тяжелых атомов) был установлен методом энергодисперсионной спектроскопии. Показано, что образование кристаллического осадка сопровождается обогащением выпадающих из раствора соединений иодом (на начальном участке зависимости доли иода в порошке от доли иода в растворе тангенс угла наклона близок к 5). При увеличении содержания иода в системе растворимость образующихся соединений падает, что приводит к увеличению выхода продуктов от 57 для  $N\text{-MePyH}\text{BiBr}_{3,01}\text{I}_{0,99}$  до 80% для  $N\text{-MePyH}\text{BiBr}_{0,35}\text{I}_{3,65}$ . По данным спектроскопии диффузного отражения ширина запрещенной зоны в серии однофазных твердых растворов линейно уменьшается с увеличением содержания иода в соединениях от 2,41 до 2,07 эВ. Ширина оптической запрещенной зоны  $(N\text{-MePyH})_3\text{Bi}_2\text{I}_9 \cdot \text{I}_2$  составляет 1,89 эВ, что обуславливает черный цвет примесных кристаллов. Из полученных кристаллических осадков были отобраны кристаллы для рентгеноструктурного анализа. Состав кристаллов, определенный методом рентгеноструктурного анализа, практически совпадал с составом порошков. Показано, что все выделенные вещества в серии галовисмутатов  $N\text{-MePyH}\text{BiX}_4$  кристаллизуются в пространственной группе  $P2_1/c$  и для параметров решетки в кристаллах выполняется закон Вегарда. Фазовые переходы в серии твердых растворов галовисмутатов N-метилпиридиния, в отличие от галовисмутатов 2- и 4-метилпиридиния, обнаружены не были.

Личный вклад: синтез серии твердых растворов галовисмутатов N-метилпиридиния, регистрация спектров диффузного отражения, пробоподготовка образцов для рентгенофазового анализа, математическая обработка полученных результатов.

# ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ИЗ БИОНЕФТИ ПРИ ПОМОЩИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Миржан Х. (11 класс)<sup>1</sup>,  
Эльнур Б. (11 класс)<sup>1</sup>

Руководитель работы: к.х.н. Шабалин В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ СОШ 1502, 107076, ул. 2-я Бухвостова, 6, e-mail: dir@lyceum1502.ru

<sup>2</sup> ИОНХ РАН, 119071, Ленинский пр-т, 31, e-mail: info@igic.ras.ru

В настоящее время, в условиях растущего спроса на энергию и химические продукты, получение ценных компонентов из сырья становится все более важным. Однако, с увеличением мировой популяции и индустриализации, появляется проблема не только в увеличении объемов производства, но и в поиске более эффективных и экологически чистых методов переработки сырья и получения ценных химических продуктов [1]. В этом контексте каталитический крекинг представляет собой важный процесс, позволяющий получать ценные химические продукты из бионефти, уменьшая при этом количество отходов и сокращая вредное воздействие на окружающую среду.

Одним из таких источников может стать биомасса как неоднократно было описано в литературе. Наиболее приемлемым подходом к переработке биомассы является использование двухстадийных процессов: ожигание / газификация / пиролиз биомассы с получением промежуточных продуктов — биогаза и, так называемой, «жизки» и их последующая конверсия в топлива или продукты нефтехимии. Биогаз содержит до 5% сероводорода, что существенно ограничивает его использование без проведения дополнительной очистки. Жизка, в свою очередь, представляет собой смесь воды (20–30% по весу) и сложной смеси кислород-

содержащих соединений, основными составляющими которой являются карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны, спирты, гликоли, эфиры, простые эфиры, фенолы и его производные, а также углеводы и олигомеры лигнина. Получение ценных химических продуктов из возобновляемого биосырья при помощи каталитического крекинга на цеолитных катализаторах — суть нашей работы.

В ходе работы был проведен каталитический крекинг вакуумного дистиллята через установку для определения активности микросферических катализаторов крекинга ЛинтеЛ МАК-10. Было предложено провезти каталитический крекинг с вакуумным дистиллятором, исходным сырьем каталитического крекинга. Далее подготовить образец вакуумного дистиллятора с 5% «жизки», для сравнения анализов выхода продуктов. Провели тоже самое с данным раствором. Все полученные продукты (газ и жидкость) проанализировали через хроматографы (для газовых смесей и жидких продуктов). Сравнили результаты и сделали вывод.

Исследование показало, что метод переработки жидкой био-нефти на основе раствора вакуумного дистиллята способствует снижению высокого количества отходов. На выходе процесса получают весьма ценные продукты, что позволяет экономить полезные ресурсы.

## **Литература**

1. StudFiles. Экономический рост и спрос на энергию (электронный ресурс), <https://studfile.net/preview/11791082/page4/>

# М-ХЛОРБЕНЗОАТЫ МЕДИ (II) — ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОТИВОМИКРОБНЫЕ АГЕНТЫ

Ольга Ш. (10 класс)<sup>1</sup>

Руководители работы: д.х.н. Луценко И.А.<sup>2</sup>, Кошенкова К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МКК «Пансион воспитанниц МО РФ», 125284, Москва, ул. Поликарпова, 21, к. 2, e-mail: ms-pans@mail.ru

<sup>2</sup> ИОНХРАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 31, e-mail: ksenia-18.11.99@mail.ru

**Ключевые слова:** координационные соединения меди (II), м-хлорбензойная кислота, синтез, структура, биологическая активность.

**Цель работы:** разработка методов синтеза координационных соединений Cu (II) с антимикобактериальной активностью.

## Задачи

1. Разработать синтетические подходы к комплексообразованию в системе [M–An–L] (M = Cu<sup>2+</sup>; An = анион м-хлорбензойной кислоты, L — 1,10-фенантролин (phen), имидазол (Im), метилимидазол (MeIm)) и подобрать их эффективное сочетание.
2. Изучить спектральные характеристики новых веществ на основе ИК-спектров.
3. Вырастить монокристаллы комплексов для установления структуры методом рентгеноструктурного анализа (РСА).
4. Подготовить образцы к биологическим испытаниям.

## Гипотеза

Наличие в составе соединения дополнительных моно- и бидентантных лигандов предполагает проявление комплексами биоактивности против микобактерий, причём хелатное связывание дает лучший эффект, чем монодентатная координация.

## Методы

ИК-спектроскопия, РСА, РФА, СНН-анализ, дисковый метод определения активности соединений против микобактериального штамма *Mycolicibacterium smegmatis*.

Одна из главных проблем в современном лечении различных патологий — быстрая выработка клетками устойчивости (резистентности) к химиотерапевтическим агентам. Поэтому разработка многоцелевых молекул, направленных одновременно на различные биологические мишени, является активной областью исследований бионеорганической, медицинской и координационной химии. В качестве комплексообразователей были выбран катион эндогенного металла, а именно меди, который участвует в целом каскаде биохимических реакций в клетке, а органическими молекулами выступили анионы хлорбензойной кислоты, 1,10-фенантролин, имидазол и его производные, способные дополнительно повышать биологическую активность.

Методика синтеза заключалась в ионообменной реакции между ацетатом металла, анионом кислоты с последующим добавлением N-донорного лиганда (one pot). Данные ИК-спектроскопии показали формирование новых соединений, а результаты РСА позволили идентифицировать три молекулярных комплекса состава  $[Cu(mClbenz)_2Lx]$  (при  $x = 1$ ,  $L = phen$  (1, рис. 1 слева);  $x = 2$ ,  $L = Im$  (2),  $MeIm$  (3, рис. 1 справа)). По данным РСА комплексы

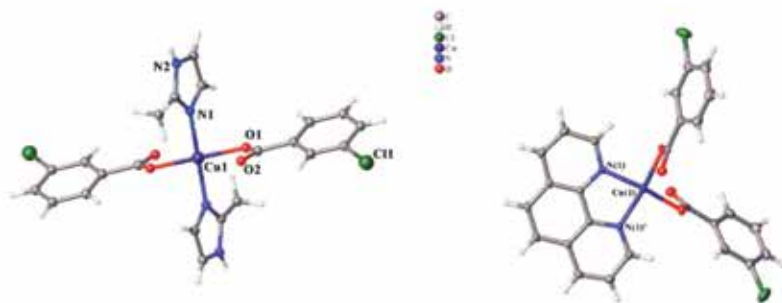


Рис. 1. Молекулярная структура комплексов 1 и 3

1–3 являются моноядерными,  $\text{Cu}^{2+}$  координирует пару м-хлорбензоат анионов и одну молекулу фенантролина (для 1) или два фрагмента имидазола / метилимидазола (для 2 и 3), формируя координационное число комплексообразователя равное 4. Антимикобактериальная активность соединений была исследована в отношении модельного непатогенного штамма *M. smegmatis*, наилучшую эффективность показал комплекс 1, значительно превышающий соединения 2 и 3 ( в 80 раз), что доказывает влияние хелатного эффекта на биоактивность.