14. Шамшиев Б. Н. Деградация земель в Кыргызстане и пути их решения / Б. Н. Шамшиев, З. А. Тешебаева, Ж. А. Исмаилова // Вестник Кыргызского национального аграрного университета имени К. И. Скрябина. — 2017. — № 2 (43). — С. 99–105.
15. Шамшиев Б. Н. Кыргыз Республикасынын аймагындагы жер көчкү процесстерине мониторинг жана болжолдоо / Б. Н. Шамшиев, С. Артыкбаев, Э. У. Тажибаева, Р. О. Токтобаева // Известия Ошского технологического университета. — 2020. — № 1. — С. 240–247.
16. Шорохова Е. В. Мониторинг динамики горных лесных экосистем Центральной Азии методами дистанционного зондирования / Е. В. Шорохова, Р. Е. Зверев // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 10. — С. 81–87.
17. ERA5-Land hourly data from 2017 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). — DOI: 10.24381/cds.e2161bac.
18. Landslide hazards in the south of Kyrgyzstan and the main factors influencing land degradation / B. N. Shamshiev, S. Artykbaev [et al.] // Journal of the Central Asian Academy. — 2024. — Vol. 4, No. 1. — P. 227–235.
19. NASA/JAXA Satellite Monitoring Data for Central Asia Mountain Ecosystems. NASA Earth Observations (NEO), 2024. — P. 75–82.
20. QGIS and ArcGIS Based LULC Classification in Mountainous Terrains of Kyrgyzstan // Journal of Environmental Science and Remote Sensing. — 2025. — Vol. 14, Iss. 2. — P. 220–235.
21. Sustainable Forest Management in Mountainous Regions of Central Asia / ed. by A. Rada, A. Akulov. — Bishkek : Altyn Tamga, 2023. — 192 p.

УДК 544.4:543.429.22 + 546.03:541.49.

РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ ГЕТЕРОВАЛЕНТНЫХ И ГЕТЕРОЯДЕРНЫХ ЦИСТЕИНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЮСУФОВА

Бобоназарзода Гулрухсор Бобоназар *- кандидат химический наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета*
ORCID: 0000-0003-0329-2785, eshova81@mail.ru
Мираминзода Фарида *- кандидат химический наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета*
ORCID: 0000-0002-3004-3322, miraminzoda@mail.ru

CALCULATION OF EQUILIBRIA OF HETEROVALENT AND HETERONUCLEAR CYSTEINATE COMPLEXES USING YUSUFOV’S OXIDATIVE FUNCTION

Bobonazarzoda Gulrukhsor Bobonazar *- Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Research Institute of the Tajik National University*
ORCID:0000-0003-0329-2785, eshova81@mail.ru
Miraminzoda Farida *- Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher at the Scientific Research Institute of the Tajik National University*

ORCID:0000-0002-3004-3322, miraminzoda@mail.ru

Аннотация

Методом окислительного потенциала с использованием окислительной функции Юсупова рассчитаны константы образования гетеровалентных и гетероядерных координационных соединений в гомогенных системах без и в присутствии гетероатома.

Изучено гетероядерное и гетеровалентное комплексообразование в системах: Fe(II)-Fe(III)-Cys-H_2O и Fe(II)-Fe(III)-Mn(II)-Cys-H_2O при температуре 298.15 К и ионной силе растворе (Na(H)ClO_4) 0.5 моль/л. Они позволили установить, что процессы комплексообразования в изученной системе протекают ступенчато в широком интервале pH от 0.5 до 9.5. Показано формирование комплексов в состава: 1. система Fe(II)-Fe(III)-L-Cys-H_2O ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe_2(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{2+}$, $[Fe^{III}Fe^{II}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$, $[Fe^{II}Fe^{III}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$);

2. система Fe(II)-Fe(III)-Mn(II)-L-Cys-H_2O ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{2+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$, $[MnHL(H_2O)_5]^{2+}$ а также гетероядерный комплекс $[Fe^{III}Mn^{II}HL(H_2O)_{11}]^{5+}$, $[Fe^{III}Mn^{II}(HL)_2(H_2O)_{10}]^{5+}$) два из которых являются гетероядерными. Определены вид и число координированных лигандов и катионов, общий состав образующихся комплексных соединений. Составлены химические модели реакций образования комплексов.

Ключевые слова: *комплекс, гетеровалентный, гетероядерный, железо(II), железо(III), марганец(II), гомогенная система, состав, цистеин.*

Abstract

Using the redox potential method and the Yusupov redox function, the formation constants of heterovalent and heteronuclear coordination compounds in homogeneous systems, both in the absence and presence of a heteroatom, were calculated. Heteronuclear and heterovalent complex formation was studied in the systems: Fe(II)-Fe(III)-Cys-H_2O and Fe(II)-Fe(III)-Mn(II)-Cys-H_2O at a temperature of 298.15 K and an ionic strength of the solution (Na(H)ClO4) of 1.0 mol/L. They made it possible to establish that the complex formation processes in the studied system proceed in a stepwise manner over a wide pH range from 0.5 to 9.5. The formation of complexes with the following composition has been demonstrated: 1. the system Fe(II)-Fe(III)-L-Cys-H_2O ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe_2(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{2+}$, $[Fe^{III}Fe^{II}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$, $[Fe^{II}Fe^{III}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$);

2. the system Fe(II)-Fe(III)-Mn(II)-L-Cys-H_2O ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{2+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$, $[MnHL(H_2O)_5]^{2+}$ as well as the heteronuclear complex $[Fe^{III}Mn^{II}HL(H_2O)_{11}]^{5+}$, $[Fe^{III}Mn^{II}(HL)_2(H_2O)_{10}]^{5+}$), two of which are heteronuclear. The type and number of coordinated ligands and cations, as well as the overall composition of the resulting complex compounds, have been determined. Chemical models of the complex formation reactions have been developed.

Keywords: *complex, heterovalent, heteronuclear, iron(II), iron(III), manganese(II), homogeneous system, composition, cysteine.*

Введение Многие координационные соединения переходных металлов: железа, хрома, кобальта, меди, цинка, марганца проявляют очень высокую биологическую активность. Это связано с тем, что они являются структурными моделями активных центров металлоферментов, основу которых составляют донорные атомы азот-, серо- и кислородсодержащие органические лиганды и их производные. Поэтому, на их основе разрабатываются эффективные

лекарственные препараты, применяемые в медицине, косметологии, уникальные катализаторы для промышленности, используемые при экстремальных условиях (сверхвысоких температурах и давлениях). Кроме того, не малая часть таких комплексных соединений обладают магнитными и антиферромагнитными свойствами. Особо следует отметить о перспективном использовании биоактивных комплексов, указанных **«**металлов жизни**»,** особенно гетероядерных (2-3 в одном) для получения микроудобрений, которые в последние годы применяются почти во всех отраслях сельского хозяйства как стимуляторы роста растений, прорастания семян, микродобавки к кормам животных (особенно молодняка) и птиц. Обычно, входящие во внутреннюю сферу комплекса компоненты изменяют его химические свойства и биологическую активность, следовательно, становятся причиной появления других свойств и новых возможных аспектов применения.

В связи с изложенным, исследование процессов комплексообразования гетероядерных комплексов Fe(II), Fe(III), и Mn(II) с цистеин – ионами является актуальной задачей и представляет теоретический и практический интересы.

Методы и материалы исследования.

Перед проведением экспериментов необходимо было выполнить некоторые предварительные работы: подготовка и проверка электродов (стеклянного, платинового, хлорсеребряного), синтез и стандартизация исходных растворов солей металлов и лиганда [1, 2].

Для проведения экспериментов использовалась эквимолекулярная смесь растворов солей перхлоратов железа(II) и (III) в 1 М растворе хлорной кислоты. Исходными реактивами были перхлораты двух и трехвалентного железа [3].

Сульфат марганца MnSO_4 марки «чда» Уральской фирмы «Реахим» применялся без дополнительной очистки.

Концентрации железа(III) и железа(II) определялись по соответствующим методикам [1, 4]. Для предотвращения окисления Fe(II) эксперименты проводились под током газообразного азота (аргона). Цистеин применялся без дополнительной очистки. Перхлорат натрия ($NaClO_4$) очищали фильтрацией, концентрацию определяли весовым методом [2].

ЭДС системы определялась методом потенциометрии. В электролитическую ячейку помещали платиновый, стеклянный, вспомогательный, хлорсеребряный электроды, трубки для инертного газа.

Хлорная кислота $HClO_4$ марки «х.ч.» использовалась без предварительной очистки. Концентрация гидроксида натрия определялась методом прямого титрования 0.1 М раствором соляной кислоты HCl из фиксонала [5].

Значение pH раствора измеряли стеклянным электродом «ЭСК 10603» при помощи прибора pH–150 МИ. Калибровку прибора проводили по буферным растворам с известным pH при температуре 298.15 К в термостатированной ячейке. Ионная сила во всех случаях была постоянной.

Способ расчета и статистической обработки результатов эксперимента выполнены по программе Excel [6].

Основные результаты и их обсуждение.

Метод окислительного потенциала Кларка-Никольского широко используется для изучения процессов образования координационных соединений в гомогенных и гетерогенных окислительно-восстановительных системах [7-9].

Для нахождения областей доминирования образующихся координационных соединений Fe(II), Fe(III) и Mn(II), определения общего числа и вида лигандов в них был проведен графический анализ экспериментальных зависимостей E-pH (рис 1).

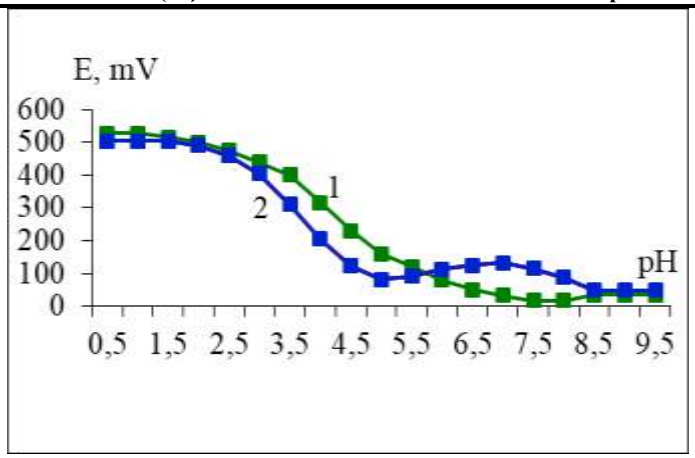


Рис. 1. Зависимость ЭДС систем Fe(II)-Fe(III)- L-Cys -H_2O (кривая 1) и Fe(II)-Fe(III)- Mn(II)- L-Cys -H_2O (кривая 2) от pH при температуре 298 K, ионной силе раствора ($Na(H)ClO_4$) I=0.50;
Кривые относятся, моль/л:
1- $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$;
2- $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}=C_{Mn(II)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

Кривые зависимости ЭДС систем от pH раствора показывают, что в кислой области pH= 0,5 и 1,5 ЭДС не изменяется, что свидетельствует о том, что в исследованных системах процесс комплексообразования отсутствует. Далее ЭДС снижается, что по теории метода соответствует образованию комплексов трехвалетного железа вплоть до pH 4,5 -5,0. Далее наклон кривой постепенно повышается, в соответствии с теорией оксредметрии это связано с формированием комплексов Fe(II) и Mn(II) или участием в процессах равновесия обоих форм образования гетероядерного комплексного соединения. Процесс комплексообразования протекает в очень широком интервале pH от 0.5 до 9.5. Далее, после pH 10, идет гидролиз Fe(III) и выпадает осадок бурого цвета.

Химическая модель реакций комплекообразования в исследованных системах составлена с учетом наклонов всех экспериментальных зависимостей и присутствия гетероатомов марганца (табл. 1, 2).

Таблица 1. Химическая модель реакций образования комплексов Fe(III) и Fe(II) в системе Fe(II)-Fe(III)-L-Cys-H_2O при температуре 298 K, ионной силе раствора ($Na(H)ClO_4$) I=0.50;
$C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

№ п/п	Базисных частиц					Состав комплексов
	q	*p*	*s*	*l*	*k*	
	Fe(III)	Fe(II)	H	L	OH	
1	1	0	1	1	0	$[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$
2	1	0	2	2	0	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$
3	2	0	2	2	4	$[Fe_2(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{2+}$
4	1	1	2	2	4	$[Fe^{III}Fe^{II}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$
5	0	1	1	1	0	$[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$

6	0	1	1	1	1	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$
7	0	1	1	1	2	$[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$
8	1	1	2	2	4	$[Fe^{II}Fe^{III}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$

Таблица 2. Химическая модель реакций образования комплексов Fe(III), Fe(II) и Mn(II) в системе Fe(II)-Fe(III)- Mn(II)- L-Cys -H_2O при температуре 298 К, ионной силе раствора ($Na(H)ClO_4$) I=0.50; $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}= C_{Mn(II)} =1\cdot10^{-3}$ и $C_L =1\cdot10^{-2}$ моль/л.

№, п/п	Базисных частиц						Состав комплексов
	q	*p*	*b*	*s*	*l*	*k*	
	Fe(III)	Fe(II)	Mn(II)	H	L	OH	
1	1	0	0	1	1	0	$[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$
2	1	0	0	2	2	0	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$
3	1	0	0	1	1	1	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{2+}$
4	0	0	1	1	1	0	$[MnHL(H_2O)_5]^{2+}$
5	1	0	1	1	1	0	$[Fe^{III}Mn^{II}HL(H_2O)_{11}]^{5+}$
6	1	0	1	2	2	0	$[Fe^{III}Mn^{II}(HL)_2(H_2O)_{10}]^{5+}$
7	0	1	0	1	1	0	$[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$
8	0	1	0	2	2	0	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{2+}$
9	0	1	0	1	1	1	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$
10	0	1	0	1	1	2	$[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$

Окислительная функция, предложенная профессором З.Н. Юсуфовым [10], может быть использована для расчета равновесий формирования гетеровалентных [11] и гетероядерных [12] комплексных соединений различных систем.

Расчет равновесий комплексообразования осуществляется по уравнениям экспериментальной ($f^0_э$) и теоретической ($f_T{}^0$) окислительных функций [10]. Экспериментальная окислительная функция вычисляется по экспериментально измеренным значениям окислительного потенциала при условии: $C_o < C_r$ или $C_o > C_r$ согласно следующему выражению:

$$f_э^o = C_r / C_o \exp(\varphi - \varphi^o) n / \vartheta \qquad (1)$$

где: φ - экспериментально измеренное значение окислительного потенциала; φ^0 - значение стандартного окислительного потенциала; n – число электронов, участвующих в окислительно-восстановительной реакции; ϑ =2,303*RT/F*.

Общее выражение для теоретической окислительной функции $f_T{}^0$ имеет следующий вид:

$$f_T^0 = \frac{C_r}{C_0} \cdot \frac{\left\{\sum_0^q \sum_1^p \sum_0^s \sum_0^l \sum_0^k pq\beta_{qpslk}^{1/p} G_{qpslk}^{(p-1)/p} \left[H_s L^{n-}\right]^{1/p} h^{-k/p} \left[M^{Z+}\right]^{q/p}\right\}}{\left\{\sum_1^q \sum_0^p \sum_0^s \sum_0^l \sum_0^k qp\beta_{qpslk}^{1/q} G_{qpslk}^{(q-1)/q} [H_s L^{n-}]^{l/q} h^{-k/q} [M^{(Z-e)+}]^{p/q}\right\}}, \quad (1)$$

где: f^0_T – теоретическая окислительная функция; C_r – концентрация восстановленной формы металла; C_o– концентрация окисленной формы металла; q и p– число атомов окисленной и восстановленной форм, соответственно; s – число водородных ионов, l – число молекул лиганда, k – число гидроксильных групп; β_{qpslk} - общая константа образования комплекса; G_{qpslk}– концентрация полиядерных форм; H – водород; L – лиганд; n – ступени ионизации поликарбоновой кислоты; M – металл комплексообразователь; z – заряд металла или редокслиганда.

Прежде всего, по экспериментально рассчитанным значениям окислительной функции (урав. 1) строят график её зависимости от pH. Она состоит из четких наклонов определенного количества, которые показывают число образующихся координационных соединений в системе. С учетом предполагаемых значений констант образования комплексов расписывается выражение $f_T{}^0$. После 8-10 итераций приближаются значения $f_T{}^0$ к $f_Э{}^0$ и можно найти наиболее близкие значения констант образования комплексов. Расчеты считаются завершенными, когда теоретическая и экспериментальная зависимости окислительной функции от pH максимально совпадают. Рассмотрим гомогенную систему Fe(II)-Fe(III)-L- Cys -H_2O при температуре 298 К, I =0.50 моль/л. Состав образующихся комплексов Fe(III), Fe(II) и Mn(II) представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3**.** Состав комплексов, образующихся в системе Fe(II)-Fe(III)-L- Cys -H_2O при температуре при температуре 298 К, ионной силе раствора (Na(H)ClO_4) I=0.50; $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}$ и C_L $=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

№, п/п	Состав комплексов Fe (III)	Состав комплексов Fe (II)
1	$[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$	$[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$
2	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$
3	$[Fe_2(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{2+}$	$[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^{0}$
4	$[Fe^{III}Fe^{II}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$	$[Fe^{II}Fe^{III}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$

Теоретическое значение $f_т$ рассчитывается с учетом состава установленных координационных соединений согласно следующему уравнению:

$$f_т = (h^6+\beta_{10110}\,K_{a1}C_{a1}h^5+\beta_{10111}\,K_{a1}C_{a1}h^4+\beta_{10112}\,K_{a1}C_{a1}h^3+ 2\beta_{11224}\,K_{a1}{}^2C_{a1}{}^2[Fe^{3+}]_p)/(h^6+\beta_{01110}\,K_{a1}C_{a1}h^5+\beta_{01220}\,K_{a1}{}^2\,C_{a1}{}^2\,h^4+2\beta_{02224}{}^{1/2}\,G_{02224}{}^{1/2}\,K_{a1}C_{a1}h^3+2\cdot\beta_{11224}\,K_{a1}{}^2\,C_{a1}{}^2[\,Fe^{2+}]_p) \quad (2)$$

Методом последовательных приближений (рис. 2) по компьютерной программе найдены численные значения констант образования комплексов и более четко установлены области их доминирования по шкале pH.

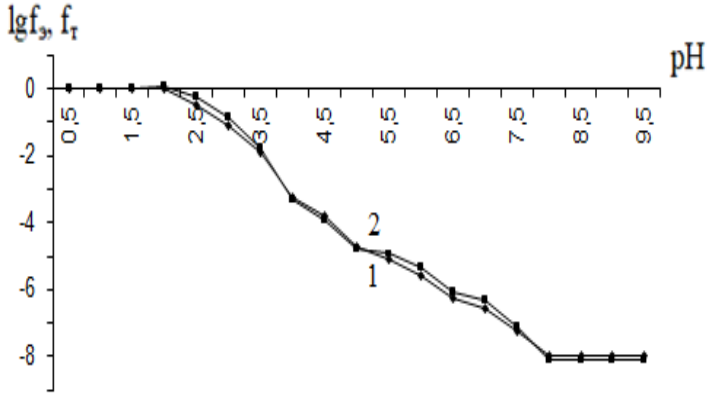


Рисунок 2. Зависимость логарифмических значений экспериментальной - $f_э$(кр. 1) и теоретической - $f_т$ (кр. 2) окислительных функций от pH для системы Fe(II)-Fe(III)-L- Cys -H_2O при температуре 298 К, ионной силе раствора (Na(H)ClO_4) I=0.50; $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

Подобные расчеты проведены в системе Fe(II)-Fe(III)- Mn(II)- L-Cys -H_2O (рис. 3).

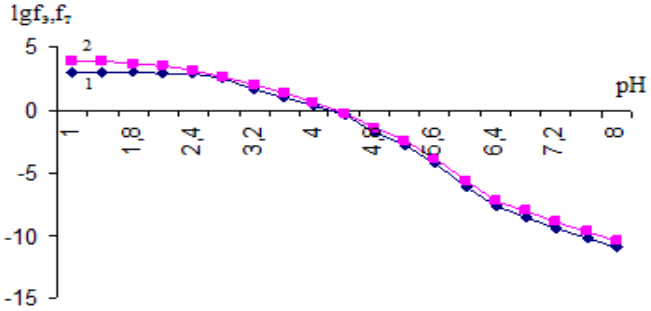


Рисунок 3. Зависимости логарифмических значений экспериментальной-$f_э$(кр. 1) и теоретической $f_т$(кр. 2) окислительной функции от pH для системы Fe(II)-Fe(III)- Mn(II)- L-Cys -H_2O при температуре 298 К, ионной силе раствора (Na(H)ClO_4) I=0.50; $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}= C_{Mn(II)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

Общее выражение теоретической окислительной функции f_T^0 изученной системы с учетом состава образующихся координационных соединений имеет вид:

$$f_T^o = \frac{C_r}{C_o}\cdot 1/\left\{\sum_1^q\sum_0^s\sum_0^l\sum_0^k q\beta_{qslk}^{\frac{1}{q}} G_{qslk}^{\frac{q-1}{q}}[H_sL^{n-}]^{\frac{1}{q}} h^{\frac{-k}{q}}\left[M^{(z-e)+}\right]^{\frac{1}{q}}\right\} \qquad (3)$$

Таблица 4. Состав комплексов, образующихся в системе Fe(II)-Fe(III)- Mn(II)- L-Cys -H_2O при температуре 298 К, ионной силе раствора (Na(H)ClO_4) I=0.50; $C_{Fe(II)}=C_{Fe(III)}= C_{Mn(II)}=1\cdot10^{-3}$ и $C_L=1\cdot10^{-2}$ моль/л.

№, п/п	Состав комплексов Fe (III)	Состав комплексов Fe (II)
1	$[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$	$[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$
2	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$	$[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{2+}$
3	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{2+}$	$[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$

4	$[MnHL(H_2O)_5]^{2+}$	$[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^0$
5	$[Fe^{III}Mn^{II}HL(H_2O)_{11}]^{5+}$	
6	$[Fe^{III}Mn^{II}(HL)_2(H_2O)_{10}]^{5+}$	

Все расчеты и статистическая обработка данных проведена на компьютере по программе *Excel*. Полученные результаты показали, что при использовании окислительной функции Юсупова для расчета равновесий образования гетеровалентных и гетероядерных комплексов за короткое время можно получить более достоверные результаты.

Заключение. Методом окислительного потенциала Кларка-Никольского изучены процессы гетеровалентного и гетероядерного комплексообразования при температуре 298 К, ионной силе раствора 0.50 моль/л.

Экспериментальная кривая ЭДС от pH показала, что процесс образования координационных соединений в исследованной системе происходит в широком интервале при значениях pH выше 0.5 до 9.5. Полный анализ наклонов полученных кривых показал формирование в системах комплексов состава: ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe_2(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{2+}$, $[Fe^{III}Fe^{II}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^0$, $[Fe^{II}Fe^{III}(HL)_2(OH)_4(H_2O)_6]^{+}$) и ($[FeHL(H_2O)_5]^{3+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{3+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{2+}$, $[FeHL(H_2O)_5]^{2+}$, $[Fe(HL)_2(H_2O)_4]^{2+}$, $[Fe(HL)(OH)(H_2O)_4]^{+}$, $[Fe(HL)(OH)_2(H_2O)_3]^0$, $[MnHL(H_2O)_5]^{2+}$ а также гетероядерный комплекс $[Fe^{III}Mn^{II}HL(H_2O)_{11}]^{5+}$, $[Fe^{III}Mn^{II}(HL)_2(H_2O)_{10}]^{5+}$). Определены вид и число координированных лигандов и катионов, общий состав образующихся комплексных соединений. Составлены химические модели реакций образования комплексов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта Научно-исследовательского института Таджикского национального университета.

Соблюдение этических норм. Настоящая статья не содержит описания исследований с использованием в качестве объектов животных и людей.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в финансовой или какой – либо иной сфере.

Литература

1. Заворотный В.Л. Методическое руководство к лабораторным работам по аналитической химии. Титриметрический анализ.М.РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. 44 с.
2. Сусленникова В.М. Руководство к приготовлению титрованных растворов. Л.: Химия, 1968. С. 45 - 71.
3. Шумахер И. Перхлораты: свойства, производство и применение. М.: ГНТИХЛ, 1963. 276 с.
4. Пршибил Р. Комплексоны в химическом анализе. Пер. с чешского под ред. Ю. Ю. Лурье. - М.: ИЛ, 1960. С. 383 - 386.
5. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: АН СССР, 1962. 311 с.
6. Уокенбах Дж. Формулы в Excel 2013. Москва, Диалектика, 2019. 720 с.
7. Никольский Б.П. Оксредметрия / Б. П. Никольский, В.В. Пальчевский, А.А. Пендин, Х.М. Якубов. - Л.: Химия, -1975. - 304 с.
8. Якубов Х.М. Применение оксредметрии к изучению комплексообразования / Х.М. Якубов // – Душанбе: Дониш, 1966. - 121 с.
9. Юсупов З.Н. Применение оксредметрии к изучению гетеровалентного и гетероядерногокомплексообразования / З.Н. Юсупов // Сб. науч.тр. Координационные соединения и аспекты их применения. – Душанбе: Сино, 1996. – С.5-14.

10. Пат. РТ №TJ 295 Республика Таджикистан, (51) 7 G 01 N 27/26, C 25 B 3/12. Способ определения состава и констант образования координационных соединений / З. Н. Юсупов; заявитель и патентообладатель Таджикский государственный национальный Университет. - № 97000501; заявка от 16.12.1997) . Зарегистрировано в Бюлл. № 21. 21.12.2000. - 8 с.
11. Рахимова М. Теоретические основы метода окислительного потенциала Кларка-Никольсконо / М. Рахимова, Э.Ф.Файзуллоев, Дж.А. Давлатшоева, А.С. Маметова // - Д.: Эр-граф, 2020. - 312 с.
12. Юсуфов З.Н. Комплексообразование в окислительно –восстановительных системах / З.Н. Юсуфов, М. Рахимова // - Д.: Сино, 2013 - 312 с.

УДК 581.526

ШААРДЫК ЭКОСИСТЕМАЛАРДЫ ТУРУКТУУ ӨНҮКТҮРҮҮДӨ ЖЕРГИЛИКТҮҮ ФЛОРАНЫН ЖАНА ДАРЫ ӨСҮМДҮКТӨРДҮН МААНИСИ

***Долонова Гульмира Маматовна**, Биология илимдеринин кандидаты, доцент,ОшМПУ*
ORCID 0009-0005-1838-625X, dolonova11@mail.ru
***Илиязов Жоодарбек Искендерович**, Окутуучу,ОшМПУ*
ORCID 0009-0006-2019-748X, Zhoodar_8383@mail.ru

ЗНАЧЕНИЕ МЕСТНОЙ ФЛОРЫ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

***Долонова Гульмира Маматовна,** Кандидат биологических наук, доцент,ОГПУ*
ORCID 0009-0005-1838-625X, dolonova11@mail.ru
***Илиязов Жоодарбек Искендерович**, преподаватель,ОГПУ*
ORCID 0009-0006-2019-748X, Zhoodar_8383@mail.ru

THE IMPORTANCE OF LOCAL FLORA AND MEDICINAL PLANTS IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN ECOSYSTEMS

***Dolonova Gulmira Mamatovna,** Candidate of Biological Sciences, docent,OSPU*
ORCID 0009-0005-1838-625X, dolonova11@mail.ru

***Iliiazov Zhoodarbek Iskenderovich,** Teacher,OSPU*
ORCID 0009-0006-2019-748X, Zhoodar_8383@mail.ru

Аннотация

Глобалдык климаттык өзгөрүүлөр жана тездик менен жүрүп жаткан урбанизация шартында шаардык экосистемалардын туруктуулугун камсыз кылуу жана алардын адаптациялык мүмкүнчүлүктөрүн жогорулатуу өзгөчө мааниге ээ болууда. Бул макалада Түштүк Кыргызстандын шаардык аймактарын (урбоэкосистемаларын) жашылдандырууда интродукцияланган экзотикалык түрлөргө караганда жергиликтүү, эндемикалык жана дары өсүмдүктөрдүн ресурстук потенциалын пайдалануунун илимий-практикалык негиздери талданат. Изилдөөдө жергиликтүү флора өкүлдөрүнүн кургакчылыкка, аномалдуу жогорку температурага, топурактын шорлонуусуна жана шаардык стресстик факторлорго чыдамдуулугу комплекстүү изилденген. Атап айтканда, *Ephedra equisetina* Bunge, *Ziziphora, Althaea officinalis* сыяктуу жергиликтүү дары жана фитонциддик өсүмдүктөрдүн шаардык микроклиматты