

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИНИН ЖАРЧЫСЫ

ВЕСТНИК ОШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

BULLETIN OF OSH STATE UNIVERSITY

ISSN: 1694-7452 e-ISSN: 1694-8610

№2/2026, 365-376

ХИМИЯ

УДК: 547.466.63.47.6.253.2.146:132.8(04)

DOI: [10.52754/16948610_2026_2_26](https://doi.org/10.52754/16948610_2026_2_26)

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДА НИКЕЛЯ С ЛЕЙЦИНОМ
В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

НИКЕЛЬ ХЛОРИДИНИН ЛЕЙЦИН МЕНЕН СУУ ЧӨЙРӨСҮНДӨ ФИЗИКАЛЫК-
ХИМИЯЛЫК ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНҮҮСҮ

PHYSICO-CHEMICAL INTERACTIONS OF NICKEL CHLORIDE WITH LEUCINE IN AN
AQUEOUS ENVIRONMENT

Омурзакова Гулнара Гуламовна

Омурзакова Гулнара Гуламовна

Omurzakova Gulnara Gulatovna

к.х.н., доцент, Ошский государственный университет

х.и.к., доцент, Ош мамлекеттик университети

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Osh State University

omurzakova@oshsu.kg

ORCID: 0009-0005-7209-7109

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДА НИКЕЛЯ С ЛЕЙЦИНОМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Аннотация

Метод растворимости изучения тройных систем является наиболее простым и удобным при синтезе солей аминокислот, обеспечивает надежность полученных данных, особенно при выделении новых комплексных соединений, гидратных форм и фаз переменного состава твердых растворов. В работе приведены экспериментальные данные исследования методом растворимости взаимодействия системы, состоящей из лейцина и хлорида никеля в водной среде $\text{NiCl}_2 - \text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ при 25 °С. По данным содержания реагирующих компонентов в растворах и осадках строили физико-химические диаграммы. Выделено новое комплексное соединение состава: $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ в кристаллическом состоянии и проведены физико-химические анализы. Также проведено дифференциально-термический, термогравиметрический и рентгенофазовый анализы нового соединения. Полученное новое соединение отвечает определенному значению плотности, удельному весу, молекулярному объему и характеризуются как индивидуальное соединение.

Ачык сөздөр: L-лейцин; хлорид никеля; комплексное соединение; элементный анализ; рентгенофазовый анализ

Никель хлоридинин лейцин менен суу чөйрөсүндө физикалык-химиялык өз ара аракеттенүүсү

Physico-Chemical Interactions Of Nickel Chloride With Leucine In An Aqueous Environment

Аннотация

Үчтүк системаларды изилдөөнүн эригичтик ыкмасы аминокислоталардын туздарын синтездөөдө эң жөнөкөй жана ыңгайлуу болуп саналат, өзгөчө жаңы комплекстүү кошулмаларды, гидратталган формаларды жана өзгөрүлмө катуу эритмелердин курамынын фазаларын бөлүп алууда алынган маалыматтардын ишенимдүүлүгүн камсыздайт. Бул жумушта лейцин менен никель хлоридинен турган системанын $\text{NiCl}_2 - \text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ суу чөйрөсүндө 25 °С та эригичтигин изилдөөнүн эксперименталдык маалыматтары берилген. Эритмелердеги жана чөкмөлөрдөгү реакцияга кирүүчү компоненттердин мазмунунун негизинде физика-химиялык диаграммалар түзүлдү. Кристалл абалындагы $\text{NiCl}_2 - 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ составындагы жаңы комплекстүү кошулма бөлүнүп алынып, физикалык-химиялык анализдер жүргүзүлдү. Ошондой эле жаңы кошулмага дифференциалдык термикалык, термогравиметриялык жана рентгендик фазалык анализдер жүргүзүлгөн. Алынган кошулма өзгөчө тыгыздыкка, салыштырма салмактуулукка жана молекулалык көлөмгө туура келет жана өзүнчө кошулма катары мүнөздөлөт.

Ключевые слова: L-лейцин; никель хлориди; комплекстүү кошулма; элементтик анализ; рентген фазасынын анализи

Abstract

The solubility method for studying ternary systems is the simplest and most convenient method for synthesizing amino acid salts. It ensures the reliability of the data obtained, especially when isolating new complex compounds, hydrated forms, and phases of variable solid solution composition. This paper presents experimental data from a solubility study of the interaction of a system consisting of leucine and nickel chloride in an aqueous medium, $\text{NiCl}_2 - \text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 - \text{H}_2\text{O}$, at 25 °C. Physicochemical diagrams were constructed based on the concentrations of reacting components in solutions and precipitates. A new complex compound with the composition $\text{NiCl}_2 - 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ in a crystalline state was isolated, and physicochemical analyses were conducted. Differential thermal, thermogravimetric, and X-ray diffraction analyses of the new compound were also performed. The resulting new compound corresponds to specific density, specific gravity, and molecular volume and is characterized as a distinct compound.

Keywords: L-leucine; nickel chloride; complex compound; elemental analysis; X-ray phase analysis

Введение. В настоящее время синтез и исследование свойств новых координационных соединений на основе биоактивных элементов с аминокислотами имеет важное научно-практическое значение.

Важной проблемой химии координационных соединений на современном этапе ее развития является исследование различных свойств новых соединений, синтезированных из физиологически активных веществ-аминокислот с ионами биоактивных металлов [1.с.26-28].

Известно, что в аминокислотах, содержащих атомы азота и кислорода, физиологическое действие значительно усиливается при сочетании их с солями биометаллов. По совокупности экспериментальных и расчетных исследований получены данные синтезированного нового комплексного соединения лейцина с никелем и установлены способы связывания лиганды с центральным атомом.

Квантово-химическое исследование протонирования лейцина показало, что присоединения протона к атомам кислорода O1 карбонильной группы (а) и азота аминогруппы (в) лейцина не приводит к значительным изменениям пространственного и электронного строения катионов по сравнению с молекулой лейцина. Протонирование по атому кислорода O2 молекулы лейцина по-видимому не происходит. В данном случае наблюдаются значительные изменения в геометрических и электронных параметрах лейцина, что указывает на нестабильность образования катиона протонированием атома кислорода гидроксильной группы [2.с.10-13].

Аминокислоты играют важную роль в биологических процессах живого организма и являются источником поступления жизненно необходимых веществ – белков, пептидов, ферментов и гормонов и др. [3.с.278].

Аминокислоты осуществляют определенные функции при метаболизме и представляют основу предшественников многих важных не протеиновых составляющих тела. Отдельные аминокислоты участвуют в создании, прежде всего, структурных и защитных тканей организма: кожа, кости, мышцы и др [4.с.530]. Поскольку синтез и распад протеинов происходит постоянно, то требуется адекватное потребление аминокислот. При недостатке их в организме происходит замедление или прекращение роста, снижение продуктивности, наблюдается переход протеинов из менее важных участков тканей тела в более важные для усиления их функций. Это служит свидетельством биологической значимости, которая присуща исключительно белковым соединениям, и необходимости поддержания баланса незаменимых и заменимых аминокислот, служащих источником энергии в организме [5.с.449-491].

В медицинской практике лейцин как незаменимая аминокислота применяется для лечения печени, анемии и других заболеваний, входит в состав всех белков. Как разветвленная кислота применяется для поддержания иммунной системы, коррекции аминокислотного дисбаланса при подготовке к операции [6.с.644].

Лейцин оказывает иммуностимулирующее и анаболическое действие. Активирует клеточный и гуморальный иммунитет; повышает функцию фагоцитов; активирует процессы биосинтеза аминокислот, их предшественников и метаболитов; ослабляет нарушения обмена веществ, возникающие при стрессе; является исходным веществом для синтеза белка и эндогенных биорегуляторов.

Известно, что отсутствие лейцина в пище приводит к отрицательному балансу азота и прекращению роста у детей. Избыток лейцина в организме снижает концентрации родственных аминокислот – валина и изолейцина, приводя к нарушению биосинтеза белка в тканях. Как правило, добавление лейцина в рацион или комбинированный прием лейцина с двумя другими аминокислотами ВСАА (изолейцином и валином), дает прирост производительности на тренировках, несравнимый, однако, с приемом того же креатина.

Так что, несмотря на все свои многочисленные положительные эффекты, лейцин и другие аминокислоты ВСАА не оказывают заметного влияния на силу вообще и максимальную силу в одном повторении. Использовать эту аминокислоту или комбинации аминокислот для этих целей не рекомендуется [7.с.268].

Суточная норма лейцина для человека (1,1-1,2 г) обеспечивается его поступлением в составе белковых пищевых продуктов растительного и животного происхождения [8.с.54-58]. Содержание его в сывороточных альбуминах человека составляет 11-12%, в овальбумине – 9,2%, γ -глобулинах – 9,3%, фибрине человека – 7,1%, β – лакто глобулине – 15,5%, гемоглобине – 15-16%, миоглобине – 16-18%, пепсине 10,4%, лизосоме – 6,9%.

Экспериментальная часть. В качестве исходных компонентов исследованных соединений использованы реактивы $L-C_6H_{13}NO_2$ и $NiCl_2 \cdot 6H_2O$. Реактивы применяли после дополнительной перекристаллизации реактивов марки «х.ч.», «ч.д.а.».

При изучении взаимодействия лейцина с хлоридом никеля в водной среде был использован один из методов физико-химического анализа – метод растворимости [9.с.504]. Этот метод изучения тройных систем является наиболее простым и удобным при синтезе солей аминокислот, обеспечивает надежность полученных данных, особенно при выделении новых комплексных соединений, гидратных форм и фаз переменного состава твердых растворов.

Исследование тройной системы, состоящей из L-лейцина – хлористого никеля – вода, ранее не проводилось. По данным содержания реагирующих компонентов в растворах и осадках строили физико-химические диаграммы. Содержание лейцина устанавливалось по азоту, количество никеля – определяли трилометрическим титрованием [10.с.360] Изотерма растворимости характеризуется наличием трех ветвей, данные приведены в табл. 1. и на рис. 1.

Таблица 1. – Растворимость и состав твердых фаз системы $NiCl_2 - L-C_6H_{13}NO_2 - H_2O$ при 25 °С.

№	Состав жидкой фазы, масс.%			Состав твердой фазы, масс.%			Истинная твердая фаза
	$L-C_6H_{13}NO_2$	$NiCl_2$	H_2O	$L-C_6H_{13}NO_2$	$NiCl_2$	H_2O	
1	2,37	-	97,63	100	-	-	$L-C_6H_{13}NO_2$
2	5,26	2,78	91,96	77,48	1,07	21,45	$L-C_6H_{13}NO_2$
3	7,93	4,13	87,94	75,68	1,93	22,39	$L-C_6H_{13}NO_2$
4	12,06	5,47	82,47	74,07	2,43	23,50	$L-C_6H_{13}NO_2$
5	15,79	6,74	77,47	71,12	2,86	26,02	$L-C_6H_{13}NO_2$
6	19,08	7,63	73,29	67,76	3,49	28,75	$L-C_6H_{13}NO_2$
7	19,08	7,63	73,29	67,90	10,69	21,41	$L-C_6H_{13}NO_2 + NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$
8	19,08	7,63	73,29	61,86	20,79	17,35	$L-C_6H_{13}NO_2 + NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$
9	19,08	7,63	73,29	56,37	28,04	15,88	$NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$
10	17,74	10,23	72,03	56,08	28,77	15,15	$NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$
11	14,67	14,25	71,08	54,64	29,26	16,10	$NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$

12	12,16	18,64	69,20	53,63	30,06	16,31	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
13	10,19	23,78	66,03	52,46	31,45	16,09	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
14	8,43	28,26	63,40	53,65	32,39	13,96	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
15	7,54	31,87	60,59	52,78	33,06	14,16	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
16	7,28	35,06	57,66	51,22	33,83	14,95	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
17	7,52	40,05	52,43	52,23	34,88	12,89	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$
18	7,52	40,05	52,43	18,56	41,34	40,10	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 + \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
19	7,52	40,05	52,43	9,67	49,42	40,91	$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 + \text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
20	7,52	40,05	52,43	3,13	49,94	46,93	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
21	4,75	39,64	55,61	2,53	50,03	47,44	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
22	2,46	39,24	53,30	2,02	49,08	48,90	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
23	-	39,37	60,63	-	55,01	44,99	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Первая ветвь (точки 1–6) отвечает выделению в твердую фазу L-лейцина [11.с.121-140]. Равновесный раствор, соответствующий эвтонике (точки 7, 8), в среднем содержит: L-лейцина – 19,08 %, хлористого никеля – 7,63 % и воды - 73,29 %.

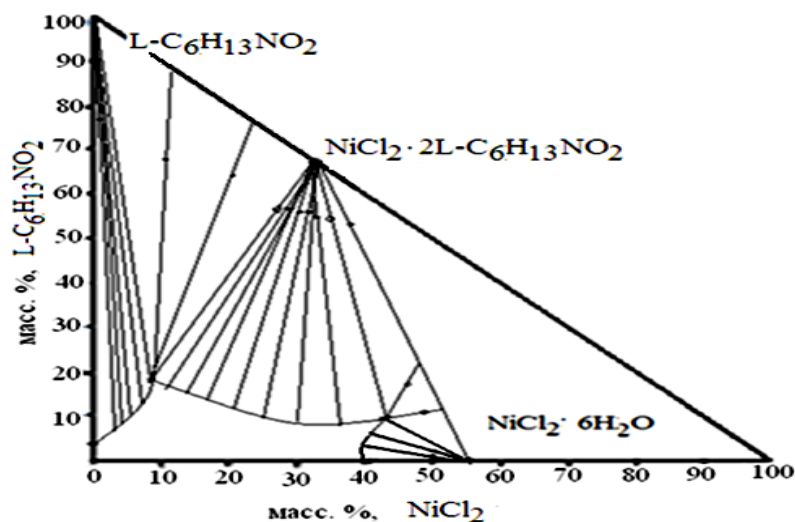


Рисунок 1. Диаграмма растворимости системы: NiCl_2 – $\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ – H_2O при 25 °С

Вторая ветвь (9–17) соответствует образованию в донной фазе двойного соединения. Прямолинейные лучи, идущие от фигуративных точек, пересекаются в одной точке, указывая на следующее содержание: L-лейцин – 66,87 %, хлористый никель – 33,13 %, что соответствует следующей химической формуле: $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$. Точки 18 и 19 являются переходными, что указывает на образование циклического соединения, в связи с накоплением в растворе предельного содержания $\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ процесс взаимодействия приобретает обратный

характер. Третья ветвь точки (20–23) отвечает процессу образования шестиводного хлористого никеля.

Отсюда следует, что при соотношениях L-лейцина – 66,87 %, хлористого никеля – 33,13 % образуется новое инконгруэнтно растворимое комплексное соединение $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$.

Далее были проведены химические анализы на содержание углерода, азота, водорода и катиона металла (табл. 2.).

Таблица 2. – Данные элементного анализа исходных и полученных соединений

Соединение	Вычислено / найдено, масс. %				
	Me	C	N	Cl	H
L- $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	-	54,88	10,67	-	9,91
		52,06	9,45		9,12
$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	15,04	36,70	7,14	18,11	6,63
	14,74	36,31	6,48	17,49	6,43

Были изучены физико-химические свойства нового полученного соединения, чистота которого подтверждена химическим анализом. Индивидуальность, нового комплексного соединения подтверждена по результатам термического, рентгенофазового, ИК-спектроскопического исследований, а также была определены растворимость в органических растворителях, удельная масса, рассчитаны молекулярные и удельные объемы, температура плавления, межплоскостные расстояния кристаллических решеток (табл.3.).

Таблица 3.– Физико-химические константы L-лейцина и полученного комплексного соединения

Соединение	Молекул. масса, г/моль	Удельный вес, г/см ³	Молекул. объем, см ³ /моль	Удельный объем, см ³ /г	t пл, °C
L- $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	131,17	1,293	101,36	0,773	294
$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	391,73	1,5842	247,273	0,631	286

Для установления относительной плотности кристалла, полученного соединения подобраны следующие индифферентные растворители: бензол, гексан, четыреххлористый углерод, бутанол (табл. 4). Основываясь на результатах растворимости, следует отметить, что полученное комплексное соединение растворим четыреххлористом углероде, не растворим в бензоле, малорастворим в гексане и бутаноле.

Таблица 4. – Растворимость L-лейцина и полученного комплексного соединения

Соединение	Растворимость в органических растворителях, %			
	CCl_4	Бензол	Гексан	Бутанол-1
L- $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	М.р.	Н.р.	М.р.	М.р.
$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$	р.	Н.р.	М.р.	М.р.

Относительная плотность кристаллов – один из характерных признаков, отражающих изменения состава соединений, определена пикнометрическим методом по объему

вытесняемой жидкости, а в качестве индифферентного растворителя был применен бензол. Относительную плотность вещества рассчитывали по формуле:

$$d = m \cdot d_{\text{ж}} / P_1 + m - P_2, \quad (1.1)$$

$$d = (\text{г/см}^3),$$

где, $d_{\text{ж}}$ – удельная масса растворителя (бензол),

m – навеска исследуемого вещества,

P_1 – вес пикнометра с растворителем,

P_2 – вес пикнометра с растворителем и навеской вещества.

Техника определения относительной плотности состоит в следующем. Данное вещество растирают в порошок и вводят в капиллярный пикнометр. Пикнометр с навеской взвешивают на аналитических весах и заливают бензолом на две трети. Затем пикнометр помещают в эксикатор, присоединенный к вакуумному насосу. Отсасывания длится 15–20 мин, после чего пикнометр с капиллярной пробкой наполняют до метки бензолом и на полчаса ставят в термостат при 25 °С. В случае недостаточного количества бензола в пикнометре его доливают после термостатирования. Избыток осторожно удаляют через фильтровальную бумагу. Пикнометр с испытуемым веществом и бензолом вновь взвешивают. На основании экспериментальных данных вычисляют удельную плотность изолейцина с хлористым цинком.

Исходя из значений удельной плотности, были рассчитаны удельные и молекулярные объемы. Удельный объем равен обратной величине удельной плотности:

$$V_d = 1/d. \quad (1.2)$$

Молекулярный объем находим по формуле:

$$V_m = M/d, \quad (1.3)$$

где, M – молекулярная масса соединений,

d – удельная плотность соединений.

Дифференциально-термический (DTA) и термогравиметрический (DTG) анализы выполнены на дериватографе. Изменения физических и термохимических параметров вещества, вызванные его нагреванием, регистрировались прибором.

Термохимическое состояние пробы описывается кривыми T (температурной), TG (термогравиметрической), DTA (дифференциальной термоаналитической) и DTG (дифференциальной термогравиметрической), последняя кривая является производной от TG – функции [12.с.396].

Производство анализа осуществлялось в воздушной среде, в диапазоне температур от 20 до 1000 °С. Режим нагрева печи линейный, ($dT/dt = 10 \frac{\text{град}}{\text{мин}}$), эталонное вещество – прокаленный Al_2O_3 . Для однозначности условий съемок навески $NiCl_2 \cdot 2L - C_6H_{13}NO_2$ составляло строго по 100 мг, при чувствительности весов – 100 мг. Съемка анализа осуществлялась в следующих пределах измерительных систем прибора: $DTA=250 \mu V$, $DTG=500 \mu V$, $TG=100 \mu V$, $T=500 \mu V$.

Целью дифференциального термического и термогравиметрического исследования образцов явились контрольные определения состава термически активной части исследуемой навески и выявление термического поведения пробы в условиях динамического подъема

температуры. По морфологиям термических кривых и численных значений интенсивностей эндо- и экзотермических эффектов с использованием сопряженных с ними термогравиметрических показаний TG линий определены вещественный состав порошковых проб [13.с.241-252].

Исследование термического нагревания $L-C_6H_{13}NO_2$ приведено на кривых дериватограммы (рис. 2.). При динамическом нагревании в интервале $\sim 50-380$ °C распадается L-лейцин.

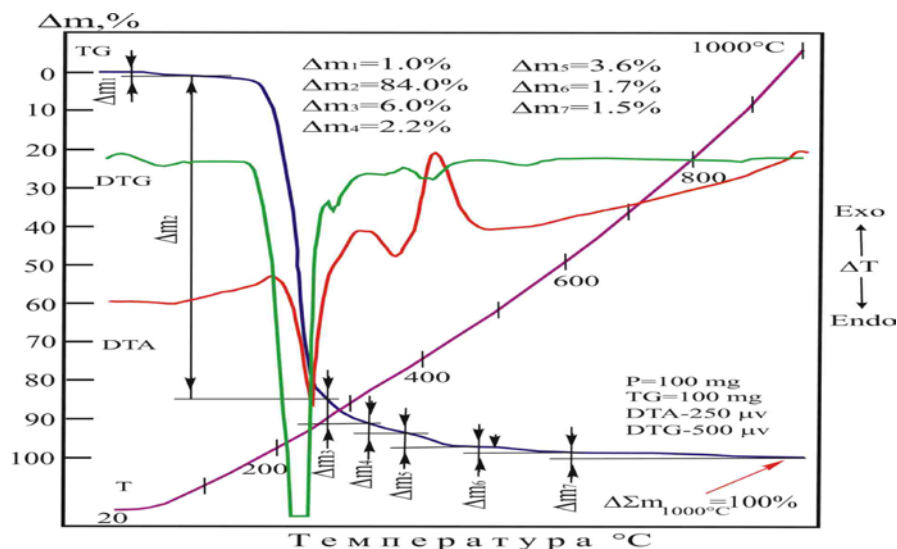


Рис. 2. Дериватограмма $L-C_6H_{13}NO_2$

В интервале этих температур система теряет свыше 85 % веса (табл. 5). При 1000 °C потеря веса составляет 100 %. Наложение DTA- и DTG-кривых на данном этапе диссоциации объясняется тем, что в атмосферу устремляются частички газа, которые не успели вступить в реакцию с кислородом.

Таблица 5. – Термогравиметрические данные деструкции $L-C_6H_{13}NO_2$ в пределах 20–1000 °C

Потери веса	Количество, в %	Температуры разложения, °C
Δm_1	1,0	50–80
Δm_2	84,0	80–275
Δm_3	6,0	275–325
Δm_4	2,2	325–380
Δm_5	3,6	380–475
Δm_6	1,7	475–605
Δm_7	1,5	605–1000
$\sum \Delta m_{1000^\circ C}$	100	20–1000

Совместно с генерацией тепла, которая характеризуется в DTA-кривых высоким пиком экзотермы, происходит образование молекулы CO_2 . Вынос газа из системы регистрируются изменением массы навески нисходящим пиком при 450 °C кривыми TG и DTG.

Термическое разложение в комплексе $NiCl_2 \cdot 2L-C_6H_{13}NO_2$ в условиях температуры от 20 до 1000 °C на термических кривых наблюдается серия эндо- и экзотермических эффектов, вызванных этапным удалением из системы различных веществ и выброса газов (рис. 3 и табл. б). Экстремальные точки (минимумы) на DTA-кривой при температурах 60, 100, 125, 220, 355,

520 и 570 °С соответствуют температурам эндотермических реакций разложения. Экзотермический пик при 325 °С – температура начальной фазы окисления углерода. Интервал температуры от 325 до 580 °С взаимодействия кислорода с углеродом, никелем и сопровождается эндотермическим эффектом.

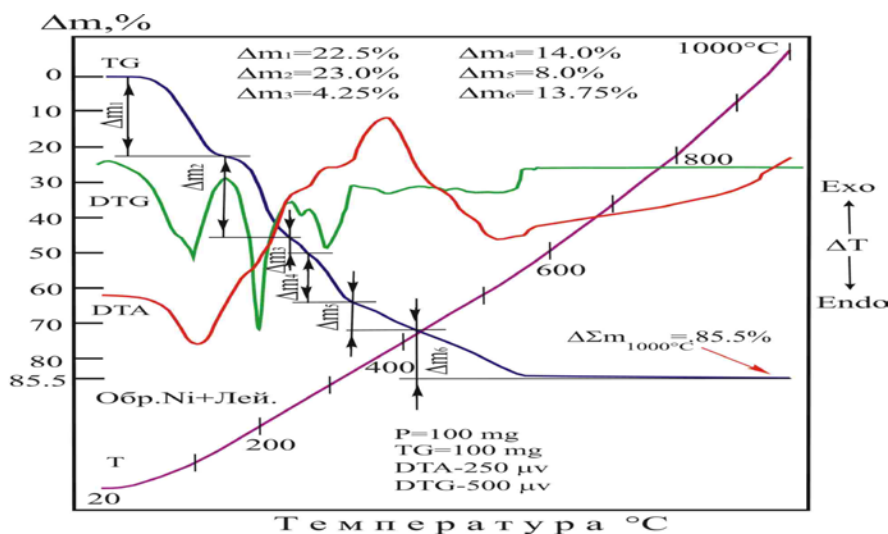


Рис. 3. Дериватограмма $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$.

Таблица 6. – Термогравиметрические данные деструкции комплекса $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L} \cdot \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ в пределах 20-1000°С

Потери веса	Количество, в %	Температуры разложения, °С
Δm_1	22,5	50–140
Δm_2	23,0	140–240
Δm_3	4,25	240–275
Δm_4	14,00	275–325
Δm_5	8,0	325–420
Δm_6	13,75	420–565
$\sum \Delta m_{1000^\circ\text{C}}$	85,5	20–1000

Для идентификации различных фаз в их смеси на основе анализа дифракционной картины, даваемой исследуемым образцом, использован рентгенофазовый анализ (РФА). Основное преимущество рентгенографического анализа заключается в том, что изучается само твердое вещество в неизменном состоянии и определяется его стехиометрический состав.

Идентификация вещества в смеси проводится по набору его межплоскостных расстояний (d) и относительным интенсивностям (I) соответствующих линий на рентгенограмме. Рассеянные рентгеновские лучи ввиду своей когерентности могут интерферировать, при этом для рентгеновских лучей кристалл служит дифракционной решеткой, поскольку межплоскостные расстояния в нем сопоставимы с длиной волны излучения.

Регистрация рентгеновской дифракционной линии производилась на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3. Использовалось $\text{CuK}\alpha$ рентгеновской трубки и β -фильтр. Режим работы трубки: 35 кВ, 20 мА. Дифрактограммы записывались в диапазоне углов 2–70° 2 θ , шаг 0,02° 2 θ . Для рентгенофазового анализа использовалась картотека ICDD (база порошковых дифрактометрических данных – Powder Diffraction File 2012), содержащая

данные 250182 соединений [14.с.328]. Для этого образцы исследуемых компонентов измельчались в агатовой ступке. Затем пробы смешивались с вазелиновым маслом, поочередно плотно набивались на держатель гониометрической головки ГУР-5 рентгеновского аппарата. Вращением гониометрической головки вокруг своей оси и медленным движением регистрирующих устройств (сцинтилляционный счетчик СР С-4 с фотоэлементом) шла запись спектров с помощью самопишущего прибора КСП-4 на специальной бумаге (имеем записи рентгеновских спектров) называемые дифрактограммами, где указывается отсчеты $2-70^\circ 2\theta$ угла отражения и высоты пиков дифракционных линий. Расчет межплоскостных расстояний проведен по таблице Я.Г. Гиллера [15.95-180с.] интенсивности линий (J/J_0) по стобальной системе.

Параметры элементарной ячейки a , b , c легко определить по положению дифракционных рефлексов на рентгенограммах.

При исследовании моноклинных и триклинных кристаллов рентгенофазовым анализом определяются рефлексы на рентгенограммах оценивается и угловые параметры решетки.

По геометрии размещения рефлексов на рентгенограммах можно оценить и угловые параметры решетки. Последнее существенно только при исследовании моноклинных и триклинных кристаллов. Зная параметры решетки, нетрудно найти объем элементарной ячейки кристалла, число формульных единиц соединения, приходящихся на ячейку и плотность кристалла.

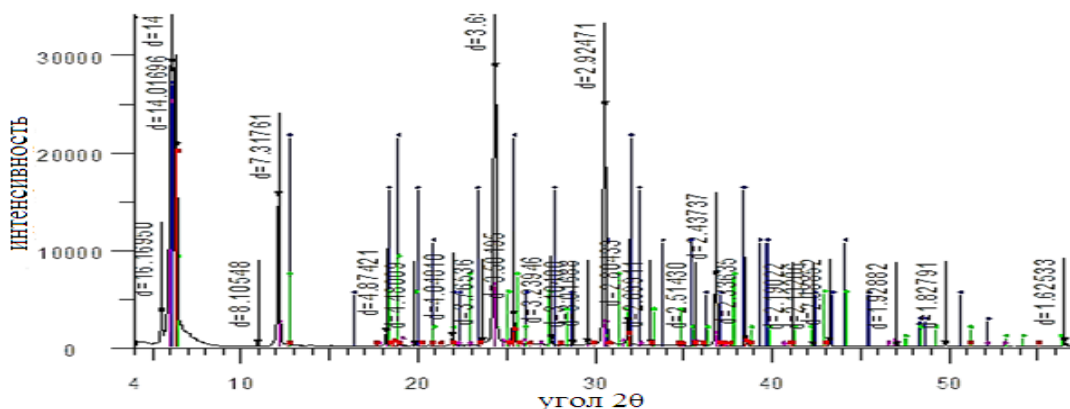
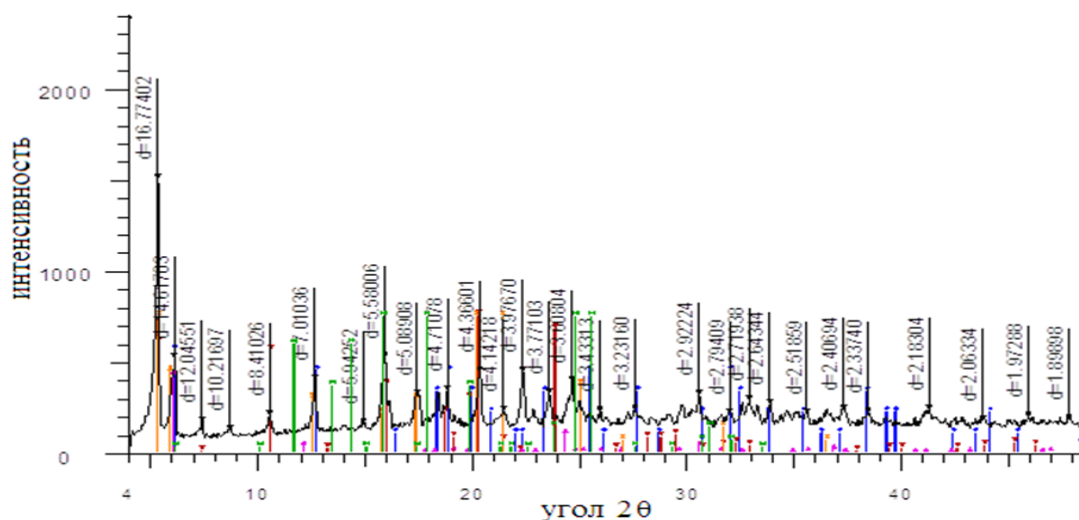


Рис. 4. Дифрактограмма L-C₆H₁₃NO₂.

Таблица 7. – Параметры элементарных ячеек и типы кристаллических решеток соединений

Соединение	Тип решетки	Параметры элементарной ячейки, Å ⁰			Угол, град	Объем ячейки, Å ⁰	Число форм. ед. н.	РФ	
		a	b	c				плотн. г/см ³	ρ _{рентг.}
L-C ₆ H ₁₃ NO ₂	Моноклинная	9,761	5,307	14,686	94,1	757,51	5	1,206	1,293
NiCl ₂ · 2L-C ₆ H ₁₃ NO ₂	Моноклинная	8,3414	7,9964	8,1214	105,6	521.706	1	1,2476	1,5842

Рис. 5. Дифрактограмма $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$

Экспериментально вычисленные данные относительной интенсивности линии I/I_0 и d межплоскостные расстояния использованы для установления Миллеровских индексов (hkl) и определения кристаллографических параметров элементарной ячейки (a, b, c), ее сингонии, вида симметрии, пространственной группы симметрии, а также расшифровки кристаллической структуры.

Вывод: Учитывая экспериментальные данные, можно сделать следующее заключение, что полученное комплексное соединение $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{L-C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$ отвечает определенному значению плотности, удельному весу, молекулярному объему и характеризует индивидуальность.

Список использованных источников:

1. Омурзакова, Г. Г. Взаимодействие изолейцина с хлоридом никеля в водной среде / Г. Г. Омурзакова // Наука, техника и образование. – 2016. – № 10(28). – С. 26-28. – EDN WXDPUB.
2. Омурзакова, Г. Г. Моделирование катиона лейцина / Г. Г. Омурзакова, М. А. Туленбаева // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 6(88). – С. 10-13. – EDN XXMKCT.
3. Власюк, П.А. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека [Текст] / П.А. Власюк, И.М. Шкварук, С.Е. Сопатый, и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1979. – 278 с.
4. Майстер, А. Биохимия аминокислот [Текст] / А. Майстер. – М.: Изд. иностр. лит. 1961. – 530 с.
5. Войнар, А.О. Физиологическая роль микроэлементов в организме животных и человека, и задачи исследования в этом направлении [Текст] / А.О. Войнар // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Рига, 1956. – С. 449-491.
6. Фердман, Д. А. Биохимия [Текст] / Д.А. Фердман. – М.: Высш. шк., 1966. – 644 с.
7. Сыровая, А.О., Шаповал Л.Г., Макаров В.А., Петюнина В.Н., Грабовецкая Е.Р., Андреева С.В., Наконечная С.А., Бачинский Р.О., Лукьянова Л.В., Козуб С.Н., Левашова О.Л. Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов: в 2-х т. Том 2 / – Х. «Щедра садиба плюс», 2015 – 268 с.
8. Potier, M. Protein, amino acids, and the control of food intake [Text] / M. Potier, N. Darcel, D. Tome. // Curr Opin Clin Nutr Metab Care. – 2009. – Vol. 12 – P. 54– 58.

9. Аносов, В.Я. Основы физико-химического анализа [Текст]: В.Я.Аносов, Ю.А. Озерова, М.И. Фиалков. – М.: Наука, 1976. -504 с.
10. Щварценбах, Г. Комплексонометрическое титрование [Текст]/ Г. Щварценбах, Г. Флашка. – М.: Химия, 1970. – 360 с.
11. Аносов, В.Я. Начертательная геометрия в применении к химическим диаграммам тройных и четверных систем [Текст]: В.Я. Аносов. –М. –Л.: Изд. АН СССР. – 1949. - С. 121-140.
12. Берг, Л. Г. Введение в термографию [Текст] / Л.Г. Берг - М.: Наука, 1969. - 396 с.
13. Paulik, F. Derivatographic Investigation of the Anthracite of the Don [Текст] / F. Paulik, A. Paulik, Z. Erday // Analit.chem. 1959. – V. 160. - №4 241-252 s.
14. Миркин, Л.И. Рентгеноструктурный анализ [Текст]: справ. руководство. Получение и измерение рентгенограмм / Л. И. Миркин. – М.: Наука, 1976. – 328 с.
15. Гиллер, Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний [Текст] – М.: Недра, 1966. – Т.2. –С. 95-180.