

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ СЕРЕБРА (I) С 2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛ В ВОДНО-ДИМЕТИЛФОРМАМИДНЫХ РАСТВОРАХ

А.С. Содатдинова, Б.С. Сурайё, С.И. Сафаров, К.С. Мабаткадамзода, С.М. Сафармамадзода

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

В работе исследовано комплексобразование ионов серебра(I) с 2-меркаптоимидазолом в водно-диметилформамидных растворах при варьировании состава среды и ионной силы. Проанализировано влияние доли диметилформамида (25–75 об.%) на устойчивость образующихся комплексов: установлено, что при 50 об.% ДМФА константы устойчивости проходят через минимум, а при увеличении доли ДМФА до 75 об.% - возрастают. Изучено ступенчатое формирование трёх комплексных форм серебра(I): $[Ag(2MI)]^+$, $[Ag(2MI)_2]^+$ и $[Ag(2MI)_3]^+$ - на основании данных потенциометрического титрования с фиксацией снижения электродного потенциала от 459 до 188 мВ. Определены общие константы устойчивости ($lg\beta_1$, $lg\beta_2$, $lg\beta_3$) для каждой из форм при двух значениях ионной силы (0,1 и 0,2 моль/л), выявлено, что снижение ионной силы приводит к уменьшению эффективных констант из-за ослабления электростатических взаимодействий. Выявлено, что 2-меркаптоимидазол в среде с 25 об.% ДМФА проявляет свойства слабого основания: величина pK_a составила $3,77 \pm 0,04$ при 298 К. Сформированы распределительные диаграммы протонированных, молекулярных и депротонированных форм лиганда в широком диапазоне pH, позволившие установить области доминирования каждой формы. Представлены результаты pH-метрического титрования при разных температурах, обосновано влияние температурного фактора на константу ионизации лиганда.

Ключевые слова: серебро, 2-меркаптоимидазол, диметилформамид, общие константы устойчивости, неводный растворитель.

КОМПЛЕКСҲОСИЛКУНИИ НУҚРАИ (I) БО 2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛ ДАР МАҲЛУЛҲОИ ОБИ-ДИМЕТИЛФОРМАМИДИ

А.С. Содатдинова, Б.С. Сурайё, С.И. Сафаров, К.С. Мабаткадамзода, С.М. Сафармамадзода

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар кор раванди комплексҳосилшавии ионҳои нуқра(I) бо 2-меркаптоимидазол дар маҳлулҳои обӣ-диметилформамидӣ ҳангоми тағйир ёфтани таркиби муҳит ва қувваи ионӣ тадқиқ карда шудааст. Таъсири ҳиссаи диметилформамид (25–75 % ҳаҷмӣ) ба устувории комплексҳои ҳосилшаванда таҳлил карда шуд: муайян гардид, ки дар 50 % ҳаҷмии ДМФА константаҳои устуворӣ аз минимум мегузаранд, вале бо зиёд шудани ҳиссаи ДМФА то 75 % ҳаҷмӣ – меафзоянд. Ташаккули зинагии се шакли комплекси нуқра $[Ag(2MI)]^+$, $[Ag(2MI)_2]^+$ и $[Ag(2MI)_3]^+$ - дар асоси маълумоти титрикунонии потенциометрӣ бо сабти қоҳиши потенциали электродӣ аз 459 то 188 мВ омӯхта шудааст. Константаҳои умумии устуворӣ ($lg\beta_1$, $lg\beta_2$, $lg\beta_3$) барои ҳар як шакл дар ду қимати қувваи ионӣ (0,1 ва 0,2 моль/л) муайян карда шуданд; ошкор гардид, ки қоҳиши қувваи ионӣ аз сабаби заиф шудани таъсири мутақобилаи электростатикӣ ба кам шудани константаҳои эффективӣ оварда мерасонад. Муайян карда шуд, ки 2-меркаптоимидазол дар муҳити дорои 25 % ҳаҷмии ДМФА ҳосиятҳои асосӣ заифро зоҳир мекунад: қимати pK_a дар ҳарорати 298 К ба $3,77 \pm 0,04$ К баробар шуд. Диаграммаҳои тақсимоии шаклҳои протониронидашуда, молекулавӣ ва депротониронидашудаи лиганд дар доираи васеи pH сохта шуданд, ки имкон доданд соҳаҳои бартарии ҳар як шакл муайян карда шаванд. Натиҷаҳои титрикунонии pH-метрӣ дар ҳароратҳои гуногун пешниҳод гардида, таъсири омили ҳарорат ба константаи ионизатсияи лиганд асоснок карда шудааст.

Калидвожаҳо: нуқра, 2-меркаптоимидазол, диметилформамид, собитаҳои умумии устуворӣ, ҳалкунандаи ғайриобӣ.

SILVER(I) COMPLEXATION WITH 2-MERCAPTOIMIDAZOLE IN AQUEOUS-DIMETHYLFORMAMIDE SOLUTIONS

A.S. Sodatdinova, B.S. Surayo, S.I. Safarov, K.S. Mabatkadamzoda, S.M. Safarmamadzoda

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

The article presents the results of the study of the complex formation of silver(I) ions with 2-mercaptoimidazole in aqueous–dimethylformamide solutions with varying solvent composition and ionic strength. The effect of the dimethylformamide content (25–75 vol.%) on the stability of the formed complexes was analyzed. It was established that at 50 vol.% DMF the stability constants reach a minimum, while increasing the DMF content to 75 vol.% leads to their growth. The stepwise formation of three silver(I) complex species, $[Ag(2MI)]^+$, $[Ag(2MI)_2]^+$, and $[Ag(2MI)_3]^+$, was studied based on potentiometric titration data, accompanied by a decrease in electrode potential from 459 to 188 mV. The overall stability constants ($lg\beta_1$, $lg\beta_2$, $lg\beta_3$) were determined for each complex form at two ionic strength values (0.1 and 0.2 mol/L). It was found that a decrease in ionic strength results in a reduction of the effective stability constants due to weakening of electrostatic interactions. It was shown that 2-mercaptoimidazole in a medium containing 25 vol.% DMF exhibits weak base properties, with the pK_a value equal to 3.77 ± 0.04 at 298 K. Distribution diagrams of protonated, molecular, and deprotonated ligand forms over a wide pH range were constructed, allowing the determination of the predominance regions of each form. The results of pH-metric titration at different temperatures are presented, and the

influence of temperature on the ligand ionization constant is substantiated.

Keywords: silver, 2-mercaptoimidazole, dimethylformamide, general stability constants, nonaqueous solvent.

Введение

Имидазол и его производные имеют биологическую активность и широкое применение в химии и медицине. В литературе имеются сведения о комплекс образованиях ионов серебра с различными азот и серосодержащими органическими лигандами, как в водных, так и водно-органических растворах переменного состава. В работах [1-3] авторами исследованы кислотно-основные свойства 1-метил-2-меркаптоимидазола, 2-меркаптоимидазола и их комплексообразующие способности с серебром в водно-органических растворах. В работах [1-3] авторами исследованы кислотно-основные свойства 1-метил-2-меркаптоимидазола (1-М-2-МКИАЗ), 2-меркаптоимидазола (2-МКИАЗ) и их комплексообразующие способности с серебром в водно-органических растворах. С применением метода межфазного распределения авторами определены коэффициенты распределения и изменения ΔG_{tr} переноса 1-М-2-МКИАЗ из воды в водно-этанольные растворители. Выявлено, что ΔG_{tr} для данного лиганда имеют положительные значения не зависимо от содержания этанола в растворах. Наряду с этим увеличение концентрации растворителя приводит к уменьшению ΔG_{tr} 1-метил-2-меркаптоимидазола. Данные о комплексообразовании серебра с триазолами обсуждается в работе [4]. Показано, что в интервале 288-318K и ионной силе раствора равной 0,25 моль/л серебра (I) с 1,2,4-триазолом последовательно образует моно, двух и трехзамещенные комплексы. С увеличением температуры величины общих констант устойчивости снижаются. Авторами работ [5,6] изучено комплексообразование серебра (I) с 2-МКИАЗ в водно-спиртовом растворе. При этом найдено число образуемых комплексных форм серебра и их константы устойчивости. Представлена диаграмма распределения протонированных, депротонированных и молекулярных форм 2-меркаптобензимидазола в широком диапазоне pH. Выявлено, что при взаимодействии серебра с 2-меркаптобензимидазолом (2-МКБИАЗ) получаются две комплексные формы, для которых рассчитаны константы их устойчивости в зависимости от температуры опыта и содержания спирта в растворе. Показано, что возрастание содержания спирта в растворе приводит к стабилизации комплексов серебра с 2-меркаптобензимидазолом. Показано, что возрастание содержания спирта в растворе приводит к стабилизации комплексов серебра с 2-МКБИАЗ. Анализ литературы показал, что комплексообразование серебра 2-меркаптоимидазолом в водно-диметилформамидном растворе остается неизученным.

Целью настоящей работы явилось изучение комплексообразования серебра 2-меркаптоимидазолом в водно-диметилформамидных растворах и установлено влияние состава растворителя на устойчивость, образующихся комплексов.

Материалы и методы исследования

Методом pH-метрического титрования проводилось изучение кислотно-основных свойств 2-меркаптоимидазола в воде и водно-органических растворителях в термостатируемой ячейке в соответствии с методикой [3]. Температуру в ячейке поддерживали с точностью $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Концентрация 2МИ была равна 0,01 моль/л, а металла комплексообразователя $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Ионную силу создавали перхлоратом натрия. Методика pH-метрического титрования 2-меркаптоимидазола в водно-диметилформамидных растворителях была разработана таким образом, что при титровании соляную кислоту до нужной концентрации разводили соответствующим органическим растворителем. Методика потенциометрического титрования описана в работе [10]. С помощью pH-метра марки PH-150МИ измеряли потенциал гальванического элемента. Температуру в ячейке поддерживали постоянной при помощи водяного термостата ($\pm 0.1^\circ\text{C}$). Концентрации исходных веществ и продуктов реакции, и константы устойчивости определяли по программе KEV [7].

Результаты исследования и их обсуждения

Данные по определению кислотно-основных свойств 2-меркаптоимидазола в водно-диметилформамидных растворах представлены в таблице 1 при 298,15.

Таблица 1- Данные по определению кислотно-основных свойств 2-метиимидазола представлены в р таблице 1. при 298,15; J=0.1 моль/л NaClO₄ C_{2MI}=0,01моль/л. V_{общ.} = 25мл

Table 1 – Data on the determination of the acid–base properties of 2-mercaptoimidazole are presented in Table 1 at 298.15 K; I = 0.1 mol/L NaClO₄; C_{2MI} = 0.01 mol/L; V_{total} = 25 mL

Титрант: 0.1н раствор HCl	pH	[2МИ] · 10 ⁴ , моль/л	[H2МИ ⁺] · 10 ³ , моль/л	pK _a
0	4,28		10	-
0,1	4,26	3,98	9,56	2,88
0,2	4,21	7,94	9,13	3,15
0,3	4,14	11,9	8,70	3,27
0,4	4,09	15,7	8,27	3,37
0,5	4,04	19,6	7,84	3,44
0,6	4,00	23,4	7,42	3,50
0,7	3,95	27,2	7,00	3,54
0,8	3,91	31,0	6,59	3,58
0,9	3,87	34,7	6,18	3,62
1,0	3,83	38,5	5,77	3,65
1,1	3,79	42,1	5,36	3,69
1,2	3,75	45,8	4,96	3,72
1,3	3,72	49,4	4,56	3,75
1,4	3,68	53,0	4,17	3,78
1,5	3,65	56,6	3,77	3,83
1,6	3,62	60,2	3,38	3,87
1,7	3,59	63,7	3,00	3,92
1,8	3,56	67,2	2,61	3,97
1,9	3,53	70,6	2,23	4,03
2,0	3,50	74,1	1,85	4,10
2,1	3,47	77,5	1,48	4,19
2,2	3,44	80,9	1,10	4,31
2,3	3,42	84,2	0,73	4,48
2,4	3,40	87,6	0,37	4,78

Величина констант ионизации для 2-меркаптоимидазола в водно-диметилформаидных растворах содержащих 25%.об. ДМФА при 298К оказалась равной 3,77±0,04. Из полученных результатов выявлено, что 2 -меркаптоимидазол относится к слабым основаниям.

С применением экспериментальных результатов, полученных при титровании 2-МИ в растворе диметилформаида, были построены распределительные диаграммы данного органического лиганда в широком диапазоне pH при 298,15К. (рис.).

Из диаграммы распределения 2-меркаптоимидазола, установлен максимальный выход протонированных, депротонированных и молекулярных форм изученного органического лиганда в зависимости от pH раствора. Используя величины констант ионизации и данные потенциометрического титрования системы Ag⁺–2-меркаптоимидазол–H₂O–ДМФА, были рассчитаны константы устойчивости образующихся комплексов серебра.

В работе приводятся данные о исследовании протонирования 1-метил-2-меркаптоимидазола в водно-диметилформаидных растворах [8]. Известно, что на константу ионизации влияют различные факторы, в том числе температура. PH-метрическое титрование проведено при разных температурах и в результате показано влияние температуры на константу ионизации лиганда. При этом величина pK_a при 298К в растворе, содержащем 25 об% ДМФА равна 7,94±0,08. Показано, что введение алкильного радикала влияет на константу ионизации имидазолов. Известно, что алкильные радикалы, например метил- или этил- проявляют положительный индуктивный эффект и электронодонные свойства, которые повышают электронную плотность на гетероцикле. В результате основность имидазолов возрастает, а их кислотность уменьшается.

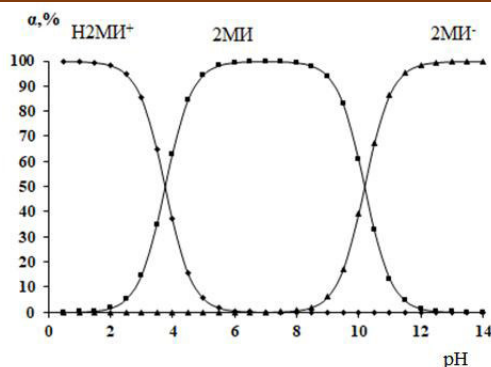
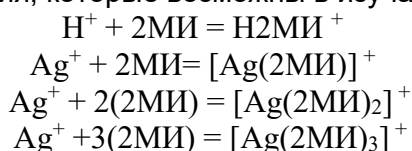


Рисунок – Диаграмма доминирования протонированной, молекулярной и депротонированной форм 2МИ в растворе вода-ДМФА

Figure – Distribution diagram of the predominant protonated, molecular, and deprotonated forms of 2MI in a water-DMF solution

Для определения числа комплексных форм, величин констант по программе KEV учитывались следующие равновесия, которые возможны в изучаемой системе.



В таблице 2 представлены результаты потенциометрического титрования при изучении комплексообразования для системы Ag^+ –2-меркаптоимидазол– H_2O –ДМФА (25об.%) при 25°C.

Таблица 2 - Результаты расчета потенциометрического титрования системы Ag^+ –2-меркаптоимидазол– H_2O –ДМФА при 298K $C_{\text{Ag}^+}=10^{-4}$ моль/л. $C_{2\text{МИ}}=0,01$ моль/л. $J=0.1$ моль/л

Table 2 – Results of the calculation of potentiometric titration of the Ag^+ –2-mercaptoimidazole– H_2O –DMF system at 298 K: $C_{\text{Ag}^+} = 10^{-4}$ mol/L; $C_{2\text{MI}} = 0.01$ mol/L; $I = 0.1$ mol/L

E, мВ	C_{Ag^+} , моль/л	$C_{2\text{МИ}}$, моль/л	C_{Ag^+} , моль/л	$[\text{AgL}]$, моль/л	$[\text{AgL}_2]$, моль/л	$[\text{AgL}_3]$, моль/л
459	9,980E-05	2,000E-05	7,980E-05	2,000E-05	1,272E-10	1,292E-16
422,5	9,960E-05	3,980E-05	5,981E-05	3,979E-05	6,719E-10	1,812E-15
403,3	9,940E-05	5,960E-05	3,983E-05	5,957E-05	2,262E-09	1,372E-14
391,4	9,920E-05	7,940E-05	1,988E-05	7,931E-05	8,033E-09	1,299E-13
381,8	9,900E-05	9,900E-05	1,425E-06	9,741E-05	1,690E-07	4,684E-11
374,7	9,880E-05	1,190E-04	9,889E-08	9,631E-05	2,381E-06	9,405E-09
367,4	9,860E-05	1,380E-04	4,956E-08	9,399E-05	4,526E-06	3,480E-08
361,2	9,840E-05	1,570E-04	3,247E-08	9,172E-05	6,577E-06	7,532E-08
355,3	9,820E-05	1,770E-04	2,350E-08	8,941E-05	8,637E-06	1,333E-07
349,2	9,800E-05	1,960E-04	1,841E-08	8,728E-05	1,050E-05	2,019E-07
344,3	9,780E-05	2,150E-04	1,500E-08	8,521E-05	1,229E-05	2,830E-07
339,1	9,770E-05	2,340E-04	1,259E-08	8,332E-05	1,399E-05	3,754E-07
335,6	9,750E-05	2,530E-04	1,076E-08	8,139E-05	1,562E-05	4,790E-07
328,1	9,710E-05	2,910E-04	8,215E-09	7,771E-05	1,866E-05	7,159E-07
322,2	9,670E-05	3,290E-04	6,532E-09	7,427E-05	2,144E-05	9,882E-07
318	9,630E-05	3,660E-04	5,371E-09	7,111E-05	2,390E-05	1,283E-06
308,7	9,580E-05	4,210E-04	4,170E-09	6,683E-05	2,720E-05	1,767E-06
303,3	9,520E-05	4,760E-04	3,335E-09	6,284E-05	3,006E-05	2,296E-06
297,1	9,470E-05	5,300E-04	2,744E-09	5,930E-05	3,254E-05	2,852E-06
293	9,420E-05	5,840E-04	2,297E-09	5,605E-05	3,472E-05	3,434E-06
284,3	9,350E-05	6,542E-04	1,860E-09	5,215E-05	3,713E-05	4,221E-06
278,4	9,280E-05	7,236E-04	1,537E-09	4,866E-05	3,911E-05	5,021E-06
274,5	9,210E-05	7,919E-04	1,292E-09	4,553E-05	4,074E-05	5,822E-06
268,7	9,120E-05	8,759E-04	1,060E-09	4,204E-05	4,234E-05	6,811E-06

Окончание таблицы 2

263,9	9,040E-05	9,584E-04	8,859E-10	3,901E-05	4,361E-05	7,785E-06
258,4	8,940E-05	1,055E-03	7,277E-10	3,579E-05	4,469E-05	8,914E-06
253,2	8,850E-05	1,150E-03	6,087E-10	3,302E-05	4,548E-05	1,000E-05
246,4	8,760E-05	1,243E-03	5,164E-10	3,058E-05	4,598E-05	1,104E-05
242	8,670E-05	1,334E-03	4,434E-10	2,842E-05	4,626E-05	1,202E-05
237,7	8,560E-05	1,438E-03	3,756E-10	2,618E-05	4,633E-05	1,309E-05
233,5	8,450E-05	1,554E-03	3,160E-10	2,400E-05	4,626E-05	1,424E-05
229,6	8,320E-05	1,681E-03	2,640E-10	2,185E-05	4,593E-05	1,542E-05
224,8	8,180E-05	1,817E-03	2,198E-10	1,982E-05	4,538E-05	1,659E-05
221,2	7,990E-05	2,013E-03	1,720E-10	1,734E-05	4,440E-05	1,815E-05
216,5	7,800E-05	2,200E-03	1,381E-10	1,533E-05	4,321E-05	1,946E-05
211,7	7,620E-05	2,378E-03	1,133E-10	1,368E-05	4,196E-05	2,055E-05
207,2	7,400E-05	2,604E-03	8,955E-11	1,192E-05	4,031E-05	2,176E-05
200,6	7,080E-05	2,918E-03	6,583E-11	9,904E-06	3,782E-05	2,307E-05
192,9	6,790E-05	3,207E-03	5,057E-11	8,412E-06	3,553E-05	2,396E-05
188,8	6,530E-05	3,473E-03	4,022E-11	7,281E-06	3,346E-05	2,456E-05

Выявлено, что в целом величина электродного потенциала при потенциометрическом титровании уменьшается от 459 до 188 мВ, что свидетельствует о комплексообразовании иона металла с изученным органическим лигандом. Показано, что комплексообразование серебра с изученным органическим лигандом протекает ступенчато с образованием трех 2-меркаптоимидазольных комплексов серебра (I).

Таблица 3-Общие константы устойчивости 2-меркаптоимидазольных комплексов серебра (I) в среде ДМФА J=0,2моль перхлората натрия при 298K

Table 3 – Overall stability constants of silver(I) 2-mercaptoimidazole complexes in DMF medium at I = 0.2 mol/L sodium perchlorate and 298 K

Содержания ДМФА в растворе об.%	$\lg\beta_1$	$\lg\beta_2$	$\lg\beta_3$
25	7,825±0,198	10,977±0,644	13,795±0,573
50	6,738±0,05	11,013±0,06	13,832±0,09
75	9,004±0,189	11,917±0,800	14,776±0,439

С учетом экспериментальных результатов рассчитаны константы устойчивости комплексных форм образующихся при взаимодействии серебра с 2-меркаптоимидазолом в диметилформидных растворах.

По полученным результатам рассчитаны общие константы устойчивости представленных в таблице 2.

Из данных представленных в таблице при переходе от 25 об.% до 75 об.% устойчивость комплексов изменяется. В среде 50 об% ДМФА величина константа устойчивости проходит через минимум. Пре переходе от моно к двум и трехзамещенным комплексам величины $\lg\beta_i$ закономерно увеличиваются. Выявлено, что изменение ионной силы хоть и мало, но оказывает влияние на величины констант устойчивости. Так как ионная сила раствора определяет электростатическое взаимодействие ионов, это приводит к тому, что эффективная константа устойчивости снижается. Наряду с этим нужно отметить, что влияние зависит от заряда комплексообразователя и лиганда, которые участвуют в равновесие комплексообразования.

Таблица 4-Общие константы устойчивости 2-меркаптоимидазольных комплексов серебра (I) в среде ДМФА и J=0.1моль/л перхлората натрия при 298K

Table 4 – Overall stability constants of silver(I) 2-mercaptoimidazole complexes in DMF medium at I = 0.1 mol/L sodium perchlorate and 298 K.

Содержания ДМФА в растворе об.%	$\lg\beta_1$	$\lg\beta_2$	$\lg\beta_3$
25	7,74±0,21	10,88±0,66	13,22±1,54
50	7,78±0,199	11,07±0,475	13,46±0,965

В таблице 4 в качестве иллюстрации представлены константы устойчивости комплексов серебра с 2-меркаптоимидазолом в растворе, содержащем разное количество ДМФА при ионной силе равной 0,1 моль/л [8].

Если при ионной силе равной 0,2 моль/л величина общей констант устойчивости монолигандного комплекса в растворе содержащем 25 об.% ДМФА равна 7,82 то при уменьшении ионной силы (0,1 моль/л) эта величина уменьшается до 7,74.

Сравнение полученных нами данные с литературными показало, что на устойчивость комплексов оказывает влияние также и природа введение заместителя в составе имидазола.

Заклучение

Выявлено влияние содержание диметилформамида на равновесие комплексообразования серебра (I) с 2-меркаптоимидазолом. При разных содержаниях неводного компонента проведён потенциометрическое титрование системы Ag^+ —2-меркаптоимидазол- H_2O . Изменение содержания диметилформамида по-разному влияет на величины констант устойчивости. Установлен ступенчатый характер процесса комплексообразования иона серебра с 2-меркаптоимидазолом в растворе вода-ДМФА. Показано, что не зависимо от концентрации ДМФА в растворе последовательно образуются три комплексные формы серебра. В результате добавление диметилформамида к раствору, получают стабильные смешанные комплексы. При переходе из воды в водно-диметилформамидном растворе происходит пересольватация реагентов.

Рецензент: Джумаев М.П. — к.х.н., доцент кафедры “Общая и неорганическая химия” ТПУ имени С. Айни

Литература

1. Содатдинова, А.С. Комплексообразование серебра(I) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом в водно-диметилформамидном растворителе /А.С.Содатдинова // Вестн. Хорог. Универ.-2023. №2(26). С. 94-101.
2. Содатдинова, А.С., Усачёва Т.Р. Сафармамадзода С.М. комплексообразование серебра (I) с 1- метил-2-меркаптоимидазолом в растворителе вода-этанол / А.С.Содатдинова, Т.Р. Усачёва С.М.Сафармамадзода // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. -2022. Том. 65. №8. –С.22-31.
3. Мудинов Х.Г., Комплексообразование серебра (I) с 1,2,4-триазолом и 1,2,4-триазолтиолом. Автореф.канд.хим.наук. –Душанбе, 2019. –24с.
4. Сафармамадов С.М., Каримова З.И., Баходуров Ю.Ф., Мабаткадамзода К.С Комплексообразование серебра (I) с 2-меркаптобензимидазолом в водно-этанольных растворах. //Журнал физической химии. 2020. Т. 94. № 6. С. 844-849.
5. Каримова З.И., Баходуров Ю.Ф., Мабаткадамзода К.С. Комплексообразование серебра (I) с 2-меркаптобензимидазолом при 278-318K// *ДАН РТ. 2018. № 9–10. С.759-765.*
6. Mehkov, A.N Gamov G.A. KEV: a free software for calculating the equilibrium composition and determining the equilibrium constant using UV-Vis and potentiometric data. Talanta.2019. V.198. P.200.
7. Содатдинова А.С., Сафармамадзода С.М., Бобокалонов Т.Б. Протонирование 1-метил-2-меркаптотимидазола в водно-ДМФА растворах. В сборнике: Аналитическая химия и её значение в развитии естественных и технических наук. Материалы международной научно-практической конференции. Душанбе, 2025. –С. 118-122.
8. Сурайё С.Б., Содатдинова А.С., Сафармамадзода С.М. Устойчивость комплексов серебра(I) с 2-меркаптоимидазолом в водно-ДМФА растворителей. Материалы международной научно-практической конференции «Комплексные соединения и аспекты их применения». Душанбе, 2025. С. 38-42.

References

1. Sodatdinova, A.S. Complex formation of silver(I) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in an aqueous–dimethylformamide solvent / A.S. Sodatdinova // Vestnik Khorogskogo Universiteta. – 2023. – No. 2(26). – P. 94–101.
2. Sodatdinova, A.S., Usacheva, T.R., Safarmamadzoda, S.M. Complex formation of silver(I) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in a water–ethanol solvent / A.S. Sodatdinova, T.R. Usacheva, S.M. Safarmamadzoda // Proceedings of Higher Educational Institutions. Chemistry and Chemical Technology Series. – 2022. – Vol. 65. – No. 8. – P. 22–31.
3. Mudinov, Kh.G. Complex formation of silver(I) with 1,2,4-triazole and 1,2,4-triazolethiol. Abstract of PhD thesis in Chemistry. – Dushanbe, 2019. – 24 p.
4. Safarmamadov, S.M., Karimova, Z.I., Bahodurov, Yu.F., Mabatkadamdzoda, K.S. Complex formation of silver(I) with 2-mercaptobenzimidazole in aqueous–ethanol solutions // Russian Journal of Physical Chemistry. – 2020. – Vol. 94. – No. 6. – P. 844–849.

5. Karimova, Z.I., Bahodurov, Yu.F., Mabatkadamzoda, K.S. Complex formation of silver(I) with 2-mercaptobenzimidazole at 278–318 K // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. – 2018. – No. 9–10. – P. 759–765.

6. Mehkov, A.N., Gamov, G.A. KEV: A free software for calculating the equilibrium composition and determining the equilibrium constant using UV–Vis and potentiometric data // Talanta. – 2019. – Vol. 198. – P. 200.

7. Sodatdinova, A.S., Safarmamadzoda, S.M., Bobokalonov, T.B. Protonation of 1-methyl-2-mercaptoimidazole in aqueous–DMF solutions // In: Analytical Chemistry and Its Role in the Development of Natural and Technical Sciences. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Dushanbe, 2025. – P. 118–122.

8. Surayyo, S.B., Sodatdinova, A.S., Safarmamadzoda, S.M. Stability of silver(I) complexes with 2-mercaptoimidazole in aqueous–DMF solvents // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Complex Compounds and Aspects of Their Application”. – Dushanbe, 2025. – P. 38–42.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛИФОН– СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ– ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Содатдинова Анҷуман Садриддиновна	Содатдинова Анджуман Садриддиновна	Sodatdinova Anjuman Sadriddinovna
н.и.х, ассистент	к.х.н, ассистент	Candidate of Chemical Sciences, Assistant
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	ТНУ	Tajik National University
E.mail: anjuman87@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5934-9918		
TJ	RU	EN
Сурайё Саидумар Бобосайдзода	Сурайё Саидумар Бобосайдзода	Surayyo Saidumar Bobosaidzoda
Доктор PhD, ассистент	Доктор PhD, ассистент	PhD, Assistant
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	ТНУ	Tajik National University
E.mail: bobosaidzodas96@mail.ru https://orcid.org/0009-0004-7617-4338		
TJ	RU	EN
Сафаров Саймухаммад Исломович	Сафаров Саймухаммад Исломович	Safarov Saymukhammad Islomovich
Номзади илмҳои химия, ассистент	Кандидат химических наук, доцент	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	ТНУ	Tajik National University
E.mail: safarov.888@mail.ru https://orcid.org/0009-0004-4919-5707		
TJ	RU	EN
Мабаткадамзода Кимё Сабзикадам	Мабаткадамзода Кимё Сабзикадам	Mabatkadamzoda Kimyo Sabzkadam
Доктори илмҳои химия, дотсент	Доктор химических наук, доцент	Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	Tajik National University
E.mail: kimyo84@mail.ru https://orcid.org/0009-0003-1682-0484		
TJ	RU	EN
Сафармамадзода Сафармамад Муборакшо	Сафармамадзода Сафармамад Муборакшо	Safarmamadzoda Safarmamad Muboraksho
Доктори илмҳои химия, профессор	Доктор химических наук, профессор	Doctor of chemical sciences, professor
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	ТНУ	Tajik National University
E.mail: sash65@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-7125-3262		