

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Исследование новых технологий.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.4. Физическая химия;
2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
Дополнительная научная специальность ВАК: 1.4.1. Неорганическая химия; 1.4.6. Электрохимия
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-86-5-58
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58
УДК 544.6.018.46+547.574+547-386. Поступила в редакцию 13 апреля 2026 г.

Исследование электропроводности водных растворов комплексов тиомочевины и метилолтиомочевины с катионами металлов

© Васильева* Светлана Юрьевна, Петрухина Вера Антоновна,
Пыльчикова Юлия Юрьевна, Мулюкова Дания Рафаиловна,
Середкина Анастасия Михайловна, Базикова Ольга Станиславовна,
Кольцов[†] Николай Иванович

Кафедра физической химии и высокомолекулярных соединений. Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова. Московский пр., 15. г. Чебоксары, 428015. Чувашская республика. Россия. Тел.: +7 (8352) 45-24-68. E-mail: koltsovni@mail.ru

*Ведущий направление; [†]Поддерживающий переписку

Ключевые слова: водные растворы комплексов тиомочевины и метилолтиомочевины, температура, удельная и эквивалентная электропроводности, уравнение Аррениуса.

Аннотация

Тиомочевина известна как эффективный ингибитор коррозии, способствующий формированию защитных пленок на поверхности металлов. Благодаря своей уникальной структуре и возможности координации с металлическими центрами, тиомочевина активно используется в качестве добавки к электролитам для улучшения качества покрытий и повышения устойчивости металлических изделий к агрессивному воздействию окружающей среды. Комплексы на основе тиомочевины, метилолтиомочевины и катионов металлов отличаются уникальными физико-химическими свойствами и перспективами применения в различных областях, включая катализ, оптоэлектронику и биомедицину. Изучение электрической проводимости водных растворов таких комплексов представляет особый интерес, поскольку электропроводность напрямую отражает их структуру и ионную подвижность. При этом температура растворов оказывает значительное влияние на свойства комплексов. Ранее для исследования влияния температуры на электропроводность водных растворов ряда неорганических солей (нитратов, ацетатов и фосфатов), карбоновых кислот и аминокислот был предложен подход, основанный на изучении влияния температуры на эквивалентную электропроводность растворов электролитов при бесконечном разведении λ_{∞} и описании экспериментальных данных $\lambda_{\infty}(T)$ экспоненциальным уравнением Аррениуса: $\lambda_{\infty} = A \cdot \exp(-E/(RT))$. В данной статье исследована возможность описания температурной зависимости $\lambda_{\infty}(T)$ уравнением Аррениуса для водных растворов комплексов тиомочевины, метилолтиомочевины с катионами металлов. Установлены величины предэкспоненты A и энергии активации E , с помощью которых уравнение Аррениуса адекватно описывает полученные экспериментальные данные по влиянию температуры на предельную эквивалентную проводимость изученных растворов.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Васильева С.Ю., Петрухина В.А., Пыльчикова Ю.Ю., Мулюкова Д.Р., Середкина А.М., Базикова О.С., Кольцов Н.И. Исследование электропроводности водных растворов комплексов тиомочевины и метилолтиомочевины с катионами металлов. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.86. №5. С.58-64. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Васильева С.Ю., Петрухина В.А., Пыльчикова Ю.Ю., Мулюкова Д.Р., Середкина А.М., Базикова О.С., Кольцов Н.И. Исследование электропроводности водных растворов комплексов тиомочевины и метилолтиомочевины с катионами металлов. *Бутлеровские сообщения А*. 2026. Т.13. №2. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58/ROI-jbc-A/26-13-2-11 (Russian)

The output for citing the English online version of the article:

Svetlana Yu. Vasilieva, Vera A. Petrukhnina, Yulia Yu. Pylchikova, Dania R. Mulyukova, Anastasia M. Seredkina, Olga S. Bazikova, Nikolay I. Koltsov. Study of electrical conductivity of aqueous solutions of thiourea and methylolthiourea complexes with metal cations. *Butlerov Communications A*. 2026. Vol.13. No.2. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58/ROI-jbc-A/26-13-2-11

Литература

- [1] Ибраев М.К., Исабаева М.Б., Газалиев А.М., Ибатаев Ж.А. Химия и биологическая активность производных тиомочевина. *Вестник КарГУ им. Е.А. Букетова. Серия химическая*. **2009**. №1(53). С.66-77. [M.K. Ibraev, M.B. Isabaeva, A.M. Gazaliev, Zh.A. Ibataev. Chemistry and biological activity of thiourea derivatives. *Bulletin of KarSU Named after E.A. Buketov. Chemical Series*. **2009**. No.1(53). P.66-77. (Russian)]
- [2] A.P. Abbott, G. Capper, D.L. Davies, R.K. Rasheed, J. Archer, C. John. Ionic Liquid Analogues Formed from Hydrated Metal salts. *Trans. Inst. Met. Finish.* **2004**. No.84. P.3769-3774.
- [3] Семёнов В.Н., Волков В.В., Самофалова Т.В. Процессы комплексообразования в водных растворах ацетата свинца и тиомочевина. *Конденсированные среды и межфазные границы*. **2025**. №27(2). С.323-328. DOI: 10.3390/molecules26226891 [V.N. Semenov, V.V. Volkov, T.V. Samofalova. Complexation processes in aqueous solutions of lead acetate and thiourea. *Condensed Matter and Interphase Boundaries*. **2025**. No.27(2). P.323-328. DOI: 10.3390/molecules26226891 (Russian)]
- [4] Тихомирова А.В., Татаринова Э.С. Комплексные соединения хлоридов кобальта и никеля с тиомочевинной. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. **2009**. №2. С.118-120. [A.V. Tikhomirova, E.S. Tatarinova. Complex compounds of cobalt and nickel chlorides with thiourea. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. **2009**. No.2. P.118-120. (Russian)]
- [5] G. Canudo-Barreras, L. Ortego, A. Izaga, I. Marzo, R.P. Herrera, M.C. Gimeno. Synthesis of New Thiourea-Metal Complexes with Promising Anticancer Properties. *Molecules*. MDPI AG. **2021**. Vol.26. No.22. P.6891. DOI:10.3390/molecules26226891
- [6] Ali A.A. Al-Riyah, Hawraa K. Dhaef, Ashwaq Shenta. first row transition metal complexes derived from *N,N'*-substituted thiourea: synthesis, geometrical structures and cyclic voltammetry probe: A Review. *College of Science, University of Basrah*. **2021**. Vol.39. No.1. P.96-118. DOI: 10.29072/basjs.202117
- [7] Urage Zahra, Aamer Saeed, Tanzeela Abdul Fattah, Ulrich Flörke, Mauricio F. Erben. Recent trends in chemistry, structure, and various applications of 1-acyl-3-substituted thioureas: a detailed review. *RSC Adv. Royal Society of Chemistry (RSC)*. **2022**. Vol.12. No.20. P.12710-12745. DOI: 10.1039/d2ra01781
- [8] Петрухина В.А., Курналева Т.А., Егорова Д.А., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов электролитов. Часть 1. Сильные электролиты. *Бутлеровские сообщения*. **2016**. Т.45. №1. С.107-109. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-45-1-107 [Vera A. Petruhina, Tatiana A. Kurnaleva, Daria A. Egorova, and Nikolay I. Koltsov. Investigation of the influence of temperature on electrical conductivity of aqueous solutions of electrolytes. Part 1. Strong electrolytes. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.45. No.1. P.107-109. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-45-1-107 (Russian)]
- [9] Петрухина В.А., Курналева Т.А., Егорова Д.А., Васильева А.С., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов электролитов. Часть 2. Слабые электролиты. *Бутлеровские сообщения*. **2016**. Т.45. №1. С.110-112. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-45-1-110 [Vera A. Petruhina, Tatiana A. Kurnaleva, Daria A. Egorova, Anastasia S. Vasileva, Nikolay I. Koltsov. Study of the effect of temperature on the electrical conductivity of aqueous electrolyte solutions. Part 2. Weak electrolytes. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.45. No.1. P.110-112. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/16-45-1-110 (Russian)]
- [10] Петрухина В.А., Андреева Е.В., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов электролитов. Часть 3. Нитраты. *Бутлеровские сообщения*. **2017**. Т.49. №1. С.104-107. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-49-1-104 [Vera A. Petrukhina, Ekaterina V. Andreeva, Nikolay I. Koltsov Investigation of the influence of temperature on electrical conductivity of aqueous solutions of electrolytes. Part 3. Nitrates. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.49. No.1. P.104-107. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/17-49-1-104 (Russian)]
- [11] Петрухина В.А., Андреева Е.В., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов электролитов. Часть 4. Ацетаты и фосфаты. *Бутлеровские сообщения*. **2018**. Т.53. №2. С.140-144. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-53-2-140 [Vera A. Petrukhina, Ekaterina V. Andreeva, Nikolay I. Koltsov. Investigation of the influence of temperature on electrical conductivity of aqueous solutions of electrolytes. Part 4. Acetates and phosphates. *Butlerov Communications*. **2018**. Vol.53. No.2. P.140-144. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-53-2-140 (Russian)]
- [12] Петрухина В.А., Андреева Е.В., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов электролитов. Часть 5. Карбоновые и аминокислоты. *Бутлеровские сообщения*. **2018**. Т.54. №5. С.120-124. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-54-5-120 [Vera A. Petrukhina, Ekaterina V. Andreeva, Pavel I. Fedorov, Nikolay I. Koltsov. The study of temperature effect

- Полная исследовательская публикация** _____ Васильева С.Ю., Петрухина В.А., Пыльчикова Ю.Ю., Мулюкова Д.Р., Середкина А.М., Базикова О.С., Кольцов Н.И. on electrical conductivity of aqueous solutions of electrolytes. Part 5. Carboxylic and amino acids. *Butlerov Communications*. **2018**. Vol.54. No.5. P.120-124. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/18-54-5-120 (Russian)]
- [13] Петрухина В.А., Федоров П.И., Кириллова Т.А., Царева Л.Ю., Андреева Е.В., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов аминокислот. *Бутлеровские сообщения*. **2019**. Т.57. №1. С.91-94. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/19-57-1-91 [Vera A. Petrukhina, Pavel I. Fedorov, Tatiana A. Kirillova, Ludmila Yu. Tcareva, Ekterina V. Andreeva, Nikolay I. Koltsov. Study of the effect of temperature on the electrical conductivity of aqueous solutions of amino acids. *Butlerov Communications*. **2019**. Vol.57. No.1. P.91-94. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/19-57-1-91 (Russian)]
- [14] Данилов В.А., Петрухина В.А., Пыльчикова Ю.Ю., Колямшин О.А., Федоров П.И., Кольцов Н.И. Исследование влияния температуры на электропроводность водных растворов солей малеамовых кислот. *Бутлеровские сообщения*. **2024**. Т.80. №11. С.80-85. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-11-80 [Vladimir A. Danilov, Vera A. Petrukhina, Yulia Y. Pylchikova, Oleg A. Kolamshin, Pavel I. Fedorov, Nikolay I. Kol'tsov. Investigation of temperature influence on the electrical conductivity of maleic acid salts' aqueous solutions. *Butlerov Communications B*. **2024**. Vol.9. No.4. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-11-80/ROI-jbc-B/24-9-4-4]
- [15] Караваев И.А., Савинкина Е.В., Понкрашина С.С., Григорьев М.С. Комплексные соединения нитратов цинка и нитратов лантанидов с мочевиной в соотношении 1:2. *Журнал неорганической химии*. **2023**. Т.68. №7. С.923-929. DOI: 10.31857/S0044457X22601948 [I.A. Karavaev, E.V. Savinkina, S.S. Ponkrashina, M.S. Grigoriev. Complex compounds of zinc nitrates and lanthanide nitrates with urea in a 1:2 ratio. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. **2023**. Vol.68. No.7. P.923-929. DOI: 10.31857/S0044457X22601948 (Russian)]
- [16] Тихомирова А.В., Татарина Э.С. Комплексные соединения хлоридов кобальта(II) и никеля(II) с тиомочевиной. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. **2009**. Т.72. №2. С.118-120. [A.V. Tikhomirova, E.S. Tatarinova. Complex compounds of cobalt(II) and nickel(II) chlorides with thiourea. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. **2009**. Vol.72. No.2. P.118-120. (Russian)]
- [17] Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. Москва: Высшая школа. **2001**. 527с. [A.G. Stromberg, D.P. Semchenko. Physical Chemistry. *Moscow: Vysshaya Shkola*. **2001**. 527p. (Russian)]
- [18] Липин В.А., Смирнова А.И., Суставова Т.А. Физическая химия. Электрохимия: учебное пособие. *ВШТЭ СПбГУПТД. СПб*. **2020**. 94с. [V.A. Lipin, A.I. Smirnova, T.A. Sustavova. Physical Chemistry. Electrochemistry: a Tutorial. *VShTE SPbGUPTD*. **2020**. 94p. (Russian)]
- [19] Svetlana Yu. Vasilieva, Vera A. Petrukhina, Yulia Yu. Pylchikova, Dania R. Mulyukova, Anastasia M. Seredkina, Olga S. Bazikova, Nikolay I. Koltsov. Study of electrical conductivity of aqueous solutions of thiourea and methylolthiourea complexes with metal cations. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.13. No.2. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58/ROI-jbc-A/26-13-2-11
- [20] Васильева С.Ю., Петрухина В.А., Пыльчикова Ю.Ю., Мулюкова Д.Р., Середкина А.М., Базикова О.С., Кольцов Н.И. Исследование электропроводности водных растворов комплексов тиомочевины и метилотиомочевины с катионами металлов. *Бутлеровские сообщения А*. **2026**. Т.13. №2. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58/ROI-jbc-A/26-13-2-11 (Russian)

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-A/26-13-2-11

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-5-58/ROI-jbc-A/26-13-2-11

Study of electrical conductivity of aqueous solutions of thiourea and methylolthiourea complexes with metal cations

Svetlana Yu. Vasilieva,* Vera A. Petrukhina, Yulia Yu. Pylchikova, Dania R. Mulyukova, Anastasia M. Serechkina, Olga S. Bazikova, Nikolay I. Koltsov⁺

Department of Physical Chemistry and High Molecular Compounds. I.N. Ulyanov Chuvash State University. Moscow Ave., 15. Cheboksary, 428015. Chuvash Republic. Russia. Phone: +7 (8352) 45-24-68.

E-mail: koltsovni@mail.ru

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: aqueous solutions of thiourea and methylolthiourea complexes, temperature, specific and equivalent conductivity, Arrhenius equation.

Abstract

Thiourea is known as an effective corrosion inhibitor that promotes the formation of protective films on the surface of metals. Due to its unique structure and the ability to coordinate with metal centers, thiourea is actively used as an additive to electrolytes to improve the quality of coatings and increase the resistance of metal products to aggressive environmental influences. Complexes based on thiourea, methylolthiourea and metal cations are distinguished by unique physicochemical properties and prospects for use in various fields, including catalysis, optoelectronics and biomedicine. The study of the electrical conductivity of aqueous solutions of such complexes is of particular interest, since the electrical conductivity directly reflects their structure and ionic mobility. In this case, the temperature of the solutions has a significant impact on the properties of the complexes. Previously, to study the effect of temperature on the electrical conductivity of aqueous solutions of a number of inorganic salts (nitrates, acetates and phosphates), carboxylic acids and amino acids, an approach was proposed based on the study of the effect of temperature on the equivalent electrical conductivity of electrolyte solutions at infinite dilution λ_{∞} and the description of experimental data $\lambda_{\infty}(T)$ by the exponential Arrhenius equation: $\lambda_{\infty} = A \cdot \exp(-E/(RT))$. In this article, the possibility of describing the temperature dependence $\lambda_{\infty}(T)$ by the Arrhenius equation for aqueous solutions of thiourea, methylolthiourea complexes with metal cations was investigated. The values of pre-exposure A and activation energy E have been established, with the help of which the Arrhenius equation adequately describes the obtained experimental data on the effect of temperature on the maximum equivalent conductivity of the studied solutions.