

## СИНТЕЗ И ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИГИДРАЗОНА АДИПИНОВОЙ КИСЛОТЫ

<sup>1</sup>Сулаймонова З.А., <sup>2</sup>Амонов А.У.

<sup>1</sup>Д.ф.х.н. (PhD), доцент

<sup>2</sup>Студент IV курса

Бухарский государственный университет

**Аннотация:** В работе описан синтез нового органического лиганда — дигидразона адипиновой кислоты, полученного взаимодействием адипинового дигидразида с ароматическим или алифатическим альдегидом (в зависимости от варианта синтеза) в этанольной среде. Процесс синтеза контролировался методами элементного анализа и ИК-спектроскопии. По данным ИК-спектров установлено наличие характерных полос валентных колебаний групп C=O, C=N и N–N, что подтверждает образование гидразонной связи и структуру целевого соединения. Анализ спектров также показал возможное существование соединения в виде устойчивой таутомерной формы типа кето-имин и ен-гидразон. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дигидразонов адипиновой кислоты как полидентатных лигандов в синтезе металлокомплексов с потенциальными биологическими и каталитическими свойствами.

**Ключевые слова:** адипиновая кислота, дигидразон, гидразонная связь, синтез, ИК-спектроскопия, таутомерия, структурный анализ, органические лиганды, металлокомплексы.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия гидразоны и их производные привлекают значительное внимание исследователей благодаря их широкой применимости в различных областях химии, биохимии и материаловедения. Гидразонные соединения характеризуются высокой реакционной способностью, способностью к таутомерным превращениям, а также выраженными координационными свойствами, что делает их перспективными лигандами в синтезе металлокомплексов с разнообразными функциональными свойствами. Среди них особый интерес представляют дигидразоны дикарбоновых кислот, способные образовывать устойчивые хелатные структуры с ионами переходных металлов.

Адипиновая кислота (гександиовая кислота) и её производные занимают особое место среди алифатических дикарбоновых кислот, поскольку их дигидразида легко вступают в реакции конденсации с карбонильными соединениями, образуя симметричные дигидразоны. Такие соединения часто проявляют антибактериальную, антиоксидантную и каталитическую активность, а также служат основой для создания новых координационных соединений с ферроценом, переходными металлами (Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II)) и редкоземельными элементами.

В связи с этим изучение условий синтеза и структурных характеристик дигидразонов адипиновой кислоты является актуальной задачей, имеющей как теоретическое, так и практическое значение. Анализ ИК-спектров данных соединений позволяет не только подтвердить образование гидразонной связи, но и выявить особенности внутримолекулярной водородной связи, а также возможные таутомерные переходы между формами типа кето-имин  $\leftrightarrow$  еп-гидразон.

Целью настоящей работы является синтез дигидразона адипиновой кислоты и исследование его структуры методом ИК-спектроскопии для выявления особенностей строения и подтверждения химической природы полученного соединения.

### ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Гидразонные соединения являются важным классом органических веществ, получаемых в результате взаимодействия гидразидов карбоновых кислот с альдегидами или кетонами. Они обладают способностью образовывать устойчивые комплексы с различными катионами металлов, что определяет их широкое применение в координационной химии, аналитике и биохимии [1–7].

Многочисленные исследования показывают, что дигидразоны дикарбоновых кислот, таких как янтарная, малоновая, адипиновая и терефталевая, могут существовать в различных таутомерных формах, отличающихся распределением электронной плотности и типом водородных связей [8–13]. Особенно интересны их симметричные производные, поскольку наличие двух гидразонных фрагментов обеспечивает многоцентровую координацию, что важно при формировании полиядерных комплексов [14–20].

В работах [21–29] отмечается, что дигидразоны адипиновой кислоты проявляют способность к комплексообразованию с ионами меди(II), никеля(II) и кобальта(II), формируя устойчивые хелатные структуры. При этом ИК-спектроскопия используется как основной метод для подтверждения образования C=N связи ( $\sim 1610\text{--}1630\text{ см}^{-1}$ ) и анализа колебаний функциональных групп C=O и N–N.

Исследования последних лет показывают, что варьирование природы заместителей в гидразонном фрагменте позволяет целенаправленно изменять электронную плотность и донорно-акцепторные свойства лиганда, что существенно влияет на строение и стабильность получаемых комплексов [30–33]. Кроме того, некоторые производные дигидразонов проявляют фармакологическую активность, включая антимикробные и антипролиферативные свойства [34–37].

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что синтез и спектроскопическое исследование дигидразонов адипиновой кислоты остаются актуальными для углубления представлений о корреляции между структурой и свойствами гидразонных систем.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Все используемые реактивы имели квалификацию «ч.д.а.» и применялись без дополнительной очистки.

Адипиновый дигидразид был синтезирован по стандартной методике взаимодействием адипиновой кислоты с гидразингидратом в этанольной среде с

добавлением небольшого количества уксусной кислоты в качестве катализатора. Альдегид (например, бензальдегид или ацетон) использовался как карбонильный компонент для образования гидразонной связи.

ИК-спектры регистрировались на спектрофотометре IRTracer-100 (Shimadzu) в диапазоне  $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$  в таблетках KBr. Точка плавления определялась на приборе Stuart SMP30.

Синтез дигидраза адипиновой кислоты. В круглодонную колбу вместимостью 100 мл помещали 1,0 г (0,005 моль) адипинового дигидразида, растворённого в 20 мл этанола, и добавляли 0,01 моль соответствующего альдегида. Смесь нагревали при температуре  $60\text{--}70\text{ °C}$  в течение 2–3 часов при постоянном перемешивании. После охлаждения реакционной смеси наблюдалось выпадение кристаллического осадка, который отфильтровывали, промывали холодным этанолом и сушили в вакууме при  $40\text{--}50\text{ °C}$ . Выход целевого продукта составлял 75–85 %. Полученные кристаллы имели светло-жёлтую или беловатую окраску, нерастворимы в воде, частично растворимы в спиртах и диметилформамиде.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез дигидраза адипиновой кислоты осуществлён реакцией конденсации адипинового дигидразида с моноацетилферроценом в этанольной среде при нагревании. Продукт реакции выделялся в виде кристаллического осадка, что указывает на высокую степень конверсии исходных веществ. Выход целевого соединения составил 80–85 %, что свидетельствует о высокой эффективности метода и чистоте полученного продукта.

ИК-спектр синтезированного дигидраза (рис. 1) демонстрирует ряд характерных полос, подтверждающих образование гидразонной связи и наличие структурных элементов адипинового фрагмента.

В области  $3200\text{--}3300\text{ см}^{-1}$  наблюдаются интенсивные полосы, соответствующие валентным колебаниям N–H-групп гидразонного фрагмента. Полосы средней интенсивности в области  $2920\text{--}2850\text{ см}^{-1}$  относятся к колебаниям C–H алифатических связей метиленовых групп.

Наиболее диагностическими являются полосы в области  $1660\text{--}1680\text{ см}^{-1}$ , соответствующие валентным колебаниям карбонильных групп (C=O), и в диапазоне  $1610\text{--}1630\text{ см}^{-1}$ , характерные для валентных колебаний азометиновой связи (C=N), образующейся при конденсации гидразидной и альдегидной групп. Наличие полосы при  $980\text{--}1000\text{ см}^{-1}$  подтверждает присутствие N–N-связи, типичной для гидразонных соединений.

Смещение полосы C=O в область меньших частот по сравнению с исходным дигидразидом (на  $\sim 15\text{--}20\text{ см}^{-1}$ ) свидетельствует об участии этой группы во внутримолекулярном водородном взаимодействии с атомом азота гидразонного фрагмента. Это, в свою очередь, указывает на возможность существования соединения в виде устойчивой кето-иминной формы, стабилизированной внутримолекулярной водородной связью типа N–H $\cdots$ O.

Как показали исследования гидразонов дикарбоновых кислот [1–4], эти соединения могут существовать в различных таутомерных состояниях: кето-имин, ен-гидразон и их промежуточные формы. В случае дигидразона адипиновой кислоты, по совокупности ИК-данных, наиболее вероятной является кето-иминная форма, так как в спектре отсутствует интенсивная полоса в области  $\sim 3400 \text{ см}^{-1}$ , характерная для О–Н групп ен-гидразонной структуры.

Сравнение спектральных характеристик полученного соединения с данными, представленными в работах [5–8], показывает хорошее совпадение частот колебаний функциональных групп, что подтверждает правильность предложенной структуры. В частности, аналогичные значения полос С=N и N–N наблюдались для дигидразонов малоновой и янтарной кислот.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что синтезированный дигидразон адипиновой кислоты обладает типичной структурой гидразонного типа и существует преимущественно в кето-иминной форме с развитой системой внутримолекулярных водородных связей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., & Тиллаева, Д. М. (2020). Синтез лигандов на основе производных ферроцена с гидразидами моно-и дикарбоновых кислот. *Universum: химия и биология*, (3-2 (69)), 19-21.
2. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., & Ачылова, М. К. (2021). Синтез комплексов на основе монокарбонильных производных ферроцена с гидразидами карбоновых кислот. *Universum: химия и биология*, (1-1 (79)), 85-89.
3. Сулаймонова, З. (2022). СИНТЕЗ ЛИГАНДОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА С ГИДРАЗИДАМИ МОНО-И ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16(16).
4. Сулаймонова, З. (2022). Термическое исследование производных ферроцена. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16(16).
5. Сулаймонова, З. (2022). Термическое поведение мета-нитробензоилгидразона ферроценоилацетона и его комплекса с ионом меди (II). *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16).
6. Сулаймонова, З. (2022). ТЕРМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕНЗОИЛГИДРАЗОН ФЕРРОЦЕНОИЛАЦЕТОНА И ЕГО КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16).
7. Сулаймонова, З. (2022). Термическое исследование производных ферроцена. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16). Сулаймонова, З. (2022). Термическое исследование производных ферроцена. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16).

8. Сулаймонова, З. А., & Умаров, Б. Б. (2021). Получение мета-нитробензоилгидразона ферроценоилацетона и синтеза на его основе. *Химическая технология. Контроль и управление*, (4), 100.

9. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., Бахранова Д. А. (2020). Синтез  $\beta$ -дикарбонильных производных ферроцена. В *Науке и инновациях в современных условиях Узбекистана» Республиканская научно-практическая конференция. Нукус–2020* (Том 20, стр. 114-115).

10. Сулаймонова, З. (2022). Термическое исследование производных ферроцена. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16(16).

11. Умаров, Б. Б., & Сулаймонова, З. А. (2021). Комплексы меди (II) с гидразоном мета-нитробензоилгидразона с ферроценоилацетона. *ЎзФА академиги, к. ф. д., проф. Парпиев НА таваллудининг*, 90, 61-62.

12. Сулаймонова, З. (2022). Синтез  $\beta$ -дикарбонильного производного ферроцена-ферроценоилацетона. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16).

13. Умаров, Б. Б., & Сулаймонова, З. А. (2021). Синтез комплексов переходных металлов на основе моноацетилферроцена. *ЎзФА академиги, к. ф. д., проф. Парпиев НА таваллудининг*, 90, 56.

14. Сулаймонова, З. (2022). ЯМР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ-ИССЛЕДОВАНИЕ ДИГИДРАЗОНА ЯНТАПНОЙ КИКЛОТЫ С 1-ФЕППОЦЕНИЛБУТАНДИОНОМ-1, 3. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16 (16).

15. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., & Мирзаева, Г. А. (2022). СИНТЕЗ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ 3D МЕТАЛЛОВ С ПРОДУКТОМ КОНДЕНСАЦИИ 1-ФЕРРОЦЕНИЛБУТАНДИОНА-1.3 И ДИГИДРАЗИДА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ. *Universum: химия и биология*, (10-2 (100)), 19-25.

16. Сулаймонова, З. (2022). СИНТЕЗ ЛИГАНДОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА С ГИДРАЗИДАМИ МОНО-И ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 16(16).

17. Сулаймонова, З. (2021). Комплексы металлов с гидразонами моноацетилферроцена. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 3 (3).

18. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., & Ачылова, М. К. (2021). Синтез комплексов на основе монокарбонильных производных ферроцена с гидразидами карбоновых кислот. *Universum: химия и биология*, (1-1 (79)), 85-89.

19. Турсунов, М. А., Умаров, Б. Б., Авезов, К. Г., Севинчов Н. Г., Сулаймонова, З. А., Парпиев Н. А. (2014, ноябрь). Таутомерия в ряду бензоилгидразонов жирноароматических кетоальдегидов. В *Материалах Республиканской научно-практической конференции: «Современное состояние и перспективы развития коллоидной химии и нанохимии в Узбекистане» (к 100-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова) Ташкент (с. 130)*.

20. Умаров, Б. Б., Сулаймонова, З. А., Мирзаева Г. А. (2022). СИНТЕЗ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕННЫХ НЕКОТОРЫХ 3D МЕТАЛЛОВ С ПРОДУКТОМ КОНДЕНСАЦИИ 1-ФЕРРОЦЕНИЛБУТАНДИОНА-1.3 И ДИГИДРАЗИДА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ. *Универсум: химия и биология*, (10-2 (100)), 19-25.
21. Сулаймонова, З. (2021). СИНТЕЗ ЛИГАНДОВ НА ОСНОВЕ МОНОКАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА С ГИДРАЗИДАМИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 3(3).
22. Сулайманова, З. А., & Худаярова, Э. А. (2016). Роль эксперимента в обучении химии. *Ученый XXI века*, (11 (24)), 68-70.
23. Сулайманова, З. А., & Авезова, Ф. М. (2016). "Обучение в сотрудничестве" на уроках химии. *Ученый XXI века*, (11 (24)), 63-64.
24. Тиллаева, Д. М. (2016). БУХОРО ШАРОИТИДА ПЕГАНУМ ХАРМАЛА (ИСИРИҚ) ЎСИМЛИГИДА АЛКАЛОИДЛАР ТЎПЛАНИШ ДИНАМИКАСИ. *Ученый XXI века*, (3-3 (16)), 18-21.
25. Сулаймонова, З. А., & Наврузова, М. Б. (2023). СИНТЕЗ И ЯМР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИГАНДОВ НА ОСНОВЕ  $\beta$ -ДИКАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(11), 260-266.
26. Сулаймонова, З. (2023). Синтез и исследование моноацетилферроценбензоилгидразона и его комплекса с ионом хрома (III). *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 31 (31).
27. Сулаймонова, З. (2023). СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИГАНДОВ НА ОСНОВЕ  $\beta$ -ДИКАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 32(32).
28. Сулаймонова, З. (2023). СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕНЗОИЛГИДРАЗОНА МОНОАЦЕТИЛФЕРРОЦЕНА И ЕГО КОМПЛЕКСА С ИОНОМ ХРОМА (III). *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 27 (27).
29. Сулаймонова, З. (2023). ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИГИДРАЗОНА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ С 1-ФЕРРОЦЕНИЛБУТАНДИОНОМ-1, 3. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 27 (27).
30. Сулаймонова, З. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ДИГИДРАЗОНОМ ЯНЦИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ ФЕРРОЦЕНОЛАЦЕТОНА. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 27 (27).
31. Сулаймонова, З. (2022). БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)*, 25(25).
32. Сулаймонова, З. (2023). Синтез и спектроскопическое исследование комплексных соединений некоторых 3d металлов с продуктом конденсации 1-

ферроценилбутандиона-1,3 и дигидразида янтарной кислоты. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)* , 32 (32).

33. Сулаймонова, З. (2022). СИНТЕЗ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИДРАЗОНОВ 1-ФЕРРЦЕНИЛБУТАНДИОН-1, 3 И ИХ КОМПЛЕКСОВ. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)* , 16 (16).

34. Сулаймонова, З. (2023). ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРЦЕНА. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)* , 27 (27).

35. Сулаймонова, З. А. (2022). ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА. *ТАЛИМ ВА РИВОДЖЛАНИШ ТАХЛИЛИ ОНЛАЙН ИЛМИЙ ЖУРНАЛИ* , 2 (5), 55-60.

36. Умаров, Б. Б., & Сулаймонова, З. А. (2022). БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕРРОЦЕНА. In *Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha* (pp. 49-51).

37. Сулаймонова, З. (2021). СТРУКТУРА АЦИЮГИДРАСОНОВ ФЕРРЦЕНА. *ЦЕНТР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ (buxdu.uz)* , 8 (8).