

DOI: 10.47188/0869-5326\_2022\_30\_1\_8

УДК: 544.65

## **Влияние таурина на электрохимическое поведение серебра в хлоридсодержащих растворах**

© 2022 В. С. Белова, А. В. Балмасов

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, просп. Шереметевский, 7, 153000, e-mail: valeria\_bel@mail.ru, balmasov@isuct.ru

Представлены результаты исследования электрохимической обработки поверхности электродов из серебра в растворах 0,9 % NaCl с добавкой 2 г/л таурина. Установлено, что введение таурина в хлоридсодержащий электролит способствует интенсификации процесса формирования потенциалоопределяющего слоя хлорида серебра на поверхности электрода. Это подтверждается увеличением количества электричества, проходящего за время анодного цикла обработки в растворе с добавкой таурина (рис. 1). Показано, что применение циклической анодно-катодной обработки способствует уменьшению импеданса формирующегося хлоридсеребряного электрода (рис. 2). Снижение сопротивления электрода обеспечивается за счет увеличения его истинной поверхности, подтверждением чему служит увеличение электрической емкости границы раздела электрод-электролит после циклирования потенциала (рис.3).

Уменьшение электродного импеданса имеет важное значение при регистрации биопотенциалов с использованием игольчатых электромиографических электродов, т.к. обеспечивает уменьшение уровня шумов и повышение точности измерений.

Ключевые слова: электрохимическая обработка поверхности, серебро, электрод, хлорид серебра, таурин, циклическая поляризация, электродный импеданс.

## **Influence of taurine on the electrochemical behavior of silver in chloride-containing solutions**

© V. S. Belova, A. V. Balmasov

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetievskiy ave., 7, Ivanovo, 153000, E-mail: valeria\_bel@mail.ru, balmasov@isuct.ru

The results of a study of the electrochemical surface treatment of silver electrodes in 0.9% NaCl solutions with the addition of 2 g/l of taurine are presented. It has been established that the introduction of taurine into a chloride-containing electrolyte contributes to the intensification of the formation of a potential-determining layer of silver chloride on the electrode surface. This is confirmed by an increase in the amount of electricity passing during the anode treatment cycle in the solution with the addition of taurine (Fig. 1). It is shown that the use of cyclic anode-cathode treatment contributes to a decrease in the impedance of the formed silver chloride electrode (Fig. 2). The decrease in the resistance of the electrode is ensured

by increasing its true surface, as evidenced by the increase in the electrical capacitance of the electrode-electrolyte interface after potential cycling (Fig. 3).

Reducing the electrode impedance is important when registering biopotentials using needle electromyographic electrodes, because provides noise reduction and measurement accuracy improvement.

Keywords: electrochemical surface treatment, silver, electrode, silver chloride, taurine, cyclic polarization, electrode impedance.

### **Введение**

Рост хлорида серебра на серебряной подложке в среде, содержащей хлорид-ионы, изучался многими учеными в связи с широким использованием электрода Ag/AgCl в различных исследованиях в качестве электрода сравнения [1-5]. Применение электродов, площадь контакта которых с раствором составляет десятки квадратных миллиметров и более, обеспечивает получение стабильных хорошо воспроизводимых результатов. Уменьшение рабочей поверхности приводит к росту сопротивления электродов и повышению уровня шумов, искажающих регистрируемый потенциал. Например, рабочая поверхность центрального элемента коаксиальных игольчатых электродов для электромиографической диагностики составляет 0,04...0,07 мм<sup>2</sup>, поэтому их сопротивление достигает десятков кОм [6-13].

Стабильность работы микроэлектродов может быть повышена путем физикохимической обработки их поверхности, обеспечивающей увеличение истинной поверхности и повышение обратимости. Одним из методов модификации поверхности металлов является их анодное окисление в растворах электролитов, обеспечивающее формирование на поверхности труднорастворимых оксидных или солевых слоев. Применение серебра в качестве центрального элемента игольчатых электродов представляется перспективным, т.к. большинство соединений серебра плохо растворимы в воде. Закономерности анодного окисления серебра, сопровождающегося образованием на его поверхности труднорастворимых соединений, исследованы в работах [14-19]. Особенности процесса электрохимической модификации поверхности серебра в хлоридсодержащих средах с целью совершенствования технологии изготовления коаксиальных игольчатых электромиографических электродов рассмотрены нами ранее в работах [20-23]. В частности, в работе [23] показана возможность уменьшения уровня шумов при регистрации биопотенциалов путем электрохимической обработки серебра в растворах хлорида натрия с добавкой лимонной кислоты. Настоящая работа посвящена исследованию влияния добавки аминосульфокислоты – таурина на свойства поверхностного слоя хлорида серебра, формиру-

ющегося в ходе электрохимической обработки серебра.

### **Материалы и методы исследования**

В качестве рабочего электрода использовали стержень из серебра марки Ср 99,99 ГОСТ 6836-2002, запрессованный во фторопластовую оболочку. Рабочей поверхностью служил торец стержня, площадь которого составляла 0,08 см<sup>2</sup>. Перед проведением измерений рабочую поверхность полировали пастой на основе оксида алюминия «DIALUX BLANC», обезжиривали этиловым спиртом и промывали деионизованной водой. В качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлоридсеребряный электрод, вспомогательным электродом служила платиновая проволока. Измеренные значения потенциалов пересчитывали относительно водородного электрода.

Изучение электрохимического поведения серебра осуществляли в трехэлектродной стеклянной ячейке. В качестве электролитов использовали 0,9% раствор хлорида натрия, моделирующий биологическую среду человека, и 0,9 % раствор хлорида натрия с добавкой 2 г/л таурина. Для приготовления растворов использовали реактивы марки х.ч. и деионизованную воду. Регулирование потенциала рабочего электрода и измерение электродного импеданса осуществляли при помощи потенциостата P-40X Elins, работающего под управлением персонального компьютера. При импедансных измерениях использовали ячейку со вспомогательным электродом из платинированной платины, площадь которого на несколько порядков превышала площадь рабочего электрода. Электрическую емкость границы раздела рабочий электрод-электролит рассчитывали из реактивной составляющей импеданса с учетом соотношения  $I_m = 1/\omega C$ , где  $\omega = 2\pi f$  – циклическая частота переменного тока. Температура раствора во всех экспериментах составляла 25°C.

### **Результаты и их обсуждение**

Ранее в работе [23] было показано, что для повышения эффективности электрохимической модификации поверхности электродов из серебра целесообразно применение циклической анодно-катодной обработки, обеспечивающей уменьше-

ние уровня шумов при регистрации биопотенциалов при электромиографических измерениях. Положительный эффект оказывает также введение в состав хлоридсодержащего электролита для электрохимической обработки серебра активирующих добавок, способных к образованию комплексных соединений с ионами серебра. В настоящей работе в качестве такой добавки была использована 2-аминоэтансульфокислота – таурин  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$ , которая является безвредным для человека соединением и способна образовывать с серебром комплексные соединения.

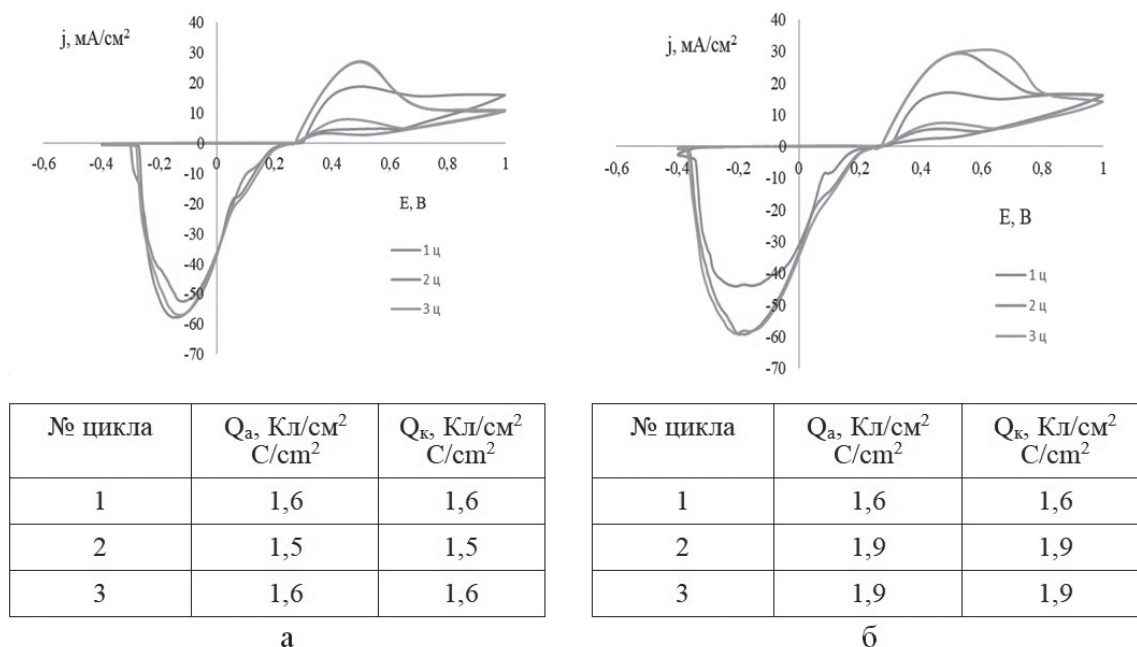
Циклические поляризационные кривые, иллюстрирующие влияние добавки таурина на электрохимическое поведение серебра, представлены на рисунке 1. Видно, что образующийся на поверхности электрода хлорид серебра полностью восстанавливается при катодной поляризации, о чем свидетельствует равенство количества электричества, прошедшего за время анодного и катодного периода. Введение таурина в раствор хлорида натрия способствует увеличению скорости окисления серебра при анодной поляризации во время второго и третьего циклов. Это может быть связано с тем, что в процессе анодного окисления серебра в присутствии таурина при небольшой концентрации лиганда на поверхности электрода образуются комплексы состава  $\text{Ag}(\text{O}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)$ , значение логариф-

ма константы устойчивости которых составляет  $\lg\beta_1 = 2,78$  [24].

Вследствие невысокой прочности комплексных соединений далее происходит замещение лиганда хлорид-ионом с образованием хлорида серебра по реакции:  $\text{Ag}(\text{O}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2) + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} + \text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3^-$ . Таким образом, добавка таурина способствует интенсификации процесса электрохимической модификации поверхности серебра.

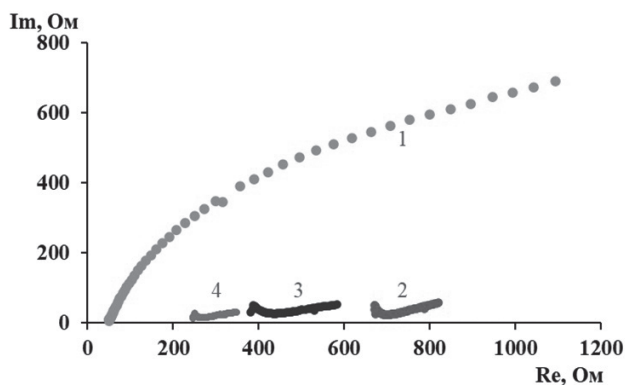
Дополнительные сведения о свойствах формирующегося поверхностного слоя были получены с использованием метода электродного импеданса. Частотные зависимости электродного импеданса регистрировали после окончания анодного периода циклической поляризации. Как видно из рисунка 2, формирование слоя хлорида серебра на поверхности электрода приводит к резкому снижению реактивной составляющей импеданса уже после первого цикла анодной обработки. Активная составляющая импеданса заметно снижается в ходе циклирования потенциала.

При регистрации биопотенциалов с использованием игольчатых электромиографических электродов частота нервных импульсов находится обычно в диапазоне от 10 до 1000 Гц [25], поэтому особое значение имеет снижение электродного импеданса именно в этом частотном диапазоне. Как видно из рисунка 3, проведение циклической обработки в наибольшей степени обеспечивает



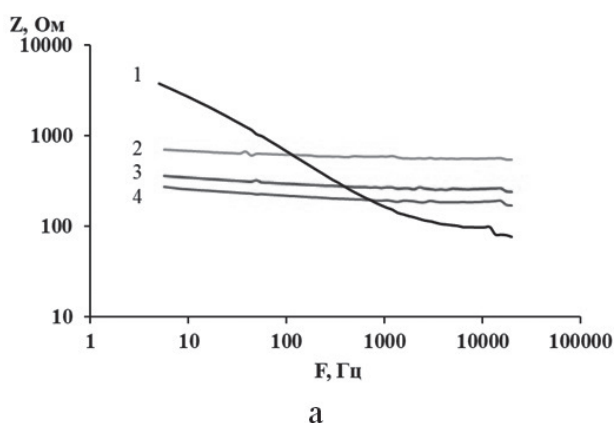
**Рис. 1.** Циклические поляризационные кривые, полученные на электроде из серебра в растворах состава: а - 0,9% NaCl; б - 0,9% NaCl + таурин 2 г/л, и количество электричества, прошедшее за время анодного и катодного циклов. Скорость развертки потенциала 10 мВ/с,  $T = 25^\circ\text{C}$

**Fig. 1.** Cyclic polarization curves obtained on a silver electrode in solutions of composition: a - 0.9% NaCl; b - 0.9% NaCl + taurine 2 g/l, and the amount of electricity passed during the anodic and cathodic cycles. Rate of change of potential 10 mV/s,  $T = 25^\circ\text{C}$



**Рис. 2.** Диаграммы Найквиста, полученные на серебряном электроде после механической обработки (1) и после одного, двух и трех циклов анодного окисления в растворе 0,9 % NaCl + 2 г/л таурин (кривые 2–4 соответственно). T = 25°C

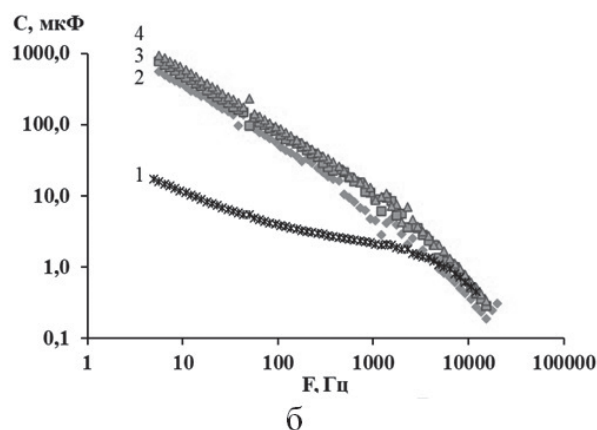
**Fig. 2.** Nyquist diagrams obtained on a silver electrode after mechanical treatment (1) and after one, two and three cycles of anodic oxidation in a solution of 0.9% NaCl + 2 g/l taurine (curves 2-4, respectively). T = 25°C



уменьшение импеданса серебряного электрода именно в области низких частот. Основной причиной снижения импеданса является увеличение истинной поверхности электрода, подтверждением чему служит увеличение электрической емкости границы раздела электрод-электролит после анодного окисления серебра (рис. 3 б). Введение в раствор хлорида натрия добавки таурина способствует более значительному увеличению емкости электрода (таблица), что согласуется с данными циклической вольтамперометрии.

**Заключение**

Таким образом, таурин выступает в роли катализатора процесса электрохимической модификации серебра, обеспечивая ускорение процесса образования потенциалопределяющего слоя, а также формирование более развитой поверхности электрода и уменьшение его полного сопротивления, что способствует повышению стабильности электродного потенциала. Уменьшение электродного импеданса имеет важное значение при



**Рис. 3.** Частотные зависимости импеданса (а) и емкости (б) серебряного электрода после механической обработки (1) и после одного, двух и трех циклов анодного окисления в растворе 0,9 % NaCl + 2 г/л таурин (кривые 2–4 соответственно). T = 25°C

**Fig. 3.** Frequency dependences of the impedance (a) and capacitance (b) of the silver electrode after mechanical treatment (1) and after one, two and three cycles of anodic oxidation in a solution of 0.9% NaCl + 2 g/l taurine (curves 2-4, respectively). T = 25°C

Таблица 1. Зависимость емкости серебряного электрода на частотах 100 и 1000 Гц от количества циклов электрохимической обработки

Table 1. Dependence of the capacitance of the silver electrode at frequencies of 100 and 1000 Hz on the number of electrochemical treatment cycles

Состав электролита Composition of solution	C, мкФ на частоте 100 Гц (C, μF, f = 100 Hz)				C, мкФ на частоте 1000 Гц (C, μF, f = 1000 Hz)			
	Номер цикла Cycle				Номер цикла Cycle			
	0	1	2	3	0	1	2	3
NaCl 0,9%	6,4	53,2	39,1	65,8	4,4	7,6	6,4	8,4
NaCl 0,9 % + таурин 2 г/л (taurin 2 g/L)	3,9	49,3	71,6	86,2	2,1	4,6	9,0	9,0

регистрации биопотенциалов с использованием игольчатых электромиографических электродов, т.к. обеспечивает уменьшение уровня шумов и повышение точности измерений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90203.

### Литература

1. Ha H., Payer J. The effect of silver chloride formation on the kinetics of silver dissolution in chloride solution // *Electrochim. Acta*. 2011. V. 56, № 7. P. 2781-2791. DOI: 10.1016/j.electacta.2010.12.050
2. Pargar F., Koleva D.A., van Breugel K. Determination of Chloride Content in Cementitious Materials: From Fundamental Aspects to Application of Ag/AgCl Chloride Sensors // *Sensors*. 2017. V. 17, № 11. P. 2482. DOI: 10.3390/s17112482
3. Jin X., Lu J., Liu P., Tong H. The electrochemical formation and reduction of a thick AgCl deposition layer on a silver substrate // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2003. V. 542. P. 85-96.
4. Birss V.I., Smith C.K. The anodic behavior of silver in chloride solutions-I. The formation and reduction of thin silver chloride films // *Electrochim. Acta*. 1987. V. 32, № 2. P. 259-268.
5. Giles R.D. The anodic behaviour of silver single crystal electrodes in concentrated chloride solutions // *J. Electroanal. Chem.* 1970. V. 27, № 1. P. 11-19.
6. Kim J.-E., Seok J. M., Ahn S.-W., Yoon B.-N., Lim Y.-M., Kim K.-K., Kwon K.-H., Park K. D., Suh B. C. Basic concepts of needle electromyography // *Ann. Clin. Neurophysiol.* 2019. V. 21, № 1. P. 7-15. DOI: 10.14253/acn.2019.21.1.7
7. Fontes M.B.A. Electrodes for bio-application: Recording and stimulation // *Journal of Physics: Conference Series*. Institute of Physics Publishing. 2013. V. 421, № 1. P. 11-19. DOI: 10.1088/1742-6596/421/1/012019
8. Albulbul A. Evaluating major electrode types for idle biological signal measurements for modern medical technology // *Bioengineering*. 2016. V. 3, № 3. P. 2371-2382. DOI: 10.3390/bioengineering3030020
9. Mills K.R. The basics of electromyography // *Neurology in Practice*. 2005. V. 76, № 2. P. 32-35. DOI: 10.1136/jnnp.2005.069211

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

### References

1. Ha H., Payer J. The effect of silver chloride formation on the kinetics of silver dissolution in chloride solution. *Electrochim. Acta*, 2011, vol. 56, no. 7. pp. 2781-2791. DOI: 10.1016/j.electacta.2010.12.050
2. Pargar F., Koleva D.A., van Breugel K. Determination of Chloride Content in Cementitious Materials: From Fundamental Aspects to Application of Ag/AgCl Chloride Sensors. *Sensors*, 2017, vol. 17, no. 11, pp. 2482. DOI: 10.3390/s17112482
3. Jin X., Lu J., Liu P., Tong H. The electrochemical formation and reduction of a thick AgCl deposition layer on a silver substrate. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2003, vol. 542, pp. 85-96.
4. Birss V.I., Smith C.K. The anodic behavior of silver in chloride solutions-I. The formation and reduction of thin silver chloride films. *Electrochim. Acta*, 1987, vol. 32, no. 2, pp. 259-268.
5. Giles R.D. The anodic behaviour of silver single crystal electrodes in concentrated chloride solutions. *J. Electroanal. Chem.*, 1970, vol. 27, no. 1. pp. 11-19.
6. Kim J.-E., Seok J. M., Ahn S.-W., Yoon B.-N., Lim Y.-M., Kim K.-K., Kwon K.-H., Park K. D., Suh B. C. Basic concepts of needle electromyography. *Ann. Clin. Neurophysiol.*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 7-15. DOI: 10.14253/acn.2019.21.1.7
7. Fontes M.B.A. Electrodes for bio-application: Recording and stimulation. *Journal of Physics: Conference Series*. *Institute of Physics Publishing*, 2013, vol. 421, no. 1, pp. 11-19. DOI: 10.1088/1742-6596/421/1/012019
8. Albulbul A. Evaluating major electrode types for idle biological signal measurements for modern medical technology. *Bioengineering*, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 2371-2382. DOI: 10.3390/bioengineering3030020

10. Johnson M.D., Otto K.J., Williams J.C., Kipke D.R. Bias voltages at microelectrodes change neural interface properties in vivo // Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings. 2004. V. 26, № 6. P. 4103-4106. DOI: 10.1109/IEMBS.2004.1404145
11. Kalvøy H., Tronstad C., Nordbotten B.J., Grimnes S., Martinsen Ø.G. Electrical impedance of stainless steel needle electrodes // Ann. Biomed. Eng. 2010. V. 38, № 7. P. 2371-2382. DOI: 10.1007/s10439-010-9989-2
12. Kalvøy H., Frich L., Grimnes S., Martinsen Ø.G., Hol P.K., Stubhaug A., Impedance-based tissue discrimination for needle guidance // Physiol. Meas. 2009. V. 30, № 2. P. 129-140. DOI: 10.1088/0967-3334/30/2/002
13. Stålberg E.V., Sanders D.B. Jitter recordings with concentric needle electrodes // Muscle and Nerve. 2009. V. 40, № 3. P. 331-339. DOI: 10.1002/mus.21424
14. Hassan H. H. Ibrahim M. A. M. Rehim S. S. Abd El. Amin, M. A. Comparative studies of the electrochemical behavior of silver electrode in chloride, bromide, and iodide aqueous solutions // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. V. 5. P. 278 - 294.
15. Тулешова Э. Ж. Кинетика и механизм растворения серебра в водных растворах натрия нитрата // Журнал физической химии. 2018. Т. 92, № 9. С. 1493-1496. DOI: 10.1134/S0044453718090303.
16. Kal'nyi D.B., Kokovkin V.V. and Mironov I.V. On Anodic Dissolution of Silver Coatings Deposited on Base Metals // Russian Journal of Applied Chemistry. 2012. V. 85, № 1. P. 57-61. DOI: 10.1134/S1070427212010119.
17. Vvedenskii A., Grushevskaya S., Kudryashov D., Kuznetsova T. Kinetic peculiarities of anodic dissolution of silver and Ag-Au alloys under the conditions of oxide formation // Corrosion Science. 2007. V. 49. P. 4523-4541. DOI:10.1016/j.corsci.2007.03.046.
18. Перельгин Ю.П., Киреев С.Ю. О зависимости потенциала начала пассивации серебра при анодной его поляризации от состава раствора // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 3. С. 15-19. DOI: 10.47188/0869-5326\_2019\_27\_3\_15
19. Bayesov A., Tuleshova E., Tukibayeva A., Aibolova G., Baineyeva F. Electrochemical Behavior of Silver Electrode in Sulphuric Acidic Solution During Anodic Polarization // 9. Mills K.R. The basics of electromyography. *Neurology in Practice*, 2005, vol. 76, no. 2, pp. 32-35. DOI: 10.1136/jnnp.2005.069211
10. Johnson M.D., Otto K. J., Williams J. C., Kipke D. R. Bias voltages at microelectrodes change neural interface properties in vivo. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 2004, vol. 26, no. 6, pp. 4103-4106. DOI: 10.1109/IEMBS.2004.1404145
11. Kalvøy H., Tronstad C., Nordbotten B.J., Grimnes S., Martinsen Ø.G. Electrical impedance of stainless steel needle electrodes. *Ann. Biomed. Eng.*, 2010, vol. 38, no. 7, pp. 2371-2382. DOI: 10.1007/s10439-010-9989-2
12. Kalvøy H., Frich L., Grimnes S., Martinsen Ø.G., Hol P. K., Stubhaug A., Impedance-based tissue discrimination for needle guidance. *Physiol. Meas.*, 2009, vol. 30, no. 2, pp. 129-140. DOI: 10.1088/0967-3334/30/2/002
13. Stålberg E.V., Sanders D.B. Jitter recordings with concentric needle electrodes. *Muscle and Nerve*, 2009, vol. 40, no. 3, pp. 331-339. DOI: 10.1002/mus.21424
14. Hamdy H. Hassan, Magdy A. M. Ibrahim, Sayed S. Abd El Rehim, Mohammed A. Amin. Comparative studies of the electrochemical behavior of silver electrode in chloride, bromide, and iodide aqueous solutions. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2010, vol. 5, pp. 278 - 294.
15. Tuleshova E.Zh. Kinetics and mechanism of silver dissolution in aqueous solutions of sodium nitrate. *Zhurnal Fizicheskoy Khimii*, 2018, vol. 92, no. 9, pp. 1493-1496. DOI: 10.1134/S0044453718090303.
16. Kal'nyi D.B., Kokovkin V.V., Mironov I.V. On Anodic Dissolution of Silver Coatings Deposited on Base Metals. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2012, vol. 85, no 1, pp. 57-61. DOI: 10.1134/S1070427212010119.
17. Vvedenskii A., Grushevskaya S., Kudryashov D., Kuznetsova T. Kinetic peculiarities of anodic dissolution of silver and Ag-Au alloys under the conditions of oxide formation. *Corrosion Science*, 2007, vol. 49, pp. 4523-4541. DOI:10.1016/j.corsci.2007.03.046.
18. Perelygin Yu.P, Kireev S.Yu. Depending on the potential of the beginning of passivation of silver during anodic polarity from composition of the solution. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2019, vol. 27, no. 3, pp. 15-19. DOI: 10.47188/0869-5326\_2019\_27\_3\_15.

Oriental journal of chemistry. 2015. V. 31, № 4. P. 1867-1872. DOI: 10.13005/ojc/310403.

20. Балмасов А.В., Чашина Е.Н. Анодное поведение сплава серебра с медью в водно-органических растворах тиоцианата калия // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2009. Т. 52, № 2. С. 57-61.

21. Белова В.С., Балмасов А.В. Исследование электрохимического поведения серебра в хлорид содержащих растворах // Гальванотехника и обработка поверхности. 2020. Т. 28, № 4. С. 20-26. DOI: 10.47188/0869-5326\_2020\_28\_4\_20

22. Белова В.С., Балмасов А.В. Электрохимическая модификация поверхности серебра в хлоридсодержащих растворах // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 2. С. 11-17. DOI: 10.47188/0869-5326\_2021\_29\_2\_11

23. Белова В.С., Балмасов А.В. Электрохимическое поведение серебра в хлоридсодержащих растворах при циклической поляризации // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2021. Т. 64, № 11. С. 50-56. DOI: 10.6060/ivkkt.20216411.6450

24. Петрова Ю.С., Неудачина Л.К. Потенциометрическое исследование комплексообразования таурина с ионами металлов // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 5. С. 697-701. DOI: 10.7868/S00444457X13050176

25. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново: ИГМА. 2003. 264 с.

19. Bayesov A., Tuleshova E., Tukibayeva A., Aibolova G., Baineysheva F. Electrochemical Behavior of Silver Electrode in Sulphuric Acidic Solution During Anodic Polarization. *Oriental journal of chemistry*, 2015, vol. 31, no. 4. pp. 1867-1872. DOI: 10.13005/ojc/310403.

20. Balmasov A.V., Chashina E.N. Anodic behavior of a silver-copper alloy in aqueous-organic solutions of potassium thiocyanate. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*, 2009, vol. 52, no 2, pp. 57-61.

21. Belova V.S., Balmasov A. V., Study of the electrochemical behavior of silver in chloride-containing solutions. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2020, vol. 28, no. 4, pp. 20-26. DOI:10.47188/0869-5326\_2020\_28\_4\_20

22. Belova V.S., Balmasov A.V. Electrochemical modification of silver surface in chloride-containing solution. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2021, vol. 29, no. 2, pp.11-17. DOI: 10.47188/0869-5326\_2021\_29\_2\_11.

23. Belova V.S., Balmasov A.V. Electrochemical behavior of silver in chloride-containing solutions at cyclic polarization. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*, 2021, vol. 64, no. 11, pp. 50-56. DOI: 10.6060/ivkkt.20216411.6450

24. Petrova Yu.S., Neudachina L.K. Potentiometric study of complexation between taurine and metal ions. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2013, vol. 58, no. 5, pp. 617-620. DOI: 10.7868/S00444457X13050176

25. Nikolaev S.G. Workshop on clinical electromyography. Ivanovo: IGMA. 2003, 264 p.

#### Сведения об авторах

**Белова Валерия Сергеевна** – аспирантка, E-mail: valeria\_bel@mail.ru.

**Балмасов Анатолий Викторович** – д.т.н., профессор, тел. +79290888590, E-mail:balmasov@isuct.ru

#### Information about authors

**Belova Valeriya S.** – PhD student, e-mail: valeria\_bel@mail.ru.

**Balmasov Anatoliy V.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: balmasov@isuct.ru.

#### Для цитирования

В. С. Белова, А. В. Балмасов. Влияние таурина на электрохимическое поведение серебра в хлоридсодержащих растворах // Гальванотехника и обработка поверхности. 2022. Т. 30, № 1. С. 8-14. DOI: 10.47188/0869-5326\_2022\_30\_1\_8

#### For citation

V. S. Belova, A. V. Balmasov, Influence of taurine on the electrochemical behavior of silver in chloride-containing solutions. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2022, vol. 30, no. 1, pp. 8-14. DOI: 10.47188/0869-5326\_2022\_30\_1\_8