

5. Siddiqui, S.A.; Zhang, Y.; Lloret, J.; Song, H.; Obradovic, Z. Pain-Free Blood Glucose Monitoring Using Wearable Sensors: Recent Advancements and Future Prospects. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2018, 11, 21–35. [CrossRef]
6. Bazaev, N.A.; Masloboev, I.P.; Selishchev, S.V. Optical methods for noninvasive blood glucose monitoring. *Med. Tekh.* 2011, 29–33. [CrossRef]
7. Rukkumani V, Radhika V, Sivasankari S, Veera Vanitha. Non Invasive Determination of Blood Group Typing Blood Glucose and Haemoglobin Analysis *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* Vol.12 No. 7 (2021), 1506-1509.
8. <https://www.labmedica.com/technology/articles/294795440/revolutionary-non-invasive-technique-measures-glucose-levels-without-drawing-blood.html>
9. S. Mohanram and A. Shirly Edward. Measurement of Blood Glucose using Non-Invasive Methods – A Review. 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1964 062022
10. Liu Tang, Shwu Jen Chang, Ching-Jung Chen, and Jen-Tsai Liu. Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Technology: A Review *Sensors* 2020, 20(23), 6925; <https://doi.org/10.3390/s20236925>
11. Laha, S.; Rajput, A.; Laha, S.S.; Jadhav, R. A Concise and Systematic Review on Non-Invasive Glucose Monitoring for Potential Diabetes Management. *Biosensors.* 2022, 12, 965. <https://doi.org/10.3390/bios12110965>
12. Портнов, Ф.Г. Электропунктурная рефлексотерапия. Рига: Зинатне. 1987. 352 с.
13. Huodo M.D. Ruodoraky treatment and objective approach to acupuncture. *Amer. Jur. Acupuncture.* – 1984. - Vol.12, №3. - pp. 229-238.
14. Gafarov Gadir and Rustamova Durdane. Biologically Active Points and Application Possibilities in Medicine. *International Journal of Academic Health and Medical Research (IJAHMR)* ISSN: 2643-9824. Vol. 6 Issue 11, November - 2022, pp.1-4.
15. A.Guliev, G.Jo`raev, U.Turapov. The use of indicators of electrical resistance of bioactive points located in the meridians of the human body in the diagnosis and treatment of diabetes mellitus. *International Scientific Journal "Science and Innovation". Series A. Volume 1 Issue 8. UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337.* pp.410-417.
16. Гулиев А.А., Жураев Г.У., Турапов У.У. О создание неинвазивного компьютерного биоизмерителя для анализа биофизических показателей биологически активных точек. *Ахбороткоммуникациялар: Тармоқлар, технологиялар, Ечимлар.* №4(60), Т., 2021. С.20-26
17. Nakatani Y., Yamashuta K. *Riodoraku Akupunktur.* Japan. Tokyo. 1977.
18. Orlov, A.I. *Prikladnaia statistika [Applied statistics].* Moscow: Ekzamen Publ., 2004. –656 p.

УПРАВЛЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шарипова Лобар Акрамовна

Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в городе Джизаке
sharipovalobar82@gmail.com

Аннотация: Метод гидротермального синтеза изучает получение неорганических и координационных соединений в воде и других растворяющих средах при повышенных температуре и давлении. Процесс основан на растворении веществ в автоклавах и повторном их перекристаллизации, где вода или различные растворы при высокой температуре и давлении выше атмосферного выступают не только как растворяющая среда, но и как активно реагирующая среда.

Ключевые слова: гидротермальный синтез, металлокомплекс, лиганды, температура, наночастица.

CONTROL AND IMPROVEMENT OF HYDROTHERMAL SYNTHESIS PROCESSES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Sharipova Lobar Akramovna

Branch of Kazan (Volga Region) Federal University in the city of Jizzakh

sharipovalobar82@gmail.com

Abstract: The hydrothermal synthesis method studies the production of inorganic and coordination compounds in water and other solvent media at elevated temperatures and pressures. The process is based on the dissolution of substances in autoclaves and their repeated recrystallization, where water or various solutions at high temperatures and pressures above atmospheric pressure act not only as a solvent medium, but also as an actively reacting medium.

Keywords: hydrothermal synthesis, metal complex, ligands, temperature, nanoparticle.

GIDROTHERMAL SINTEZ JARAYONLARINI SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA BOSHQARISH VA TAKOMILLASHTIRISH

Sharipova Lobar Akramovna

Jizzax shahridagi Qozon (Volga bo'yi) federal universitetining filiali

sharipovalobar82@gmail.com

Annotatsiya: Gidrottermal sintez usuli yuqori harorat va bosim sharoitida suvda va boshqa erituvchi muhitlarda noorganik va koordinatsion birikmalar olishni o'rganadi. Jarayon moddalarni avtoklavlarda eritib, ularni qayta kristallashtirishga asoslangan bo'lib, bu yerda suv yoki turli eritmalar yuqori harorat va atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan sharoitda nafaqat erituvchi muhit, balki faol reaksiyaga kirishuvchi muhit vazifasini ham bajaradi.

Kalit so'zlar: gidrottermal sintez, metall kompleksi, ligandlar, harorat, nanozarracha.

Введение. Метод гидротермального синтеза химических соединений появился во второй половине XIX века. Неоспоримым преимуществом гидротермального метода является возможность при относительно мягких условиях получать соединения, обычно образующиеся при высоких температурах. Это связано с минерализующим и катализирующим действием воды в условиях повышенных температур и давлений [1-3].

В гидротермальных условиях возможно получение наночастиц с различной морфологией, в том числе и с трубчатой. В зависимости от исходного состояния реагентов формирования нанотрубок идет по различному механизму и с разной скоростью.

Варьируя химический состав катионов можно получать нанотрубки с заданными свойствами, морфологией и размерами. Также имеется возможность целенаправленно изменять механизм и кинетику их образования и тем самым решать вопросы, связанные причинами образования и стабилизации наноструктур.

Гидротермальный синтез представляет собой метод получения неорганических и координационных соединений в условиях повышенной температуры и давления в водной среде. Основой процесса является растворение и перекристаллизация веществ в автоклавах, где вода или водные растворы при температуре выше 100 °С и давлении выше атмосферного выступают не только как растворитель, но и как активная реагирующая среда. Этот метод занимает особое место в химии комплексных соединений, так как позволяет получать кристаллические продукты с заданной морфологией, степенью упорядоченности и структурной новизной, недостижимой при обычных условиях [4].

При гидротермальном синтезе вода находится в состоянии, близком к сверхкритическому. В таких условиях изменяются её физико-химические свойства: уменьшается диэлектрическая проницаемость, снижается вязкость, увеличивается диффузионная способность, а также возрастает растворимость неорганических веществ. Это позволяет реакциям протекать через растворную стадию даже для труднорастворимых оксидов и солей.

Ключевыми параметрами гидротермальных процессов являются температура (обычно от 150 до 600 °С), давление (до нескольких сотен атмосфер), концентрация реагентов и состав растворителя. Температурно-давленостные условия определяют фазовый состав конечного продукта, степень кристалличности и размер образующихся частиц.

Материалы и методы. Гидротермальные реакции осуществляются в герметичных аппаратах - **автоклавах**, изготовленных из коррозионностойких материалов (титан, нержавеющая сталь, сплавы на основе никеля). Внутренняя часть автоклава часто снабжается вставками из тефлона (PTFE), что предотвращает контакт реакционной смеси с металлическими стенками и исключает каталитическое воздействие [5, 6].

Реакционную смесь, содержащую источник металла, лиганд и при необходимости минеральные добавки, помещают в реакционный сосуд, заполняют водой на 60–80 % объёма и герметично закрывают. Автоклав нагревают до заданной температуры, при этом создаётся давление насыщенного пара, соответствующее температуре. После выдержки в течение нескольких часов или дней реакционную систему охлаждают, вскрывают и извлекают образовавшиеся кристаллы, которые промывают и сушат.

Результаты и обсуждение. Гидротермальный метод особенно эффективен для синтеза **координационных полимеров, металлоорганических каркасов (MOF) и кластерных комплексов**, где важна контролируемая кристаллизация. В отличие от традиционных методов осаждения из раствора или медленного испарения, гидротермальные условия позволяют управлять равновесием между растворением и ростом кристалла, обеспечивая формирование крупных, хорошо оформленных кристаллов, пригодных для рентгеноструктурного анализа.

Вода в этом процессе выполняет двойную функцию - растворителя и лигандного агента. Она может координироваться к иону металла, участвовать в образовании водородных связей, а также влиять на термодинамическую стабильность комплекса. В некоторых случаях гидротермальные условия способствуют частичной гидролитической модификации органических лигандов, создавая новые пути самоорганизации координационных узлов [7-9].

Влияние параметров среды на структуру продуктов. Температура определяет кинетику образования и роста кристаллов. При низких температурах наблюдается формирование аморфных или нанокристаллических фаз, при высоких - рост крупных монокристаллов. Давление влияет на растворимость ионов и устойчивость координационных связей; увеличение давления способствует образованию более плотных структур. pH среды контролирует степень протонирования лигандов и гидролиз металлов, определяя состав образующихся комплексов. Растворители и добавки (минеральные кислоты, органические амины, спирты) регулируют скорость нуклеации и кристаллизации, изменяя морфологию и симметрию кристаллов.

Примеры применения

1. Синтез цеолитоподобных координационных соединений. Гидротермальные методы позволяют формировать пористые структуры, аналогичные природным цеолитам, на основе ионов переходных металлов и поликарбоксилатных лигандов.

2. Получение металлоорганических каркасов. При температурах 150-250 °С в автоклавах образуются высокоупорядоченные MOF-структуры, обладающие термической стабильностью и развитой пористой системой.

3. Образование кластерных комплексов. При повышенных температурах возможно направленное образование полиядерных комплексов, где гидротермальная среда способствует перераспределению лиганда и контролю за степенью окисления металла.

4. Синтез координационных полимеров редкоземельных элементов. Использование гидротермальных условий обеспечивает образование структур с высокой симметрией и фотолуминесцентными свойствами.

Механизмы образования гидротермальных комплексов. Формирование комплексных соединений в гидротермальной среде протекает через стадии:

1. Растворение исходных компонентов под действием горячей воды, где ионы металла переходят в аквакомплексы.
2. Лигандообменные реакции между аквакомплексами и органическими лигандами, сопровождающиеся образованием промежуточных координационных узлов.
3. Нуклеация - зарождение центров кристаллизации, зависящее от пересыщения раствора.
4. Рост кристалла, происходящий за счёт поступления растворённых видов на поверхность зародыша и их упорядочения в кристаллической решётке.

Гидротермальные процессы нередко протекают в условиях автокатализа: формирующиеся кристаллы могут способствовать дальнейшему росту за счёт селективного накопления определённых ионов на поверхности [10-13]. Метод допускает тонкое регулирование параметров, что делает его универсальным инструментом в синтезе как неорганических, так и координационных соединений сложного строения.

Современные направления развития. Современные исследования направлены на использование микроволнового гидротермального синтеза, при котором нагрев происходит за счёт микроволнового излучения, обеспечивая равномерное распределение температуры и ускорение реакций. Активно развиваются ионотранспортные гидротермальные системы, где рост кристаллов происходит на границе раздела фаз за счёт диффузии ионов из зоны растворения в зону осаждения. Ведётся разработка гидротермальных многоступенчатых процессов, позволяющих управлять самоорганизацией многокомпонентных координационных систем, включая гибридные неорганико-органические структуры.

Заключение. Таким образом, гидротермальный синтез представляет собой эффективный и гибкий метод конструирования комплексных соединений, обеспечивающий получение новых координационных структур, обладающих высокой степенью упорядоченности, стабильности и функциональности, что делает его незаменимым инструментом современной химии материалов и координационной химии.

Список литературы

1. Галкин, А.А. Вода в суб- и сверхкритическом состояниях – универсальная среда для осуществления химических реакций / Галкин А.А., Лунин В.В. // Успехи химии. – 2005. – Т. 74. - № 1. – С. 24-40.
2. Корыткова, Э.Н. Гидротермальный синтез нанотрубок на основе гидросиликатов / Э.Н. Корыткова, Л.Н. Пивоваров // Физика и химия стекла. – 2010. – Т. 36. № 1. – С. 69-78
3. Sharipova L.A, Ibragimova M., Khudoyberganov O., Khallokov F., Bobakulov Kh, Abdullaeva Z. Synthesis and study of the complex compound of isonicotinamide with zinc nitrate / Synthesis and study of the complex compound of isonicotinamide with zinc nitrate // International Conference on Basic Science and Technology (ICBAST) Held on November 14- 17, 2024 in Antalya/Turkey P. 47-55.
4. Хамракулов Д.Р., Шарипова Л.А., Хайдарова Н.Ю., Тураева Г.Б Современное состояние и некоторые методы лечения атеросклероза / Сборник материалов международной научно-практической конференции на тему «научно-технические и социокультурные проблемы современного общества» (20-21-ноября 2025 г.) часть 1. –С.35-39
5. Sharipova L.A. Ecological efficiently of mechanochemical synthesis. Science and innovation. Tashkent. 2022 UIF-2022: 8.2 |ISSN: 2181-3337|. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7188379>. p. 7-9.
6. Улучшение вкусовых свойств лекарственных форм при заболеваниях полости рта, особенно при стоматите и язвах (Холмуродов Ш.Ш., Шарипова Л.А., Юсуфова С.Г., & Таштанбекова Ч.Б., пер.). (2026). Открытая конференция Узбекистана, 1, 37-44. <https://doi.org/10.57033/KFU.JRU-2025-00009>

7. Шарипова, Л. А., Ибрагимова, М. Р., Азизов, Т. А., & Маматова, Ф. К. (2023). ИК-спектроскопический и термический анализ смешаннолигандного комплексного соединения нитрата цинка с формамидом и ацетамидом. *Universum: химия и биология*, (3-1 (105)), 68-71.
8. Шарипова, Л. А., Ибрагимова, М. Р., & Азизов, Т. А. (2023). КОМПЛЕКСНОЕ СОЕДИНЕНИЕ НИТРАТА ЦИНКА НА ОСНОВЕ ФОРМАМИДА И НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ. *Inorganic Chemistry*, 643(4), 106.
9. Lobar, S., Mavluda, I., Tokhir, A., & Farangiz, M. (2023). Complex compound of zinc nitrate based on formamide and nicotinic acid. *Universum: химия и биология*, (4 (106)), 65-68.
10. Pavlovna, S. A. (2024). PROBLEMS OF TEACHING GENETICS AT A MEDICAL UNIVERSITY. *Eurasian Journal of Academic Research*, 4(2-1), 58-62.
11. Юсуфова, С. Г. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЦЕФАЗОЛИНА С СОЛЯМИ МЕТАЛЛОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ. In *Научно-технические и социокультурные проблемы современного общества. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Часть 2.-Джизак: Филиал КФУ в г. Джизаке Республики Узбекистан, 20-21-ноября 2025 г.-С. 408. (p. 57).*
12. Maratovna, K. D. (2025, December). THE ROLE OF AN INTERDISCIPLINARY APPROACH (MEDICINE+ IT+ PSYCHOLOGY) IN THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF A DOCTOR. In *Uzbekistan Open Conference* (No. 1, pp. 49-53).
13. Хамракулов, Д. Р. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ И КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ. In *Современные проблемы интеллектуальных систем. Сборник Республиканского научно-практического конференции. Часть 2.-Джизак: Филиал КФУ в г. Джизаке Республики Узбекистан, 18-19-апреля 2025 г.-С 351. (p. 106).*