

Д. Тошкович, М.Б. Райкович

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ ЛАКИРОВАННОЙ БЕЛОЙ ЖЕСТИ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА

*Сельскохозяйственный факультет, НИИ технологии продовольствия и биохимии  
при Белградском университете,  
ул. Неманина 6, 11080, г. Белграде-Зенун, Югославия*

Метод спектроскопии электрохимического импеданса (СЭИ) с использованием ЭВМ применяется для определения показателей электрохимического импеданса: значений реальной и мнимой компонент импеданса ( $Z'$  и  $Z''$ ), величин модуля электрохимического импеданса ( $|Z|$ ), при котором значение фазового угла ( $\theta$ ) является результатом непосредственного измерения [1-4]. Данные, полученные подобным образом, определяются для всех выбранных частот от  $5 \cdot 10^{-2}$  по  $6 \cdot 10^4$  Гц.

Результаты измерения в СЭИ обычно представляются следующим образом:

- как диаграммы импеданса в комплексной плоскости, то есть зависимость  $Z'' - Z'$  при каждой из выбранных частот входного сигнала на исследуемом электроде в рамках упомянутого интервала частот – так называемые диаграммы Найквиста (кривые Найквиста);
- как диаграммы в плоскости Боде (диаграмма состояния Боде), в которой первая часть диаграммы представляет зависимость  $\log|Z| - \log f$ , где  $f$  является частотой входного сигнала (Гц), а вторая часть диаграммы представляет зависимость  $\theta - \log f$ .

Проблема коррозии жестяной тары, наполненной фруктами и овощами, исследовалась рядом авторов. Скорость коррозии при этом определялась различными электрохимическими способами [5–10]. В настоящей статье описано использование метода спектроскопии электрохимического импеданса применительно к исследованию лакированной белой жести, из которой изготавливается консервная тара, наполненная различными пищевыми продуктами. Возможность применения для этих целей СЭИ показана ранее [11-16].

Целью настоящей работы является определение скорости коррозии консервной тары из лакированной белой жести с определенными пищевыми продуктами и использованием метода СЭИ, а именно:

- пастеризованной вишней,
- пастеризованной кашицей (мякотью) абрикоса,
- пастеризованной половинкой сливы,
- стерилизованным горохом.

Использовались образцы из лакированной белой жести, при температуре складирования  $35-37^{\circ}\text{C}$ , находившиеся в контакте с пищевыми продуктами в течение 36 месяцев.

В работе использована электролитическая ячейка объемом  $200 \text{ см}^3$  с неизотермической связью рабочего и электрода сравнения. В качестве исследуемых (рабочих) электродов использованы пластины размером  $1 \times 1 \text{ см}$ , вырезанные из консервных банок из лакированной белой жести (“Сартид 1913 д.д.” “Белая жесь”, г. Шабац), толщиной  $0,26 \text{ мм}$ , покрытые слоем олова  $8,4/8,4 \text{ г/м}^2$ , с нанесением золото-желтого лака  $5,2 \text{ г/м}^2$ . Емкость (объем) каждой банки соответствовала размерам  $\varnothing 153 \times 235 \text{ мм}$ .

Жестянки, наполненные пищевыми продуктами соответствующего содержания, были пастеризованы, стерилизованы и складированы на 36 месяцев при температуре складирования 35–37°C.

Вспомогательным электродом ячейки была платиновая сетка (Pt) с диаметром проволоки 0,3 мм. Электродом сравнения служил насыщенный каломельный электрод (н.к.э.).

Электрохимическая ячейка закрывалась и на ней монтировалась пластиковая крышка с отверстиями, через которые подводились трубки для подачи и выхода азота, а также устанавливались платиновый и насыщенный каломельный электроды.

Блок-схема измерительной системы СЭИ изображена на рис. 1.

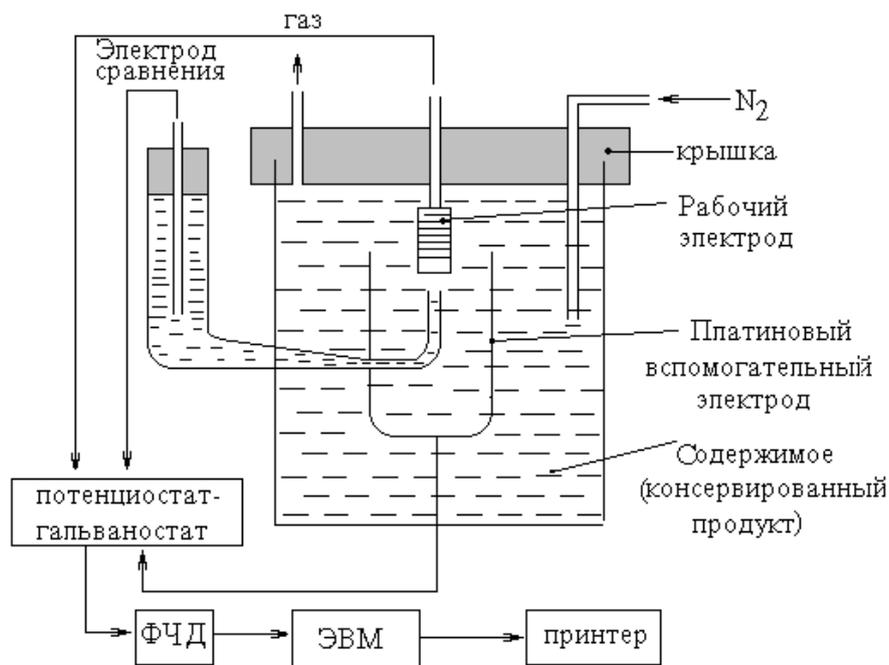


Рис. 1. Блок-схема измерительной системы СЭИ.

Электрохимическая ячейка была связана с прибором для анализа частотного отклика. В этой работе использована установка фирмы Princeton Applied Research (PAR), SAD, модель 5301. Установка для анализа частотного отклика содержала несколько отдельных блоков: генератора входного сигнала (ГВС) для получения синусоидальной волны, частоты которых могли изменяться от  $5 \cdot 10^{-2}$  до  $6 \cdot 10^4$  Гц; потенциостата – гальваностата, модель 273 фирмы PAR, SAD, способного сохранить номинальные свойства при высоких частотах входного сигнала и фазово-чувствительный детектор (ФЧД), модель 5206, сравнивающий входные и выходные синусоидальные волны в измерительной ячейке, в результате чего фиксируется разница в фазовом угле между ними и отношение их максимальных амплитуд. Выходной сигнал регистрировался на X – Y принтере модели 2000 Recorder фирмы Huston Instruments, SAD.

Установка для анализа частотного отклика была связана с ЭВМ IBM PC2 (или Apple IIe), в которой запоминались все данные с помощью программы IDA, а впоследствии осуществлялась комплексная обработка данных измерений, их ввод в выбранный эквивалентный контур и вычисление конечного результата.

В каждом отдельном эксперименте были измерены параметры, определяющие электрохимический импеданс ячейки вместе с системным варьированием частот внутри упомянутого объема. В работе выбран шаг изменения значений частот от 10 точек по декаде частоты – от высших к нижним частотам.

Все опыты проводились в струе чистого азота, который предварительно пропускаться через раствор для очистки газа (колонны, наполненные  $P_2O_5$ ), а затем через колонну с молекулярными ситами объемом  $3 \cdot 10^{-10}$  м. Раствор для очистки азота состоял из аммоний-метаванадата ( $NH_4VO_3$ ),  $HCl$ ,  $3x D_{вод}$ , а на дне склянки с этим раствором находилось 25 г амальгмированного цинка чистотой 99,999 [17, 18].

Перед каждым измерением проводилось стабилизирование электрохимической системы в течение одного часа.

Использовались следующие образцы: образец I – контакт с пастеризованной вишней; образец II – контакт с пастеризованной кашецей (мякотью) абрикоса; образец III – контакт с пастеризованной половинкой сливы; образец IV – контакт с стерилизованным горохом. Пастеризованные плоды являются полупереработанными фруктами, подготовленными в виде целого или измельченного плода, консервированными под влиянием температуры.

После нормальной подготовки – вишня (образец I), промыта, косточки были удалены, а жестянки затем наполнены чистой водой. Мякоть абрикоса (образец II) после обычной подготовки бланширована с целью разрушения ферментов, потом плоды были залиты чистой водой. Пастеризование проводилось при температуре 95-100 °С в течение 30 минут. Половинки сливы, (образец III) после обычной подготовки продуктов, включающей мытье, проверку качества, удаление косточек и измельчение плодов, заложены в банки и залиты чистой водой. Пастеризование проведено при температуре 95–100°С в течение 30 минут. Стерилизованный горох, (образец IV) после очередной подготовки бланширован для разрушения ферментов, затем горох был пассирован, при этом удалялись все бесполезные части. Продукты заливали чистой водой с добавкой 0,7–1% NaCl. Пастеризация проводилась при температуре 121 °С в течение 30 мин. Для пастеризованных плодов использовалась герметически закрытая жестяная банка большой емкости (большого объема) вследствие того, что в зависимости от консистенции термообработка может быть затруднена. Поэтому пастеризация проводилась до заполнения банок. Из-за необходимости герметического закрытия продукты упакованы в жестянки большой емкости (большого объема), 5/1 [19–23].

Импеданс является комплексной величиной, поскольку зависит как от параметров коррозионного процесса, так и от омического сопротивления электролита и емкости диффузионного процесса. Сопротивление и величина емкости непосредственно свидетельствуют о качестве защитного слоя (в настоящей работе – лака). Параметр  $R_p$  находится в хорошей корреляции со скоростью коррозии, когда используются условия Штерна (M. Stearn) и Гирти (A.L. Geart), то есть когда коррозионный процесс происходит со смешанным контролем в присутствии только одного электродного процесса.

Недостаток метода СЭИ в том, что можно определить только  $R_p$ , в то время как параметр  $B$  в уравнении Штерна и Гирти:

$$i_{cor} = \frac{b_a \cdot b_c}{2,3 \cdot (b_a + b_c)} \cdot \frac{1}{R_p} = \frac{B}{R_p}, \quad (1)$$

необходимо определять другими методами [22, 24, 28].

Если анодный процесс находится при диффузионном контроле, уравнение (1) упрощается:

$$i_{cor} = \frac{b_a}{(2,3 \cdot R_p)}. \quad (2)$$

Альтернативным методом определения коррозионного тока является метод поляризационного сопротивления [25-27].

В присутствии защитного слоя (лака) система становится сложнее, с большим числом электрохимических реакций. Такая система характеризуется емкостными и индуктивными компонентами (параметрами) и ее можно анализировать и измерять методом спектроскопии электрохимического импеданса, что показано в настоящей работе.

Методом СЭИ можно определять тафелевские наклоны  $b_a$  и  $b_c$  из зависимости  $E-\log(1/R_p)$ . Цель настоящей работы состояла в определении  $i_{cor}$  для вычисления скорости коррозии, что и было сделано, используя равенство  $R_f=R_p$  из диаграммы Найквиста.

На рис. 2-6 показаны кривые Найквиста (диаграммы импеданса) реакции в комплексной плоскости при коррозионном потенциале. Из кривых Найквиста, методом “fitting” (фитования) определены падение потенциала в электролите и поляризационное сопротивление реакции. Диффузионное сопротивление анодной поляризации в процессе коррозии предполагалось только как возможность.

Для случая активационно контролируемой реакции и предполагая, что адсорбция отсутствует при равновесном потенциале, эквивалентная электрическая схема электрохимической реакции представляет собой параллельную связь емкости двойного слоя,  $C_{dl}$ , Ф/см<sup>2</sup> и поляризационного сопротивления,  $R_p$ , Ω/см<sup>2</sup>, связанных с сопротивлением электролита,  $R_\Omega$ , Ω/см<sup>2</sup>. Кривая Найквиста (диаграмма импеданса) в комплексной плоскости такой эквивалентной электрической схемы представляет идеальный полукруг. При частотах  $f > 0$  реальная часть импеданса стремится к сопротивлению электролита. При низких частотах импеданс определяется импедансом емкости двойного слоя и поляризационным сопротивлением.

Данные поляризационного сопротивления,  $R_p$ , для этого случая можно определить из сегмента (отрезка) реальной части импеданса, когда  $f \rightarrow 0$ , минус омическое сопротивление электролита [29].

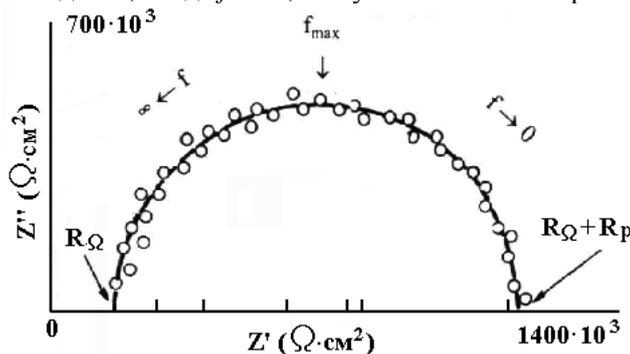


Рис. 2. Кривая Найквиста (диаграмма импеданса) для образца в контакте пастеризованной вишней. (o) – экспериментальные точки; (-) – фит на основе эквивалентной электрической схемы.  $R_\Omega = 124k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_\Omega + R_{ct} = 1079k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_{ct} = 955k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_{ct} = R_f = R_p$ .

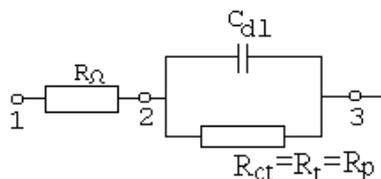


Рис. 3. Эквивалентная схема Армстронга, где  $R_\Omega$  – омическое сопротивление (сумма сопротивления материала, рабочего электрода и части раствора между рабочим и вспомогательным электродами),  $C_{dl}$  – емкость двойного слоя рабочего электрода,  $R_{ct} = R_f = R_p$  – сопротивление переноса в реакционном пути рабочего электрода ( $R_p$  – поляризационное сопротивление).

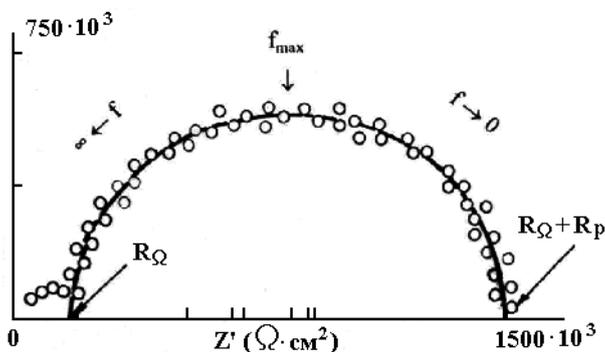


Рис. 4. Кривая Найквиста для образца в контакте с пастеризованной кашцей абрикоса. (o) – экспериментальные точки; (-) – фит на основе эквивалентной электрической схемы.  $R_\Omega = 164k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_\Omega + R_{ct} = 1360k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_{ct} = 1196k\Omega \cdot cm^2$ ,  $R_{ct} = R_f = R_p$ .

На рис.2 изображена кривая Найквиста (диаграмма импеданса), полученная для электрода в контакте с пастеризованной вишней, в то время как рис. 3 представляет собой эквивалентную схему Армстронга (R.D. Armstrong) [3].

Результаты измерения методом СЭИ [4] должны давать эквивалентную схему электрохимической реакции, которая заранее неизвестна для любой реакции [3].

На примере спектров импеданса для образцов с пастеризованной вишней объясним метод, которым можно найти параметр, необходимый для вычисления коррозионного тока  $i_{cor}$ . Из рис. 2, на котором изображена кривая Найквиста, можно видеть, что эта кривая представляет собой отношение мнимого и реального значения импеданса. Соотношение мнимого и реального импеданса составляет всегда 1:2.

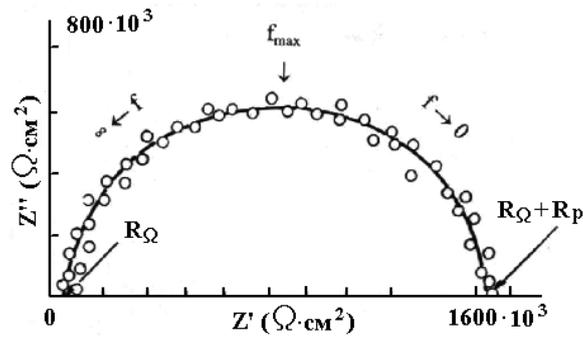


Рис. 5. Кривая Найквиста для образца в контакте с пастеризованной сливой. (o) – экспериментальные точки; (-) – фит на основе эквивалентной электрической схемы.  $R_{\Omega} = 47 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{\Omega} + R_{ct} = 1453 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{ct} = 1406 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{ct} = R_f = R_p$ .

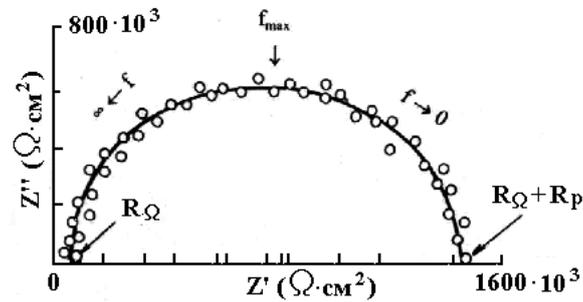


Рис. 6. Кривая Найквиста для образца в контакте с стерилизованным горохом. (o) – экспериментальные точки; (-) – фит на основе эквивалентной электрической схемы.  $R_{\Omega} = 45 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{\Omega} + R_{ct} = 1542,1 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{ct} = 1497,1 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ,  $R_{ct} = R_f = R_p$ .

Кривые на рис. 2–6 показывают, что отклик является почти идеальным полукругом, а следовательно, речь идет о классическом эквивалентном контуре (рис. 3). Тогда диаметр полукруга представляет собой емкостное сопротивление  $R_{ct}$ , которое по существу является фарадеевским сопротивлением  $R_f$  ( $R_{ct} = R_f = R_p$ ), из которого вычисляется ток коррозии  $i_{cor}$  (уравнение 6).

Из эквивалентной схемы Армстронга (рис. 3) видно, что в случае  $f \rightarrow 0$  (когда между точками 2 и 3 существует короткое замыкание),  $Z = R_{\Omega}$ . Когда  $f = \infty$ , тогда  $Z = R_{ct} = R_p$ . Максимальное значение реактивной силы импеданса  $Z$  будет в случае

$$I_m \cdot Z = \frac{R_p - R_{\Omega}}{2}, \quad (3)$$

и тогда

$$f = \frac{1}{(R_p - R_{\Omega})} \cdot c_t, \quad (4)$$

вследствие того, что

$$R_f = \frac{n \cdot F}{R \cdot T \cdot i_{cor}}, \quad (5)$$

где  $n$  – число электронов, участвующих в коррозионной реакции;  $i_{cor}$  – плотность коррозионного тока ( $\text{A}/\text{cm}^2$ );  $F$  – константа Фарадея ( $96847 \text{ Кл}/\text{моль}$  или  $26,8 \text{ А}\cdot\text{час}/\text{моль}$ );  $T$  – температура;  $R_f$  – температура;  $R_f$  – фарадеевское сопротивление ( $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ); ( $R_{ct} = R_f = R_p$  – поляризационное сопротивление).

Очевидно, что

$$i_{cor} = \frac{n \cdot F}{R_p \cdot R \cdot T}. \quad (6)$$

Введением значения  $R_{ct} = R_f = R_p$ , из кривой Найквиста в уравнение (6), получаем  $i_{cor}$ . Скорость коррозии вычисляется следующим образом:

$$\frac{m}{s \cdot \tau} = \frac{M}{n \cdot F} \cdot i_{cor}, \text{ или } \frac{m}{\rho \cdot s \cdot \tau} = \frac{M}{\rho \cdot n \cdot F} \cdot i_{cor} \text{ [см/ч]} \rightarrow \text{[мм/год]}, \quad (7)$$

где  $m$  – масса,  $\rho$  – плотность корродирующей белой жести, (для олова  $7,285 \text{ г/см}^3$ );  $i_{cor}$  – плотность коррозионного тока ( $\text{А/см}^2$ ),  $M$  – молярная масса олова (118,7);  $F$  – константа Фарадея;  $s$  – площадь поверхности ( $\text{м}^2$ );  $\tau$  – время (час).

Подобным образом были вычислены параметры для всех исследованных образцов. В таблице представлены параметры коррозии, полученные методом СЭИ.

*Значения плотности коррозионного тока и скорости коррозии, вычисленные методом СЭИ*

Образец	$R_f=R_p$ , $\text{k}\Omega \cdot \text{см}^2$	$i_{cor}$ , $\text{А/см}^2$	Скорость коррозии, $\text{мм/год}$
Пастеризованная вишня	955,2	$2,68 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-4}$
Пастеризованная каша (мякоть) абрикоса	1196,3	$2,14 \cdot 10^{-8}$	$5,69 \cdot 10^{-4}$
Пастеризованная половинка сливы	1406,6	$1,82 \cdot 10^{-8}$	$4,84 \cdot 10^{-4}$
Стерилизованный горох	1497,1	$1,71 \cdot 10^{-8}$	$4,55 \cdot 10^{-4}$

Коррозионные параметры методом СЭИ можно определить из кривых Найквиста или из диаграмм состояния Боде.

В настоящей работе использованы данные из кривых Найквиста, поскольку таким способом получается более точный полукруг точек, что же касается диаграммы состояния Боде, полученный полукруг чаще используется при наличии более сложных процессов и тогда, когда имеет место сопротивление, обусловленное диффузионным током в области низких частот.

Из кривых Найквиста нельзя определить значения сопротивления в порах ( $R_{p_0}$ ) и емкости пленки ( $C_c$ ) с целью определения проницаемости по уравнению

$$\varepsilon_r = \frac{d \cdot c}{|\varepsilon| \cdot s}, \quad (8)$$

в котором  $\varepsilon_r$  – относительная проницаемость;  $d$  – толщина пленки;  $c$  – емкость пленки;  $|\varepsilon|$  – абсолютная проницаемость;  $s$  – поверхность исследованного электрода.

Емкость двойного слоя определяется

$$C_{dl} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{max} \cdot R_f}. \quad (9)$$

Для вычисления сопротивления пор ( $R_{p_0}$ ) емкости пленки ( $C_c$ ), а также относительной проницаемости ( $\varepsilon_r$ ) необходимо использовать данные при пробое пленки (лака) коррозией. В этом случае диаграмма Найквиста сложнее (два полукруга) (рис. 7), а эквивалентный контур Армстронга более сложный, чем классический, представленный на рис. 3.

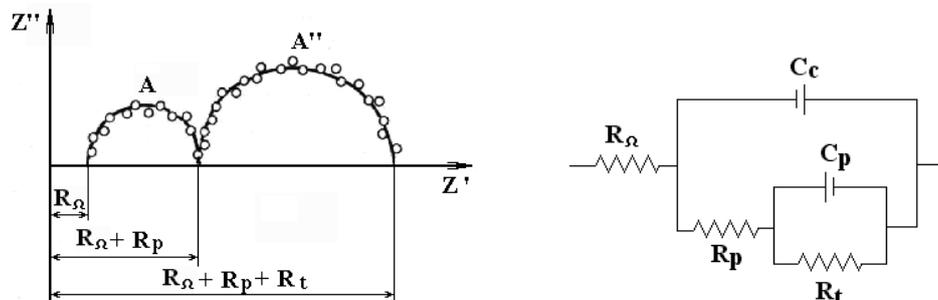


Рис. 7. Кривая Найквиста и соответствующий ей эквивалентный контур Армстронга в случае пробоя защитного слоя для жестянок из белой жести. (o) – экспериментальные точки; (-) – фит на основе эквивалентной электрической схемы.

В этом случае сопротивление в порах ( $R_{p_0}$ ) равно диаметру первого полукруга, а емкость пленки вычисляется по формуле

$$C_c = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\max} \cdot R_{p_0}}, \quad (10)$$

где  $C_c$  – емкость пленки;  $f_{\max}$  – частота на поверхности пленки (точка  $A$ , рис. 7); ( $R_{p_0}$ ) – сопротивление в порах.

На основании результатов исследования коррозионного сопротивления образцов, сделанных из лакированной белой жести, находящихся в контакте различным содержимым видно, что образцы с пастеризованной вишней подвержены большей коррозии; в меньшей степени образцы с пастеризованной массой абрикоса (мякоть), затем образцы с пастеризованной половинкой сливы. Наибольшая коррозионная стойкость достигается на образцах в контакте со стерилизованным горохом (горошком), скорость коррозии которых наиболее низкая.

### Выводы

1. Показано, что метод СЭИ можно использовать для определения коррозионной стойкости консервной тары, однако только для таких случаев, для которых можно предложить адекватные конфигурации эквивалентного контура Армстронга, а следовательно, удовлетворительно проинтерпретировать результаты измерений.

2. Результаты, полученные в настоящей работе, показывают, что нет пробоя пор коррозией (отсутствие двух полукругов). На некоторых образцах можно фиксировать два полукруга, но первый из них очень мал и неправильной формы, так что его нужно было бы корректировать, а расчеты, сделанные с подобного рода корректированным и данными могут дать недостоверные результаты.

3. Полученные результаты показали, что в течение складирования (36 месяцев) скорость коррозии имеет порядок величины  $10^{-4}$  мм/год, что значительно меньше допустимого значения (до 0,12 мм/год).

4. Показано, что жестяная тара из лакированной белой жести, выпущенная на заводе “Сартид 1913” (“Белая жесь”, г. Шабач) является безопасной для сохранения питательных продуктов в течение многолетнего периода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Понових М.М.* Утицај температуре на брзину електрохемијске реакције издвајања водоника. Београд, Технолошко-металуршки факултет, 1997.
2. *Šepa D.* In Modern Aspects of Electrochemistry. Vol. 29. Ed., J.O'M. Bockris, B.E. Conway, R.E. Write. New York, Publ. Plenum Press, 1996.
3. *Armstrong R.D., Henderson M.* // J. Electroanal. Chem. 1979. V. 39. P. 81.
4. *Понових М., Шена Д., Крстажух Н.* Утицај температуре на електрохемијску реакцију издвајања водоника на никлу // Заштити материјала. 1999. В.40. Н. 1. С. 1–5.
5. *Mahadeviah M., Eipeson W.E., Balakrishnan K., Sartry L.W.* Application of Polarization Technique for Studying the Corrosion Behaviour of Tinsplate with Some Fruit Products // J. Food Science Technol. 1975. V. 13. N. 5. P. 234–237.
6. *Kleniewski A.* Polarization Resistance Measurements AC a Guide to the Performance of Lacquered Tinsplate // Brit. Corr. J. 1975. V. 10.
7. *Albu-Yaron A., Berthelin N., Chisten J.M., Bagetty J.* Attentative Evaluation of the Potentiokinetic polarization Technique in Studies of Localized Corrosion of Lacquered Tinsplate // J. Food Technol. 1979. V. 14. P. 9–19.
8. *Catala R., Cabanes J.M.* Application de techniques de polarization en el estudio de la inhibicion de la corrosion de la hojalata. III Congreso de quimica (quimica agricola y alimentaria), Anque, Sevilla, Febr. 1980.
9. *Catala R., Cabanes J.M.* Aplicacion de Tecnicas Electroquimicas para el estudio de los problemas de Corrosion de Los Envases de Hojalata // Ref. Agroquim. Technol. Aliment. 1981. V. 21. N. 3. P. 341–352.
10. *Passy M., Mannheim C.* Evaluation of Interaction of Lacquer Coated Cans with Foods by Electrochemical and Other Methods // Brit. Corr. J. 1982. V. 1 N. 11. P. 92.
11. *Gabrieli G.* Identifikation of Electrochemical Processes by Frequencu Response Analysis. Centre national de la recherche scientifique, September, 1980.

12. *Mansfeld F., Kending M.W., Tsai.* Recordine and Analysis of AC Impedance, Data for Corrosion Studies II Sypermental Aproval and Results // *Corrosion*. 1982. V.38. N.11. P. 570–579.
13. *Mansfeld F.* Recording and Analysis of AC Impedanca Data for Corrosion Studies. I Bockeround and Methods of Analysis // *Corrosion*. 1982. V.35. N.5. P. 301–307.
14. *Gerisola G., Braggio E., Bonora P.L., De Anna P.L.* Metodi Electrochimici di Misura Delle proprieta protetive di rive stimenti Organici // *Piture e Vernici*. 1983. V.10. P. 48–50.
15. *Massini R., Montanari A., Spezzano P.* Valutazione della resistenza alla Corrosione dela banda stagnata mediante misure Elevrochimiche // *Ind.Couserve*. 1981. V.56. P. 267–271.
16. *Massini R.* AC Electrochemical Test for Measuring Tinsplate Corrosion Rate in Aqueos Food Media. 1st International Tinsplate Conference, London, 5-8. Oct., 1976. 260–20/6.
17. *Trasatti S.* Advances in Electrochemical Science and Engineering. Vol. 2. Ed. H. Gurischu, C.W. Tobias, New York, Publ. VCH Publishers Inc., 1992.
18. *Trasatti S.* // *J. Electroanal. Chem.* 1971. V.33. P. 351.
19. *Нукетух-Алексух Г.* Технологија воћа и поврћа. Београд-Земун: Пољопривредни факултетно 1994.
20. *Тхирух Д., Вујчух Б., Брајух Ж.* Приручник за контролу квалитета сировина и производа од воћа и порћа. Нови Сад: Технолошки факултет. 1975.
21. *Бергант С.* Приручник о контроли лименки за конзервисање воћа, поврћа. 1975.
22. *Тошкових Д., Рајкових М.Б., Лачњевац Ч.* Одрешивање корозионих својстава нелакираног белог лима електрохемијском поларизационом методом ради његове примене у прехранбеној индустрији. Део 1. Мерење корозионих својстава конзерви напуњених пастеризованом вишњом и кашом кајсије // *Заштита материјала*. 1999. В. 40. Н. 2. С. 13–18.
23. *Тошкових Д., Рајкових М.Б., Лачњевац Ч.* Одрешивање корозионих својстава нелакираног белог лима електрохемијском поларизационом методом. Део 2. Мерење корозионих својстава конзерви напуњених пастеризованом полутком шљиве и стерелисаним грашком // 1999. В. 40. Н. 3. С. 1–4.
24. *Метикош-Хуковић М.* // *Заштита материјала*. 1986. Н. 27. С. 1.
25. *Stern M., Geart A.L.* // *J. Electrochem. Soc.* 1955. N. 102. P.
26. *Mansfeld F.* // *Corrosion*. 1973. N. 29. P. 397.
27. *Дражух Д.М.Д., Ваичух В.* // *Хемијска индустрија*. 1985. В. 39. С. 1.
28. *Stern M., Geart A.L.* // *J. Electrochem. Soc.* 1955. N. 102.
29. *Mansfeld F.* // *Corrosion*. 1973. N. 29. P. 397.
30. *Mansfeld F.* // *Corr.Sci.* 1988. N. 12. P. 856.

*Поступила 18.04.2000*

### Summary

Until now method of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) has not been used in our country for studying the corrosion of tins filled with suitable food industry products. This paper demonstrates the application of the method of EIS in analyzing lacquered tinsplate used for making tins, that were filled with different food industry products. The results of the examination conducted in the research have shown that there is no pore penetrations caused by corrosion. The obtained results have displayed that during storage for 36 months the corrosion rate is of the value of  $10^{-4}$  mm/year which is considerably less than the allowed value of 0,12 mm/year.

---