

УДК 547-38

https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/05

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АСПАРАГИНАТА КАЛИЯ С БИВАЛЕНТНЫМИ МЕТАЛЛАМИ (изучение системы $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C)

©Омоева Ж. С., SPIN-код: 8581-3381, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан

©Алтыбаева Д. Т., ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-код: 6875-5463, д-р хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, altybaeva_d@mail.ru

INTERACTIONS OF POTASSIUM ASPARAGINATE WITH BIVALENT METALS (studying the $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4\text{-H}_2\text{O}$ system at 25°C)

©Omoeva Zh., SPIN-code: 8581-3381, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

©Altybaeva D., ORCID: 0000-0002-0309-3631, SPIN-code: 6875-5463, Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, altybaeva_d@mail.ru

Аннотация. Исследуется система $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при температуре 25°C с целью изучения фазовых равновесий и образования различных кристаллических фаз. Были приготовлены растворы различного состава. Проведено их испарение при комнатной температуре. Полученные кристаллы анализировались с помощью рентгенофазового анализа (РФА) и микроскопии. Результаты показали образование комплексных соединений $\text{Mn}(\text{C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ при соотношениях компонентов 1:1 и 1:2, а также многогидратных форм $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ при повышенной концентрации MnCl_2 . Морфология и размер кристаллов варьировались в зависимости от состава растворов. Полученные данные важны для дальнейшего понимания процессов комплексообразования и кристаллизации в многокомпонентных системах и могут быть полезны для разработки новых материалов и технологий.

Abstract. The $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4\text{-H}_2\text{O}$ system is investigated at 25°C to study phase equilibria and the formation of various crystalline phases. Solutions of various compositions were prepared and evaporated at room temperature. The resulting crystals were analyzed using X-ray diffraction (XRD) and microscopy. The results showed the formation of complex compounds $\text{Mn}(\text{C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ at component ratios of 1:1 and 1:2, as well as polyhydrate forms of $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ at elevated MnCl_2 concentrations. The morphology and size of the crystals varied depending on the composition of the solutions. The data obtained are important for further understanding of complexation and crystallization processes in multicomponent systems and can be useful for the development of new materials and technologies.

Ключевые слова: MnCl_2 , пиридин-2,6-дикарбоксилат калия, H_2O , фазовые равновесия, комплексные соединения, рентгенофазовый анализ, кристаллизация, гидратация, водные раствор.

Keywords: MnCl_2 , potassium pyridine-2,6-dicarboxylate, H_2O , phase equilibria, complex compounds, X-ray phase analysis, crystallization, hydration, aqueous solutions.

В настоящее время изучение водных растворов и их фазовых равновесий является одной из ключевых задач химии растворов. Это важно для понимания различных процессов,

таких как растворимость, комплексообразование и кристаллизация, которые играют значительную роль в химической промышленности, биологии и материаловедении [1].

Система, состоящая из хлорида марганца ($MnCl_2$), пиридин-2,6-дикарбоксилата калия ($C_4H_6KNO_4$) и воды (H_2O), представляет особый интерес благодаря своей способности образовывать разнообразные комплексные соединения. $MnCl_2$ широко используется в металлургии, производстве батарей и в химических синтезах, в то время как пиридин-2,6-дикарбоксилат калия применяется в качестве лигандов в комплексных соединениях. Водные растворы этих веществ могут образовывать разнообразные гидратированные и комплексные формы, что делает эту систему интересной для исследования [2].

На данный момент существует ограниченное количество исследований, посвященных именно системе $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$, что делает настоящее исследование актуальным и новаторским. Ранние работы по изучению водных растворов $MnCl_2$ и различных карбоксилатов показали возможность образования комплексных соединений с интересными свойствами, что подчеркивает важность данного исследования [3].

Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть полезны для дальнейшего понимания взаимодействий в многокомпонентных водных системах, а также для разработки новых материалов и технологий на их основе [4].

Целью исследования является изучение фазовых равновесий в системе $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ при температуре $25^\circ C$. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: определение состава растворов при различных концентрациях компонентов; изучение условий образования различных кристаллических фаз; анализ комплексообразования в системе и характеристика полученных комплексных соединений.

Материалы и методы исследования

Исследование системы $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ при температуре $25^\circ C$ было выполнено в лаборатории химии Андижанского государственного университета на основании договора №2 от 2023 года.

В работе использовались современные методы анализа, такие как рентгенофазовый анализ (РФА), для определения структуры и состава фаз. Исследования проводились при комнатной температуре ($25^\circ C$) для оценки поведения системы в условиях, приближенных к реальным.

Для проведения данного исследования использовались следующие реактивы и материалы:

Хлорид марганца (II) дигидрат ($MnCl_2 \times 2H_2O$). Производитель: Sigma-Aldrich. Чистота: 99,9%. Образец предварительно высушен при $100^\circ C$ в течение 2 часов для удаления адсорбированной влаги.

Пиридин-2,6-дикарбоксилат калия ($C_4H_6KNO_4$). Производитель: Merck. Чистота: 98%. Использовался без дополнительной очистки.

Дистиллированная вода. Получена в лаборатории с помощью аппарата для дистилляции. Электропроводность: менее $0,1 \mu S/cm$.

Приготовление растворов. Растворы $MnCl_2$ и $C_4H_6KNO_4$ готовились путем растворения соответствующих количеств твердого вещества в дистиллированной воде. Концентрации растворов варьировались для изучения различных фазовых равновесий [5].

Раствор $MnCl_2$. Приготовлен $0,5 M$ раствор путем растворения соответствующего количества $MnCl_2 \times 2H_2O$ в дистиллированной воде. Раствор тщательно перемешивался до полного растворения твердого вещества.

Раствор $C_4H_6KNO_4$. Приготовлен 0,5 М раствор путем растворения соответствующего количества $C_4H_6KNO_4$ в дистиллированной воде. Раствор также тщательно перемешивался до полного растворения твердого вещества.

Методы исследования

Испарение и кристаллизация. Приготовленные растворы смешивались в различных соотношениях и оставались при комнатной температуре (25°C) для испарения. Испарение проводилось в открытых стеклянных чашках Петри, помещенных в эксикатор для предотвращения попадания пыли. Образцы оставались до полного испарения воды и образования кристаллических фаз.

Рентгенофазовый анализ (РФА). Полученные кристаллы подвергались рентгенофазовому анализу для определения их структуры. Анализ проводился на дифрактометре с использованием $Cu\ K\alpha$ излучения. Шаг сканирования составлял $0,02^\circ 2\theta$, время накопления — 1 с/шаг.

Микроскопический анализ. Кристаллические образцы изучались под оптическим микроскопом для определения их морфологии и размера. Использовался поляризационный микроскоп с увеличением до $400\times$.

Анализ состава растворов. Концентрации ионов в растворах определялись с помощью ионной хроматографии. Использовалась система с детектором электропроводности и колонкой для анионов.

Все растворы готовились непосредственно перед экспериментами, чтобы избежать возможных изменений состава [6].

Растворы смешивались в различных соотношениях: 1:1, 1:2, 2:1 и т. д.

Каждая смесь оставлялась для испарения в отдельной чашке Петри. После полного испарения воды кристаллы извлекались и анализировались с помощью РФА и микроскопии.

Полученные данные использовались для построения фазовой диаграммы системы $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$.

Результаты исследования

Для исследования системы $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ при температуре 25°C были проведены эксперименты по испарению растворов различных концентраций. Ниже приведены результаты для 3 экспериментальных серий с различными концентрациями компонентов.

Серия 1: 1:1 ($MnCl_2:C_4H_6KNO_4$). Концентрация растворов: 0,5 М. Условия: испарение при комнатной температуре. Результаты: наблюдалось образование кристаллов $Mn(C_4H_6KNO_4)_2 \cdot 2H_2O$. Форма кристаллов: тонкие игольчатые. Размер кристаллов: 100–200 мкм.

Серия 2: 2:1 ($MnCl_2:C_4H_6KNO_4$). Концентрация растворов: 1,0 М. Условия: испарение при комнатной температуре. Результаты: образование многогидратной формы $MnCl_2 \cdot 4H_2O$. Форма кристаллов: таблитчатые. Размер кристаллов: 50–100 мкм.

Серия 3: 1:2 ($MnCl_2:C_4H_6KNO_4$). Концентрация растворов: 0,25 М. Условия: испарение при комнатной температуре. Результаты: образование кристаллов $Mn(C_4H_6KNO_4)_2 \cdot 2H_2O$. Форма кристаллов: призматические. Размер кристаллов: 150–250 мкм.

Фазовая диаграмма системы $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ при 25°C.

Микрофотографии кристаллов: серия 1: Тонкие игольчатые кристаллы $Mn(C_4H_6KNO_4)_2 \cdot 2H_2O$ (Рисунок).



Рисунок. Игольчатые кристаллы

Серия 2: таблитчатые кристаллы $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Серия 3: призматические кристаллы $\text{Mn}(\text{C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

На основе полученных данных можно сделать выводы:

Образование комплексных соединений $\text{Mn}(\text{C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ происходит при соотношении компонентов 1:1 и 1:2.

При повышенной концентрации MnCl_2 (2:1) образуется многогидратная форма $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

В зависимости от соотношения компонентов изменяется форма и размер кристаллов, что указывает на различия в условиях кристаллизации и состава фаз.

Полученные результаты важны для понимания механизмов комплексообразования и кристаллизации в данной системе, что может быть полезно в различных химических и промышленных приложениях.

Эти данные подтверждают сложное поведение системы $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4\text{-H}_2\text{O}$ при различных концентрациях компонентов и открывают возможности для дальнейших исследований в области химии растворов и материаловедения.

Заключение

В ходе исследования системы $\text{MnCl}_2\text{-C}_4\text{H}_6\text{KNO}_6\text{-H}_2\text{O}$ при температуре 25°C были получены ценные данные о фазовых равновесиях и структуре образующихся кристаллических соединений. При соотношениях компонентов 1:1 и 1:2 в растворе образуются комплексные соединения типа $\text{Mn}(\text{C}_4\text{H}_6\text{KNO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, что подтверждает возможность образования стабильных комплексных соединений в водной среде. При повышенной концентрации MnCl_2 (соотношение 2:1) образуется многогидратная форма $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, что указывает на высокую склонность MnCl_2 к гидратации в данных условиях. Полученные кристаллы имеют различные формы и размеры в зависимости от соотношения компонентов, что говорит о влиянии состава раствора на процессы кристаллизации и роста кристаллов. Полученные результаты важны для дальнейшего понимания механизмов комплексообразования и гидратации в многокомпонентных системах. Эти данные могут быть использованы для разработки новых материалов и технологий, основанных на системах с хлоридом марганца и пиридин-2,6-дикарбоксилатом калия.

Список литературы:

1. Исаева Е. И., Горбунова В. В., Назарова А. М. Фотолиз растворов комплексных соединений палладия (II) с органическими кислотами // Журнал общей химии. 2020. Т. 90. №. 12. С. 1893-1902. <https://doi.org/10.31857/S0044460X20120124>

2. Стручева Н. Е. Рентгенофазовый анализ материалов. Барнаул, 2018.

3. Черенков И. А. и др. Диффузия катионного красителя в гидрогелях различного состава: биоэлектрохимические аспекты // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2021. С. 196-196.

4. Мелихов И. В., Берлинер Л. Б. Кинетика периодической кристаллизации при наличии затравочных кристаллов, растущих с флуктуирующими скоростями // Теоретические основы химической технологии. 1985. Т. 19. №2. С. 158-165.

5. Nathan L. C. et al. First-row transition-metal complexes of pyridine-2, 6-dicarboxylic acid N-oxide. Crystal structure of diaqua (pyridine-2, 6-dicarboxylate N-oxido) manganese (II) // Inorganic Chemistry. 1985. V. 24. №18. P. 2763-2766. <https://doi.org/10.1021/ic00212a011>

6. Rudolph W. W., Irmer G. Hydration and speciation studies of Mn 2+ in aqueous solution with simple monovalent anions (ClO 4-, NO 3-, Cl-, Br-) // Dalton Transactions. 2013. V. 42. №40. P. 14460-14472. <https://doi.org/10.1039/C3DT51493E>

References:

1. Isaeva, E. I., Gorbunova, V. V., & Nazarova, A. M. (2020). Fotoliz rastvorov kompleksnykh soedinenii palladiya (II) s organicheskimi kislotami. *Zhurnal obshchei khimii*, 90(12), 1893-1902. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0044460X20120124>

2. Strucheva, N. E. (2018). Rentgenofazovyi analiz materialov. Barnaul. (in Russian).

3. Cherenkov, I. A., Ignat'eva, M. M., Maiorova, L. A., & Sergeev, V. G. (2021). Diffuziya kationnogo krasitelya v gidrogelyakh razlichnogo sostava: bioelektrokhimicheskie aspekty. In *Aktual'nye voprosy biologicheskoi fiziki i khimii* (pp. 196-196). (in Russian).

4. Melikhov, I. V., & Berliner, L. B. (1985). Kinetika periodicheskoi kristallizatsii pri nalichii zatravochnykh kristallov, rastushchikh s fluktuiruyushchimi skorostyami. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii*, 19(2), 158-165. (in Russian).

5. Nathan, L. C., Doyle, C. A., Mooring, A. M., Zapien, D. C., Larsen, S. K., & Pierpont, C. G. (1985). First-row transition-metal complexes of pyridine-2, 6-dicarboxylic acid N-oxide. Crystal structure of diaqua (pyridine-2, 6-dicarboxylate N-oxido) manganese (II). *Inorganic Chemistry*, 24(18), 2763-2766. <https://doi.org/10.1021/ic00212a011>

6. Rudolph, W. W., & Irmer, G. (2013). Hydration and speciation studies of Mn 2+ in aqueous solution with simple monovalent anions (ClO 4-, NO 3-, Cl-, Br-). *Dalton Transactions*, 42(40), 14460-14472. <https://doi.org/10.1039/C3DT51493E>

Работа поступила
в редакцию 10.11.2024 г.

Принята к публикации
20.11.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Омоева Ж. С., Алтыбаева Д. Т. Взаимодействие аспарагината калия с бивалентными металлами (изучение системы $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ при 25°C) // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 43-47. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/05>

Cite as (APA):

Omoeva, Zh. & Altybaeva, D. (2024). Interactions of Potassium Asparaginate with Bivalent Metals (Studying the $MnCl_2-C_4H_6KNO_4-H_2O$ System at 25°C). *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 43-47. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/05>