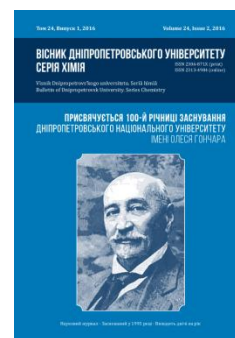




Вісник Дніпропетровського університету. Серія Хімія
Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry

p-ISSN 2306-871X, *e*-ISSN 2313-4984
journal homepage: <http://chemistry.dnu.dp.ua>



UDC 546.76

THE COMPLEXES STRUCTURES OF CHROMIUM(III) WITH ETHYLGLYCINE AND ALANINE

Line A. Chernushenko*

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, 72 Gagarin Ave., Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine

Received 20 January 2015; revised 17 May 2015; accepted 29 September 2016; available online 31 December 2016

Abstract

The reaction of chromium(III) chloride with the amino acid ethylglycine in a 1:1 molar ratio of metal to ligand has been performed. The complex with monodentate coordinated ethylglycine $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (I) has been synthesized. Interaction of compound (I) with the α -alanine results in formation of different-ligand complex $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (II). The complexes I and II have been analyzed by IR and UV/Vis spectroscopy. Significant difference in wave numbers of carboxylic group valence vibrations ($\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)-\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)=220\text{ cm}^{-1}$ for (I) and $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)-\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)=244\text{ cm}^{-1}$ for (II)) confirms that both amino acids are coordinated to Cr^{3+} by oxygen of carboxyl group. Compounds (I–II) have the octahedral structure. Two bands of transition (${}^4\text{T}_{1g}\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$ and ${}^4\text{T}_{2g}\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$) have been observed in the visible part of the spectrum and one band of transition (${}^4\text{T}_{1g}(\text{P})\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$) in UV region. The parameters of crystal field of complexes have been calculated ($Dq = 1640\text{ cm}^{-1}$, $B = 627\text{ cm}^{-1}$ and $\beta = 0.61$ for (I) and $Dq = 1700\text{ cm}^{-1}$, $B = 553\text{ cm}^{-1}$ and $\beta = 0.54$ for (II)). The computer three-dimension models of complexes (II) has been created. Geometrical parameters of complexes have been calculated at HF/6-31G(d) level of theory.

Keywords: Chromium; complex connections; amino acids; alanine; ethylglycine.

БУДОВА КОМПЛЕКСІВ ХРОМУ(III) З ЕТИЛГЛІЦИНОМ ТА АЛАНІНОМ

Олена О.Чернушенко*

Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара, просп. Гагаріна, 72,
Дніпропетровськ, 49010, Україна

Анотація

Синтезовані комплексна сполука хрому(III) з монодентатно координованим етилгліцином складу $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (I) та змішанолігандна комплексна сполука з монодентатно координованим етилгліцином та α -аланіном складу $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (II). Координація амінокислот за даними ІЧ-спектрів відбувається за допомогою Оксигену карбоксильної групи, на що вказує значна різниця хвильових чисел валентних коливань: $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)-\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)=220\text{ cm}^{-1}$ для (I) та $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)-\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)=244\text{ cm}^{-1}$ для (II). Вивчені електронні спектри комплексних сполук хрому(III) I–II. У видимій області спостерігаються дві смуги переходу: ${}^4\text{T}_{1g}\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$ і ${}^4\text{T}_{2g}\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$, та в УФ-області смуга переходу ${}^4\text{T}_{1g}(\text{P})\leftarrow{}^4\text{A}_{2g}$. Наведені результати розрахунку параметрів кристалічного поля: $Dq = 1640\text{ cm}^{-1}$, $B = 627\text{ cm}^{-1}$ і $\beta = 0.61$ для (I) і $Dq = 1700\text{ cm}^{-1}$, $B = 553\text{ cm}^{-1}$ та $\beta = 0.54$ для (II). Отримано комп'ютерну модель просторової будови сполуки (II). Розраховані геометричні параметри комплексу (II) з використанням HF/6-31G(d).

Ключові слова: Хром; комплексні сполуки; амінокислоти; аланін; етилгліцин.

*Corresponding author: tel.: +380567765934; e-mail address: analyticdnu@mail.ru

© 2016 Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

doi: 10.15421/081611

СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ХРОМА(III) С ЭТИЛГЛИЦИНОМ И АЛАНИНОМ

Елена А. Чернушенко*

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, просп. Гагарина, 72,
Днепропетровск, 49010, Украина

Аннотация

Синтезированы комплексное соединение хрома (III) с монодентатно координированным этилглицином состава $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (I) и разнолигандное комплексное соединение с монодентатно координированным этилглицином и α -аланином $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (II). По данным ИК-спектров координация аминокислот осуществляется кислородом карбоксильной группы, что подтверждается значительной разницей волновых чисел валентных колебаний $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-) = 220 \text{ см}^{-1}$ для (I) и $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-) = 244 \text{ см}^{-1}$ для (II). Изучены электронные спектры комплексных соединений хрома(III) I–II. В видимой области наблюдаются две полосы перехода: ${}^4\text{T}_{1\text{g}} \leftarrow {}^4\text{A}_{2\text{g}}$ и ${}^4\text{T}_{2\text{g}} \leftarrow {}^4\text{A}_{2\text{g}}$, и в УФ-области полоса перехода ${}^4\text{T}_{1\text{g}}(\text{P}) \leftarrow {}^4\text{A}_{2\text{g}}$. Приведены расчеты параметров кристаллического поля: $Dq = 1640 \text{ см}^{-1}$, $B = 627 \text{ см}^{-1}$ и $\beta = 0.61$ для (I) и $Dq = 1700 \text{ см}^{-1}$, $B = 553 \text{ см}^{-1}$ та $\beta = 0.54$ для (II). Получена компьютерная модель пространственного строения соединения (II). Рассчитаны геометрические параметры комплекса (II) с использованием HF/6-31G(d).

Ключевые слова: хром; комплексные соединения; аминокислоты; аланин; этилглицин.

Вступ

Хром є одним з важливих мікроелементів для живих організмів. Відомо про біологічну роль хрому(III) у вуглеводному та жировому обміні організму [1]. Найважливіша біологічна роль мікроелемента Хрому полягає в регуляції вуглеводного обміну та рівня глюкози крові, оскільки він є компонентом низькомолекулярного органічного комплексу Glucose Tolerance Factor [2–5]. Хром нормалізує проникність клітинних мембран для глюкози, процеси використання її клітинами і депонування, і в цьому плані функціонує спільно з інсуліном. Припускають, що вони утворюють комплекс, який регулює рівень глюкози в крові [6; 7]. Відомо також, що токсична дія сполук хрому(VI) пов'язана з руйнуванням молекул ДНК та утворенням адуктів ДНК-Сг-амінокислота [8].

Останнім часом все більшу зацікавленість викликає використання комплексних сполук хрому(III) як малотоксичних біологічно активних сполук, для яких доведено наявність гіпоглікемічної біоактивності. Сполуки хрому(III) з амінокислотами є нетоксичними і використовуються як харчові домішки [9; 10].

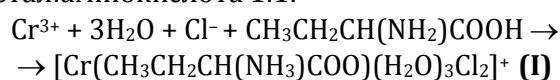
Дана робота є продовженням серії робіт, присвячених розробці направлених методів синтезу комплексних сполук хрому(III) з амінокислотами із регульованим складом внутрішньої сфери [11–13].

Результати та їх обговорення

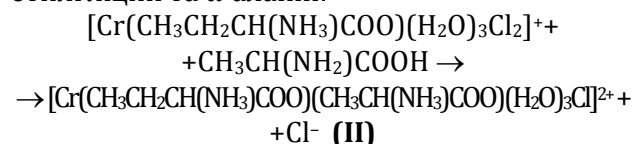
Етилгліцин та аланін є лігандами O, N-типу завдяки наявності двох донорних центрів (NH_2 , COO^-), координація яких в залежності

від умов синтезу може відбуватися різним чином. Раніше було показано [13], що координація амінокислот O, N-типу у кислому середовищі до йону хрому(III) відбувається монодентатно за допомогою Оксигену карбоксильної групи, а у нейтральному бідентатно Оксигеном карбоксильної та Нітрогеном аміногрупи. В даній роботі наведено результати дослідження будови виділених в індивідуальному стані комплексних сполук хрому(III) з етилгліцином та змішанолігандного комплексу з етилгліцином та α -аланіном.

Комплексні сполуки хрому(III) з монодентатно координованим етилгліцином отримали пряму взаємодію з хлоридом хрому(III) при молярному співвідношенні метал:амінокислота 1:1:



При взаємодії комплексу (I) з α -аланіном відбувається заміщення йону Хлору амінокислотою її координація до йону хрому(III) Оксигеном карбоксильної групи. У такий спосіб отримано змішанолігандний комплекс, що містить дві амінокислоти етилгліцин та α -аланін:



Заряд комплексних йонів сполук (I–II) визначений за результатами кондуктометричних вимірювань. Дані розрахунку величин молярної електропровідності наведені в табл. 1.

Октаедрична будова отриманих комплексних сполук (I–II) підтверджена

даними електронної спектроскопії (рис. 1 *a, b*). В електронних спектрах поглинання синтезованих комплексних сполук хрому(III) (I–II) спостерігаються смуги, зумовлені d–d переходами, дозволеними за спіном: у видимій області дві смуги, що відповідають переходам ${}^4T_{1g} \leftarrow {}^4A_{2g}$ та ${}^4T_{2g} \leftarrow {}^4A_{2g}$, в УФ області

знаходиться ще одна смуга ${}^4T_{1g}(P) \leftarrow {}^4A_{2g}$ [14]. Для кількісної характеристики спектрів розрахували величини параметрів розщеплення Dq та відповідно B и β за методикою, викладеною в [15]. Дані розрахунку наведені в табл. 2.

Table 1

The molar conductivity of the solution of complex compounds of chromium(III)

Таблиця 1

Величини молярної електропровідності розчинів комплексних сполук хрому(III)

Complex compounds	pH	μ , cm ² /Om·mol
[Cr(CH ₃ CH ₂ CH(NH ₃)COO)(H ₂ O) ₃ Cl ₂]Cl·3H ₂ O	5.54	126
[Cr(CH ₃ CH ₂ CH(NH ₃)COO)(CH ₃ CH(NH ₃)COO)(H ₂ O) ₃ Cl]Cl ₂	3.50	271

Table 2

Results of calculations of crystal field parameters of complex compounds of chromium(III)

Таблиця 2

Результати розрахунку параметрів кристалічного поля комплексів хрому(III)

Complex compounds	Transition	ν , cm ⁻¹	Dq	B	β	β^0 , %
[Cr(CH ₃ CH ₂ CH(NH ₃)COO)(H ₂ O) ₃ Cl ₂] ⁺	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(P)$	32300				
	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(F)$	22700	1640	627	0.61	39.10
	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}(F)$	16400				
[Cr(CH ₃ CH ₂ CH(NH ₃)COO)(CH ₃ CH(NH ₃)COO)(H ₂ O) ₃ Cl] ²⁺	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(P)$	32300				
	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(F)$	22700	1700	553	0.54	46.32
	${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}(F)$	17000				

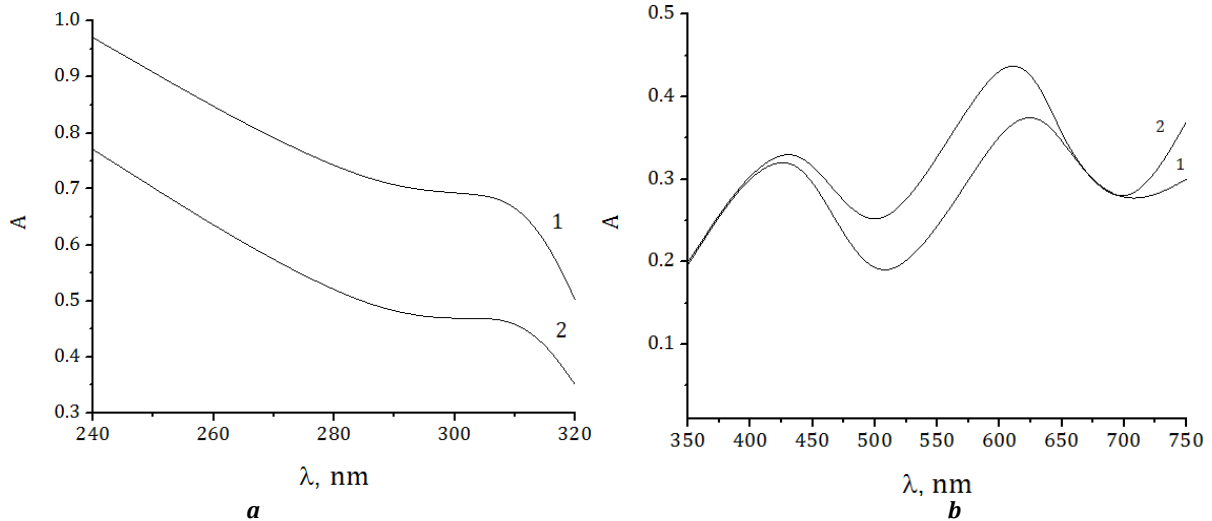


Fig. 1. Electronic spectra of [Cr(CH₃CH₂CH(NH₃)COO)(H₂O)₃Cl₂]⁺ (1) and [Cr(CH₃CH₂CH(NH₃)COO)(CH₃CH(NH₃)COO)(H₂O)₃Cl]²⁺ (2): UV spectra of 10⁻⁴ mol/L (a); visible part of the spectrum 5·10⁻³ mol/L (b)

Рис. 1 Електронні спектри водних розчинів комплексів [Cr(CH₃CH₂CH(NH₃)COO)(H₂O)₃Cl₂]⁺ (1) та [Cr(CH₃CH₂CH(NH₃)COO)(CH₃CH(NH₃)COO)(H₂O)₃Cl]²⁺ (2): УФ-спектри 10⁻⁴ моль/л (a); спектри видимої області 5·10⁻³ моль/л (b)

За даними ІЧ-спектра етилгліцин та α-аланін у комплексах (I, II) координовані за допомогою карбоксильної групи при вільній протонованій аміногрупі (рис. 2 *a, b*). Донорні центри ліганду встановлені за наступними даними:

1) в ІЧ-спектрах комплексів відсутні смуги поглинання валентних коливань протонованої карбоксильної групи $\nu(\text{COOH}) \sim 1730 \text{ cm}^{-1}$;

відмічається значна різниця $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$, характерна для координованого карбоксилу [16; 17]: $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-) = 220 \text{ cm}^{-1}$ для сполуки (I) та $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-) = 244 \text{ cm}^{-1}$ для сполуки (II);

2) у спектрах комплексних сполук (I, II) спостерігається набір частот, що характерні для протонованої та незв'язаної з металом аміногрупи ($-\text{NH}_3^+$): широка смуга, що

відповідає валентним коливанням $\nu(\text{NH})$: 2800–3210 cm^{-1} для сполуки **(I)** та 2900–3110 cm^{-1} для сполуки **(II)**, та деформаційним коливанням $\delta_a(\text{NH}_3^+) \sim 1580 \text{ cm}^{-1}$. Підсилюється смуга симетричного деформаційного коливання $\delta_s(\text{NH}_3^+)$ при $\sim 1480 \text{ cm}^{-1}$ [18];

3) координація амінокислот за допомогою Оксигену карбоксильної групи в сполуках **(I, II)** підтверджується появою в ІЧ-спектрах комплексів смуги $\sim 580 \text{ cm}^{-1}$, що відповідає валентним коливанням Cr–O, яка відсутня у спектрі вільних амінокислот [15; 19].

Таким чином, одержані результати свідчать про монодентатну координацію етилгіцину та α -аланіну за допомогою

Оксигену карбоксильної групи за вільної протонованої аміногрупи.

За допомогою програми WinGAMES у наближенні HF/6-31G(d) отримано комп'ютерну модель просторової будови комплексного йону $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]^{2+}$ (рис. 3). При розрахунках враховувались заряд комплексного йону та мультиплетність, яка дорівнює $4(2\Sigma S + 1)$ [14]. При дослідженні будови інтерес представляє, насамперед, найбільш оптимальна конформація та взаємне розташування лігандів у внутрішній сфері комплексу, можливі кути, довжини зв'язків, а також водневі зв'язки табл. 3. Критерієм наявності або відсутності зв'язку є довжина зв'язку.

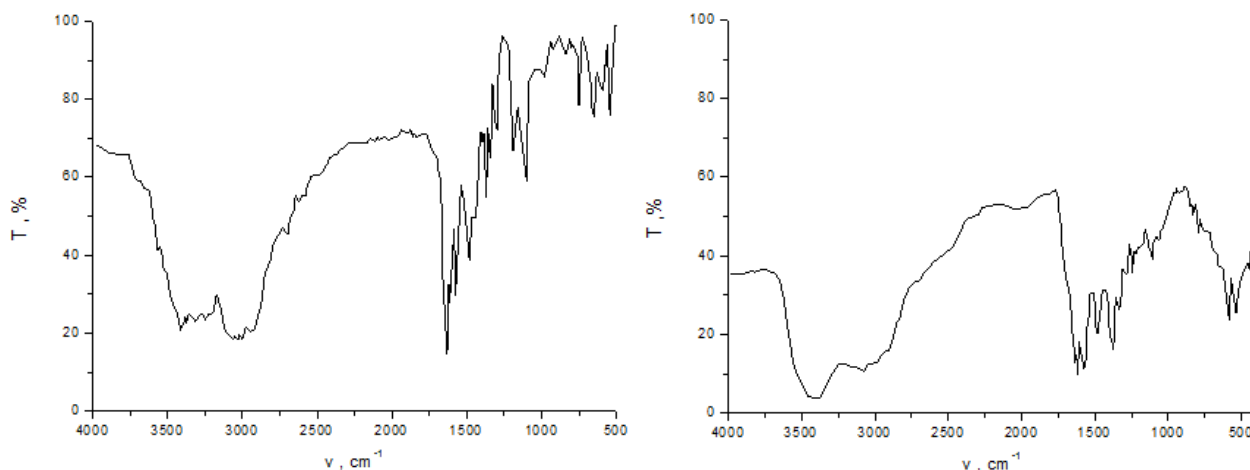


Fig. 2. IR spectra of $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (a) and $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (b)

Рис. 2. ІЧ-спектри комплексів $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (a) та $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (b)

Table 3

Geometrical parameters of complex $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]^{2+}$, calculated at HF/6-31G(d) level of theory

Таблиця 3

Геометричні параметри комплексу $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]^{2+}$, розраховані у наближенні HF/6-31G(d)

Bond angle		Bond length, Å	
O (2) – Cr (1) – O (5)	165.2340	Cr (1) – O (1)	1.8642
O (2) – Cr (1) – O (4)	83.7253	Cr (1) – O (2)	1.8608
O(2) – Cr (1) – O (3)	100.9880	Cr (1) – O (3)	1.8183
O (1) – Cr (1) – Cl(1)	93.8411	Cr (1) – O (4)	1.8558
O (1) – Cr (1) – O (5)	83.4683	Cr (1) – O (5)	1.8227
O (1) – Cr (1) – O (4)	166.2290	Cr (1) – Cl (1)	2.1963
O (1) – Cr (1) – O (2)	84.3281		
Cl(1) – Cr (1) – O (5)	86.2596		
Cl (1) – Cr (1) – O(4)	90.4052		
Cl (1) – Cr (1) – O(2)	170.4830		
O (5) – Cr (1) – O (4)	109.9060		
O (5) – Cr (1) – O (2)	84.2540		
O(4) – Cr (1) – O (2)	93.5409		

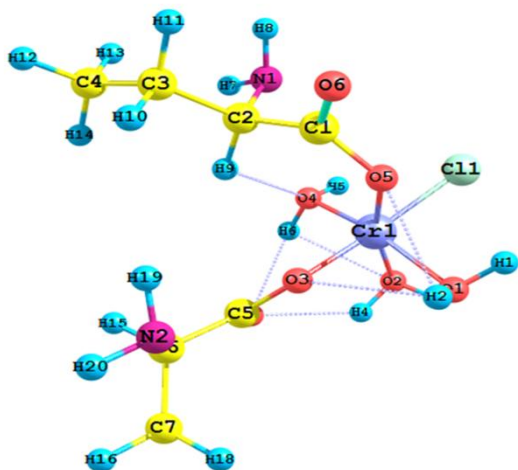


Fig. 3. Structure of $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]^{2+}$
Рис. 3. Структура $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]^{2+}$

Експериментальна частина

ІЧ-спекти знімали в таблетках КВг на приладі Specord 75IR, електронні спектри водних розчинів розчинах з концентрацією 10^{-2} – 10^{-3} моль/л – на спектрофотометрі Specord M–40. Кондуктометричні вимірювання проводили з використанням містка Р38 у водних розчинах з концентрацією 10^{-3} моль/л за 20°C у термостатованій комірці з платиновими електродами через 60 с. Молярну електропровідність розраховували з урахуванням кислотності середовища [10]. Хром у виділених сполуках визначали фотометрично [16], Хлор – потенціометрично, Нітроген – на аналізаторі фірми Карло Ерба.

Триаквадихлороетилгліцинхром(III) хлорид. У розчин хром(III) хлориду (10 ммоль, 2.6650 г $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) у воді додавали розчин етилгліцина (10 ммоль, 1.0300 г) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$. Суміш нагрівали на водяній бані до повного розчинення, фільтрували, фільтрат випаровували. Виділення продукту проводили висолуванням ацетоном.

Виділена сполука $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (І) (вихід 3.2627 г, 88.3 %) рентгеноаморфна, розчинна у воді, нерозчинна в ацетоні, етанолі, етері. ІЧ-спектр (тонка плівка) ν , cm^{-1} : 540 сл. ($\rho(\text{COO}^-)$), 570 сл. ($\nu(\text{Cr}-\text{O})$), 1390 ($\nu_s(\text{COO}^-)$), 1486 ($\delta_s(\text{NH}_3^+)$), 1580 ($\delta_d(\text{NH}_3^+)$), 1610 ($\nu_{as}(\text{COO}^-)$), 1640 ($\delta(\text{H}_2\text{O})$), 2800–3210 ($\nu(\text{NH}_3^+)$), 3400 ($\nu(\text{O}-\text{H})$). Електронний спектр поглинання (вода), λ_{max} ($\lg \epsilon$): 310 (3.86), 440 (1.91), 610 (2.02). Знайдено (%): Cr 14.07, Cl

29.12, N 3.83. Розраховано для $\text{CrC}_4\text{H}_{21}\text{NO}_8\text{Cl}_3$ (%): Cr 14.14, Cl 28.82, N 3.79.

Триаквахлороетилгліциналанинхром(III) хлорид. У розчин комплексної сполуки (І) (5 ммоль, 1.8475 г) у воді додавали розчин аланіну (5 ммоль, 0.4450 г) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$. Суміш нагрівали на водяній бані до повного розчинення, фільтрували, фільтрат випаровували. Виділення продукту проводили висолуванням ацетоном.

Виділена сполука $[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3)\text{COO})(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (ІІ) (вихід 1.9011 г, 94 %) рентгеноаморфна, розчинна у воді, нерозчинна в ацетоні, етанолі, етері. ІЧ-спектр (ν , cm^{-1}): 540 сл. ($\rho(\text{COO}^-)$), 586 сл. ($\nu(\text{Cr}-\text{O})$), 1370 ($\nu_s(\text{COO}^-)$), 1480 ($\delta_s(\text{NH}_3^+)$), 1574 ($\delta_d(\text{NH}_3^+)$), 1614 ($\nu_{as}(\text{COO}^-)$), 1630 ($\delta(\text{H}_2\text{O})$), 2900–3110 ($\nu(\text{NH}_3^+)$), 3410 ($\nu(\text{O}-\text{H})$). Електронний спектр поглинання (вода), λ_{max} ($\lg \epsilon$): 310 (3.70), 440 (1.91), 588 (1.92). Знайдено (%): Cr 13.91, Cl 26.12, N 7.13. Розраховано для $\text{CrC}_7\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_7\text{Cl}_3$ (%): Cr 12.86, Cl 26.33, N 6.92.

Висновки

Таким чином, амінокислоти N,O-типу: етилгліцин, α -аланін у кислому середовищі координуються до йону хрому(III) за допомогою Оксигену карбоксильної групи, утворюючи октаедричні комплекси. Отримані результати є хімічною основою моделювання функціонування хрому(III) в біо- та екосистемах.

Бібліографічні посилання

- [1] Vincent J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? / J. B. Vincent // Dalton Trans. – 2010. – Vol. 39, N 16. – P. 3787–3794. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1039/b920480f>
- [2] Mertz W. Chromium in human nutrition: a review / W. Mertz // J. Nutr. – 1993. – Vol. 123, N 4. – P. 626–633.
- [3] Cooper J. A. Chromium(III) complexes and their relationship to the glucose tolerance factor. Part II. Structure and biological activity of amino acid complexes / J. A. Cooper, L. F. Blackwell, P. D. Buckley // Inorg. Chim. Acta. – 1984. – Vol. 92, N 1. – P. 23–31. Way of Access : [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-1693\(00\)80060-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-1693(00)80060-2)
- [4] Kegley E. B. Performance and glucose metabolism in calves fed a chromium-nicotinic acid complex or chromium chloride / E. B. Kegley, J. W. Spears, J. H. Eisemann // J. Dairy Sci. – 1997. – Vol. 80, N 8. – P. 1744–1750. Way of Access :

- [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76107-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76107-1)
- [5] Vaidyanathan V.G. Importance of ligand structure in DNA/protein binding, mutagenicity, excision repair and nutritional aspects of chromium(III) complexes / V. G. Vaidyanathan, Ya. Asthana. B. U. Nair // *Dalton Trans.* – 2013. – Vol. 42 – P. 2337–2346. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1039/c2dt32124f>
- [6] Mowat D. N. Chelated chromium for stressed feeder calves/ D. N. Mowat , X. Chang, W. Z. Yang // *Can. J. Anim. Sci.* – 1993. – Vol. 73, N 1. – P. 49–55. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.4141/cjas93-004>
- [7] Hayirli, A. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows/ A. Hayirli // *J. Dairy Sci.* – 2001. – Vol. 84, N 5. – P. 1218–1230. . Way of Access : [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74583-3](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74583-3)
- [8] Zhitkovich A. Glutathione and free amino acids form stable complexes with DNA following exposure of intact mammalian cells to chromate / A. Zhitkovich, V. Voitkun, M. Costa. // *Carcinogenesis.* – 1995. – Vol. 16, N 4. – P. 907–913. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1093/carcin/16.4.907>
- [9] Evaluation of the acute oral toxicity class of trinuclear chromium(III) glycinate complex in rat / H. Staniek [et al.] // *Biol. Trace Elem. Res.* – 2011. – Vol. 143, N 3. – P. 1564–1575. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-011-8959-3>
- [10] Homo- and hetero-nuclear chromium(III) complexes with natural ligands. Part 1. Spectroscopic and mass spectra studies on ternary [M–L1–L2] systems / G. Maciejewska [et al.] // *Transition Met. Chem.* – 2002. – Vol. 27, N 5. – P. 473–480. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015604410186>
- [11] Чернушенко О. О. Будова комплексів хрому(III) з цистином та етилгліцином/ О. О. Чернушенко, А. В. Кислицина // *Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. Хім.* – 2013. – Т. 21, Вип. 20, N 3/1. – С. 49–54. Режим доступу : <http://dx.doi.org/10.15421/081318>
- [12] Чернушенко О. О. Електронні спектри амінокислотних комплексів хрому(III) / О. О. Чернушенко, А. Безуглая // *Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. Хім.* – 2012. – Т. 20, Вип. 18. – С. 124–126. Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Natural/Vdpu/Chim/2012_18/vdnu1242012.pdf
- [13] Чернушенко Е. А. Комплексы хрому(III) с монодентатно координированным цистеином / Е. А. Чернушенко, И. Г. Виниченко, Г. Д. Зегжда // *Укр. хим. журн.* – 1998. – Т. 64, N 6. – С. 77–81.
- [14] Kinetic studies on H⁺-catalysed aquation of chromium(III)-oxalato-asparaginato and chromium(III)-oxalato-histidinato complexes / H. Marai [et al.] // *Transition Met. Chem.* – 2012. – Vol. 37, N 2. – P. 337–344. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.1007/s11243-012-9594-3>
- [15] Драго Р. Фізическі методи в неорганічеській хімії / Р. Драго. – М.: Мир, 1967. – 448 с.
- [16] Накамото, К. ИК спектры и спектры КР неорганічеських и координаційних соединений / К. Накамото. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
- [17] Комплексное соединение дирения(III) с 3-амино-1-адамantanкарбоньовой кислотой/ Е. В. Величко, А. А. Голиченко, А. В. Штеменко // *Укр. хим. журн.* – 2012. – Т. 78, N 3. – С. 20–24.
- [18] Sharma R. K. Synthesis and characterization of CNTs using egg albumin & Metal (Cr⁺³) / R. K. Sharma, B. Tiwari, J. S. Tomar // *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.* – 2013. – Vol. 2, N 1. – P. 27–29. Retrieved from http://www.ijarst.com/journals/Volume%202_Is sue1/IJARST-02-01-05.pdf
- [19] Development of the Synthesis of Chromium and Molybdenum – Amino Acid Complexes: A Green Chemistry Approach / K. S. Budiasih [et al.] // *Adv. Mater. Res.* – 2015. – Vol. 1101. – P. 276–279. Way of Access : <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/A MR.1101.276>
- [20] Арстамян, Ж. М., Экстракционно-абсорбциометрическое определение хрома акридиновым желтым в природных и сточных водах / Ж. М. Арстамян, К. К. Мкртчян // *Химический журнал Армении.* – 2006. – Т. 59, N 3. – С. 39–43.

References

- [1] Vincent, J. B. (2010). Chromium: celebrating 50 years as an essential element?. *Dalton Trans.*, 39(16), 3787–3794. doi: 10.1039/b920480f
- [2] Mertz, W. (1993). Chromium in human nutrition: a review. *J. Nutr.*, 123(4), 626–633.
- [3] Cooper, J. A., Blackwell, L. F., & Buckley, P. D. (1984). Chromium(III) complexes and their relationship to the glucose tolerance factor. Part II. Structure and biological activity of amino acid complexes. *Inorg. Chim. Acta.*, 92(1), 23–31. doi: 10.1016/S0020-1693(00)80060-2
- [4] Kegley, E. B., Spears, J. W., & Eisemann, J. H. (1997). Performance and glucose metabolism in calves fed a chromium-nicotinic acid complex or chromium chloride. *J. Dairy Sci.*, 80(8), 1744–1750. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76107-1
- [5] Vaidyanathan, V. G., Asthana, Ya., & Nair, B. U. (2013). Importance of ligand structure in DNA/protein binding, mutagenicity, excision repair and nutritional aspects of chromium(III) complexes. *Dalton Trans.* 42, 2337–2346. doi: 10.1039/c2dt32124f
- [6] Mowat, D. N., Chang, X., & Yang, W. Z. (1993).

- Chelated chromium for stressed feeder calves. *Can. J. Anim. Sci.*, 73(1), 49–55. doi: 10.4141/cjas93-004
- [7] Hayirli, A., Bremmer, D. R., Bertics, S. J., Socha, M. T., & Grummer, R. R. (2001). Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84(5), 1218–1230. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74583-3
- [8] Zhitkovich, A., Voitkun, V., & Costa, M. (1995). Glutathione and free amino acids form stable complexes with DNA following exposure of intact mammalian cells to chromate. *Carcinogenesis*, 16(4), 907–913. doi: 10.1093/carcin/16.4.907
- [9] Staniek, H., Krejpcio, Z., Iwanik, K., Szymusiak, H., & Wieczorek, D. (2011). Evaluation of the acute oral toxicity class of trinuclear chromium(III) glycinate complex in rat. *Biol. Trace Elem. Res.*, 143(3), 1564–1575. doi: 10.1007/s12011-011-8959-3
- [10] Maciejewska, G., Cieślak-Golonka, M., Staszak, Z., & Szeląg, A. (2002). Homo- and hetero-nuclear chromium(III) complexes with natural ligands. Part 1. Spectroscopic and mass spectra studies on ternary [M–L1–L2] systems. *Transition Met. Chem.*, 27(5), 473–480. doi: 10.1023/A:1015604410186
- [11] Chernushenko, L. A., & Kislicina, A. B. (2013). [The structures of complexes chromium(III) with cystine and rthylglycine]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.*, 21(20 (3/1)), 49–54 (in Russian). doi: 10.15421/081318
- [12] Chernushenko, L. A., & Bezugla, A. (2012). [Electronic spectra of complexes of chromium(III)]. *Bull. Dnipropetrovsk Univ. Ser. Chem.*, 20(18), 124–126 (in Russian). Retrieved from http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Natural/Vdpu/Chim/2012_18/vdnu1242012.pdf
- [13] Chernushenko, L. A., Vinichenko, I. G., & Zegzhda, G. D. (1998). [Complexes of chromium(III) with monodentate coordinated cysteine]. *Ukr. Chem. J.* 64(6), 77–81 (in Russian).
- [14] Marai, H., Kita E., Kiersikowska, E., Kuchta, S., Bajek, A., & Drewa, T. (2012). Kinetic studies on H⁺-catalysed aquation of chromium(III)-oxalato-asparaginato and chromium(III)-oxalato-histidinato complexes. *Transition Met. Chem.* 37(2), 337–344. doi: 10.1007/s11243-012-9594-3
- [15] Drago, R. (1967). [*Physical methods in inorganic chemistry*], Moscow, Russian Federation: Mir.
- [16] Nakamoto, K. (1991). [*Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*]. Moscow, Russian Federation: Mir.
- [17] Velichko, L. V., Golenko A. A., & Shtemenko A. V. (2012). [Complexes of dirhenium(III) with 3-amino-1-adamantancarboxylic acid]. *Ukr. Chem. J.*, 78(3), 20–24 (in Russian).
- [18] Sharma, R. K., Tiwari, B., & Tomar, J. S. (2013). Synthesis and characterization of CNTs using egg albumin & Metal (Cr⁺³). *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.* 2(1), 27–29. Retrieved from http://www.ijarst.com/journals/Volume%202_Isue1/IJARST-02-01-05.pdf
- [19] Budiasih, K. S., Anwar, C., Santosa, S. J., & Ismail, H. (2015). Development of the Synthesis of Chromium and Molybdenum – Amino acid Complexes: A Green Chemistry Approach. *Adv. Mater. Res.* 1101, 276–279. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1101.276
- [20] Arstamyan, J. M., & Mkrtchyan, K. (2006). [Extraction-definition absorptiometric acridine yellow chromium in natural and waste waters]. *Chem. J. Armenia*, 59(3), 39–43 (in Russian).