

# Научно-исследовательская работа

## Биология

**Синтез, исследование и свойства термохромных веществ на основе комплексов нитрата железа с незамещённым триазолом.**

***Выполнила:***

*Кузнецова Полина Андреевна*

*учащаяся 7 класса*

*МАОУ ОЦ «Горностай», Россия, г. Новосибирск*

***Руководитель:***

*Коковкин Василий Васильевич кхн, снс ИНХ СО РАН*

*МАОУ ОЦ «Горностай», Россия, г. Новосибирск*

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **ПОРТФОЛИО ПРОЕКТА**

#### **Паспорт проекта:**

- 1. Тема проекта:** Синтез, исследование и свойства термохромных веществ на основе комплексов нитрата железа с незамещённым триазолом.
- 2. Тип проекта:** Исследовательский
- 3. ФИО разработчиков:**  
Автор проекта: Кузнецова Полина  
Научный руководитель проекта: Коковкин Василий Васильевич
- 4. Класс 7 «БХ»**
- 5. Название Образовательного Учреждения:**  
МАОУ ОЦ «Горностай», Советского района г. Новосибирска.
- 6. Предметная область:**  
физика, неорганическая химия
- 7. Время работы над проектом:** сентябрь 2022 – январь 2023
- 8. Проблема:** для защиты информации, помещённой на различные носители, важно использовать вещества, обладающие заранее заданными свойствами температурного перехода.  
**Актуальность:** существуют разные способы подделки информации, размещённой на всевозможных носителях (бумажные, электронные носители и т.п.). Поэтому необходимы различные виды защиты, чтобы установить их подлинность.
- 9. Цель:** Поиск веществ, обладающих свойством изменения цвета при достижении определённой температуры.
- 10. Задачи:**
  1. Провести литературный обзор по теме.
  2. Синтезировать комплексы нитрата железа с незамещённым триазолом.
  3. Изучить основные свойства комплексов.

4. Предложить основные способы использования данных комплексов.
5. Презентовать результаты проектной работы.
11. Итоговый **продукт проекта**: рекомендации, выводы по исследованию
12. **Гипотеза**: Получение комплекса нитрата железа с незамещённым триазолом даёт возможность изменять окраску при достижении определённой температуры.
13. Описание **исследования**:

В исследовании участвовала группа респондентов в количестве 2 человек.  
Возраст респондентов 13, 65  
Метод исследования: эксперимент.
14. **Выводы** по работе над проектом.
  - В проекте удалось синтезировать комплекс  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{N}_3)_3](\text{NO}_3)_2$ , который можно использовать для защиты важной информации.
  - Трудности заключаются в том, что конечный осадок комплекса выпадал в течение достаточно длительного времени.
  - В ходе проекта удалось получить термохром, основанного на принципе изменения электронной конфигурации.
  - В ходе работы я научилась брать навески, смешивать реагенты, нагревать растворы, выделять осадок, фильтровать.
  - Таким образом, удалось решить проблему получения веществ, обладающих заранее заданными свойствами температурного перехода.
15. **Список использованных источников информации**:
  1. Физико-химическое исследование спин-кроссовера в комплексе нафталин-2-сульфоната железа (II) с 4-амино-1,2,4-триазолом / В.В.Коковкин, Е.В.Коротаев, И.В.Миронов, Л.Г.Лавренова // Журнал структурной химии. – 2021. – Т. 62, № 8. – С.1277-1285.
  2. Курносков Н. М. Spin-crossover в комплексах переходных металлов [сайт]. - URL: <http://www.inorg.chem.msu.ru> > [Kurnosov\\_N\\_M](#) (дата обращения: 29.01.2023).

3. Термохромизм [сайт]. - URL: <https://www.hisour.com › thermochromism-24806>  
(дата обращения: 29.01.2023).

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Раздел</b>	<b>Страницы</b>
<b>1. ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>	5-6
<b>3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>	7-9
<b>4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	9
<b>5. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ</b>	9
<b>6. ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	10-15

# ОПИСАНИЕ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ

## ВВЕДЕНИЕ

**Проблема:** для защиты информации, помещённой на различные носители, важно использовать вещества, обладающие заранее заданными свойствами температурного перехода.

**Актуальность:** существуют разные способы подделки информации, размещённой на всевозможных носителях (бумажные, электронные носители и т.п.). Поэтому необходимы различные виды защиты, чтобы установить их подлинность.

### Задачи проекта:

1. Провести литературный обзор по теме.
2. Синтезировать комплексы нитрата железа с незамещённым триазолом.
3. Изучить основные свойства комплексов.
4. Предложить основные способы использования данных комплексов.
5. Презентовать результаты проектной работы.

**Цель:** Поиск веществ, обладающих свойством изменения цвета при достижении определённой температуры.

**Гипотеза:** Получение комплекса нитрата железа с незамещённым триазолом даёт возможность изменять окраску при достижении определённой температуры.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Введение

Термохромизм — свойство веществ изменять цвет из-за изменения температуры. Сейчас явление термохромизма широко используется в

обычной жизни: существуют меняющие цвет краски для волос и лаки для ногтей, термохромная посуда и одежда.

Термочувствительные цветовые индикаторы в большинстве своем изготовлены на основе комплексных соединений переходных металлов. Например, термочувствительный пигмент  $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$  изменяет окраску от желтой до темно-красной при  $45^\circ\text{C}$ . Изменение окраски связано с перестройкой их кристаллической структуры.

*(см. рис. 1)*

### **Спин-кроссовер**

Также существует термохромизм на основе спин-кроссовера.

Спин-кроссовер – эффект изменения спинового состояния атома металла в комплексном соединении под действием внешних факторов (температура, излучение, давление).

Основное отличие между ними – разные способы изменения окраски. У термохромизма – перестройка кристаллической структуры, а у термохромизма на основе спин-кроссовера - изменение электронной конфигурации  $^1\text{A}_1 \leftrightarrow ^5\text{T}_2$ .

*(см. рис. 2 и рис. 3)*

Ранее в ИНХ СО РАН были разработаны методики синтеза комплексов железа (II) с 1,2,4-триазолами и трис(пиразол-1-ил)метанами, которые описаны в серии опубликованных научных статей и обзоров.

В моем проекте мы синтезируем и изучаем комплекс железа (II) с 1,2,4-триазолом.

*(см. рис. 4 и рис. 5)*

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Синтез комплекса

*Реактивы для синтеза: FeSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O – х.ч.; Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – х.ч.; азотная кислота конц. – х.ч.; аскорбиновая кислота – фарм.; 1,2,4-триазол – ч.; этанол – рект.; фиксонал азотной кислоты 0,1 моль; дистиллированная вода.*

### Ход синтеза:

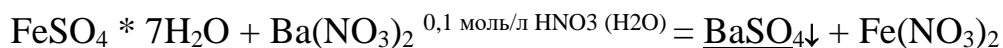
В растворе HNO<sub>3</sub> 0,10 моль/л растворяем аскорбиновую кислоту (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>). Навески солей, FeSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O (0,7 г) и Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (0,65 г) растворяем в 5-7 мл 0,10 моль/л HNO<sub>3</sub>. Растворы нагреваем и медленно, при перемешивании, добавляем горячий раствор нитрата бария к горячему раствору сульфата железа. При добавлении выпадает осадок BaSO<sub>4</sub>, который вместе с раствором оставляем на 1-2 ч при высокой температуре для его старения. Затем осадок отделяем фильтрованием, а к полученному раствору Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> добавляем раствор 1,2,4-триазола в этаноле. В результате взаимодействия должен выпасть осадок комплекса [Fe(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>)<sub>3</sub>](NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

На аналитических весах были взвешены навески реагентов FeSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O; Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; аскорбиновая кислота; 1,2,4-триазол.

На картинке представлено взятие навески 1,2,4-триазола.

*(см. рис. б)*

В результате смешения растворов сульфата железа и нитрата бария в растворе азотной кислоты с добавкой аскорбиновой проходит следующая реакция:



В результате реакции выпал осадок, который мы оставили на 1,5 часа для его «старения».

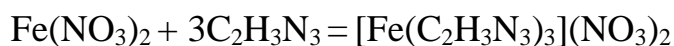
*(см. рис. 7)*

Осадок отделяем от фильтрата через бумажный фильтр «Синяя лента».

Фильтр «Синяя лента» имеет диаметр пор 2-3 мкм (самый «тонкий» фильтр).

*(см. рис. 8)*

1,2,4-триазол растворили в 5 мл этанола и добавили его к фильтрату раствора полученного после реакции.



В результате реакции образуется осадок комплекса.

*(см. рис. 9 и рис. 10)*

Полученный осадок фильтруем через бумажный фильтр «Красная лента».

Фильтр «Красная лента» имеет диаметр пор 5-8 мкм.

Далее осадок промываем этанолом и сушим на воздухе.

*(см. рис. 11)*

Основные свойства

1. Наблюдается переход окраски осадка комплекса от фиолетового к белому
2. Переход окраски от холодного к горячему при температуре 355 К
3. Переход окраски от горячего к холодному при температуре 345 К

*(см. рис. 12)*



## Основные способы использования полученного комплекса

1. Установление подлинности ценных бумаг, акций и др.
2. На различных предприятиях, где важно, чтобы деталь, используемая в процессе работы не перегревалась (телефонные станции, различные станки для обработки и др.)

## Выводы

1. Проведён синтез комплекса  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{N}_3)_3](\text{NO}_3)_2$  из реагентов:  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ; азотная кислота; 1,2,4-триазол.
2. Показано, что комплекс обладает термохромным переходом от фиолетового к белому и обратно.
3. Предложены основные способы применения полученного комплекса для практических.

## Заключение

- В проекте удалось синтезировать комплекс  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{N}_3)_3](\text{NO}_3)_2$ , который можно использовать для защиты важной информации.
- Трудности заключаются в том, что конечный осадок комплекса выпадал в течение достаточно длительного времени.
- В ходе проекта удалось получить термохром, основанного на принципе изменения электронной конфигурации.
- В ходе работы я научилась брать навески, смешивать реагенты, нагревать растворы, выделять осадок, фильтровать.
- Таким образом, удалось решить проблему получения веществ, обладающих заранее заданными свойствами температурного перехода.

## Источники информации

- Физико-химическое исследование спин-кроссовера в комплексе нафталин-2-сульфоната железа (II) с 4-амино-1,2,4-триазолом / В.В.Коковкин,

Е.В.Коротаев, И.В.Миронов, Л.Г.Лавренова // Журнал структурной химии.  
– 2021. – Т. 62, № 8. – С.1277-1285.

- Курносоев Н. М. Spin-crossover в комплексах переходных металлов [сайт].  
- URL: <http://www.inorg.chem.msu.ru> > [Kurnosov\\_N\\_M](#) (дата обращения: 29.01.2023).
- Термохромизм [сайт]. - URL: <https://www.hisour.com> > [thermochromism-24806](#) (дата обращения: 29.01.2023).

### 3. Приложения



рис. 1

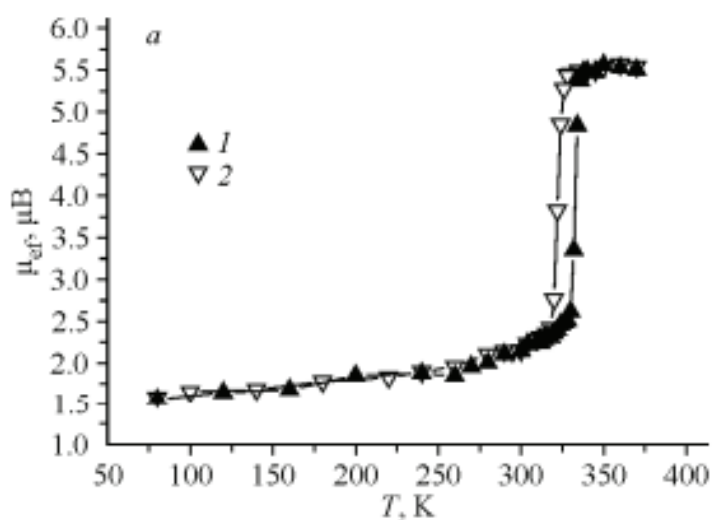


рис. 2

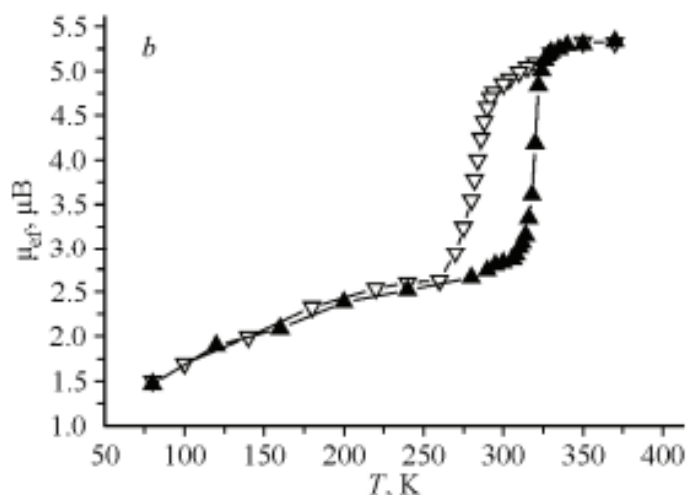


рис. 3

Журнал неорганической химии, 2020, Т. 65, № 1, стр. 34–39

СПИН-КРОССОВЕР В НОВЫХ КОМПЛЕКСАХ ЖЕЛЕЗА(II) С 2,6-БИС(БЕНЗИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ПИРИДИНОМ

Л. Г. Лавренова<sup>a, b, \*</sup>, И. И. Дюкова<sup>a, b</sup>, Е. В. Коротаев<sup>a</sup>, Л. А. Шелудякова<sup>a, b</sup>, В. А. Варнек<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН  
630090 Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 3, Россия

<sup>b</sup> Новосибирский национальный исследовательский государственный университет  
630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

Ин

рис. 4

ЖУРНАЛ СТРУКТУРНОЙ ХИМИИ

2021. Том 62, № 8

Август

С. 1277 – 1285

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПИН-КРОССОВЕРА  
В КОМПЛЕКСЕ НАФТАЛИН-2-СУЛЬФОНАТА ЖЕЛЕЗА(II)  
С 4-АМИНО-1,2,4-ТРИАЗОЛОМ**

**В.В. Коковкин, Е.В. Коротаев, И.В. Миронов, Л.Г. Лавренова**

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия  
E-mail: basil@niic.nsc.ru

Статья поступила  
30.03.2021

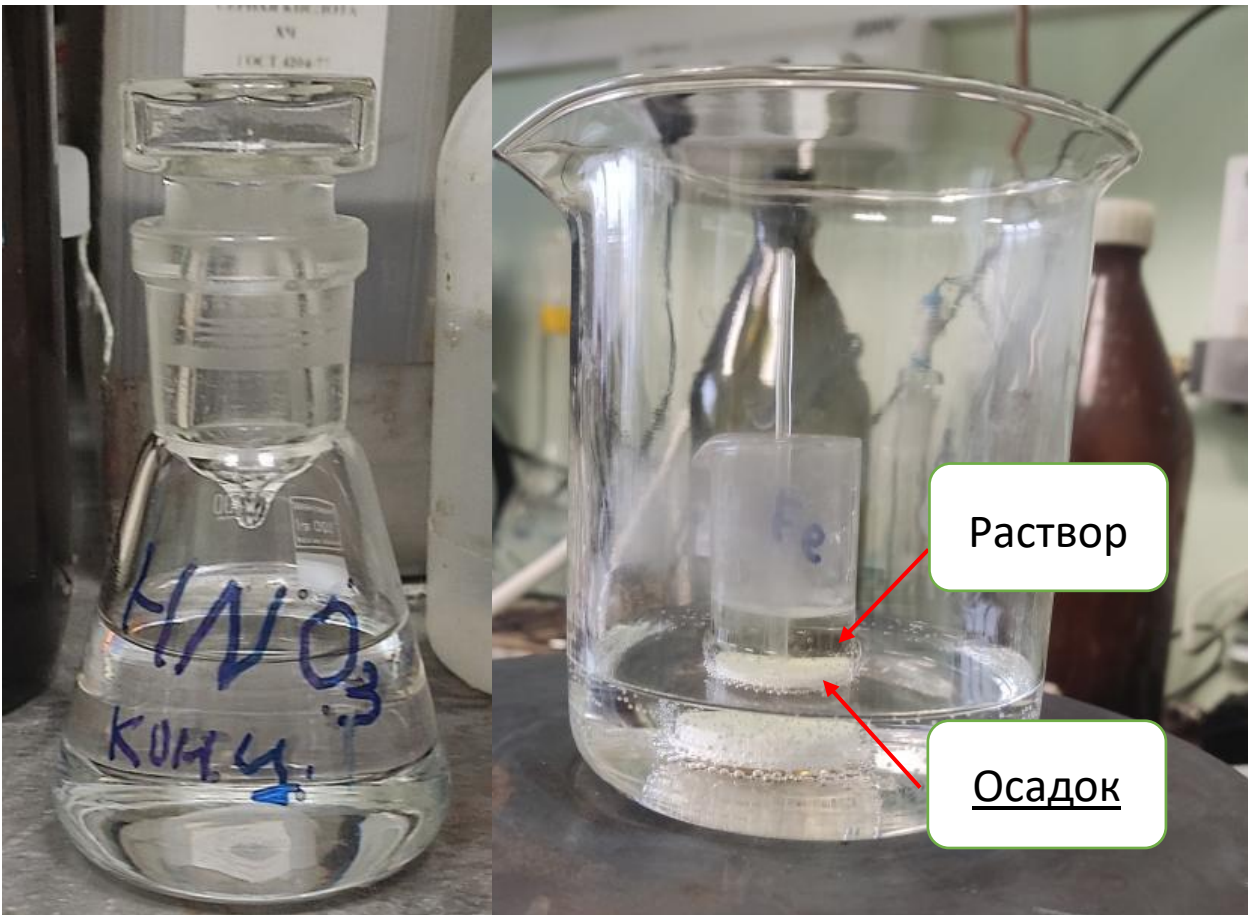
С доработки  
07.04.2021

Принято к публикации  
07.04.2021

рис. 5



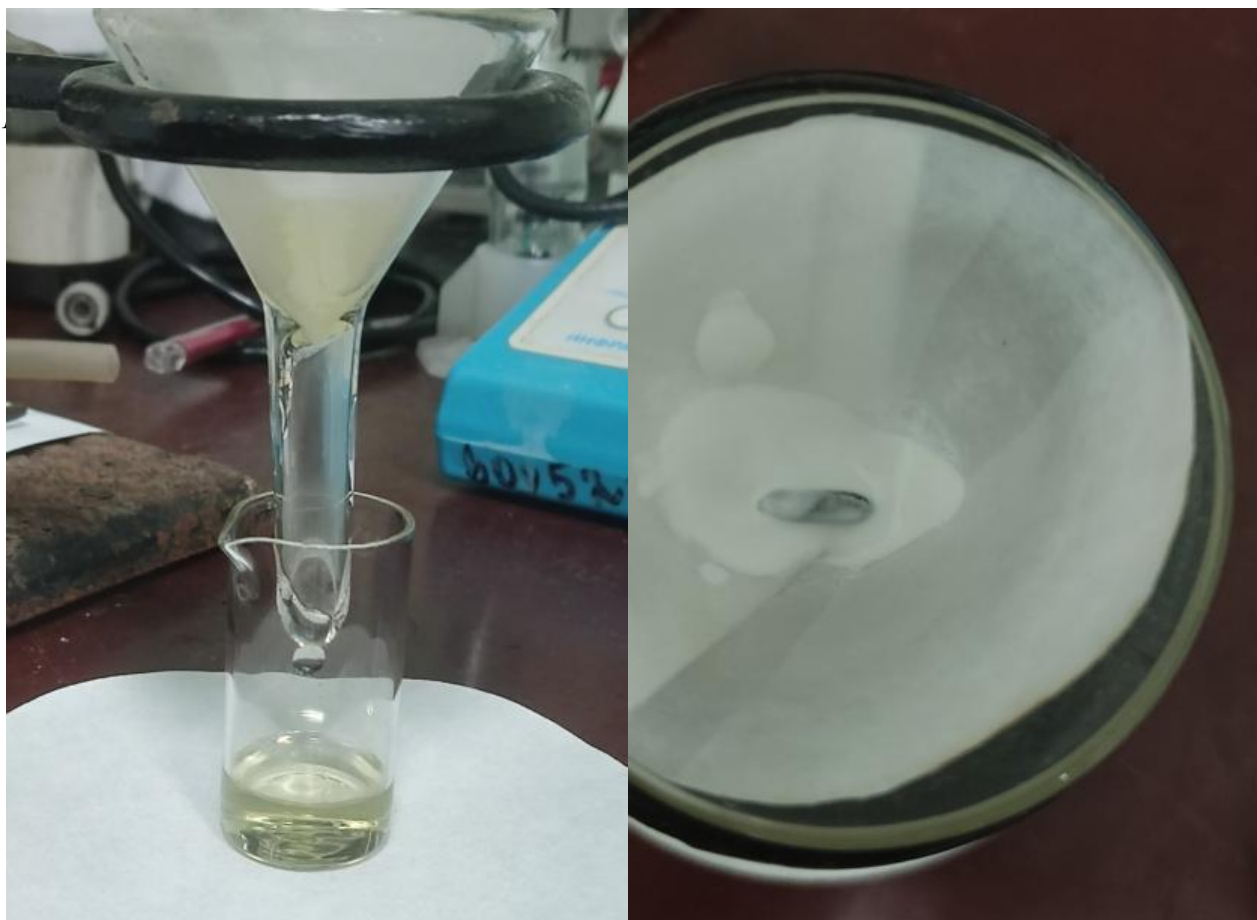
рис. 6



Азотная кислота

Стаканчик после реакции

рис. 7



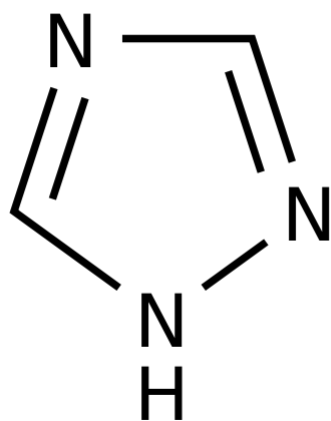
Фильтрат

Осадок

рис. 8



рис. 9



Структурная формула 1,2,4-триазола

рис. 10



рис. 11



Комплекс фиолетового  
цвета



Комплекс белого цвета

*рис. 12*