

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ПОЛИАНИЛИНОВОГО АКТУАТОРА, ДОПИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ АНИОНАМИ

А.А. Крылов, С.С. Рясенский, М.А. Феофанова, Н.В. Баранова

Тверской государственной университет, Тверь

Изучено влияние допирующих анионов различного радиуса на электромеханические характеристики полианилина

*Ключевые слова:* полианилин, актуатор, допирование

В литературе некоторые авторы объясняют изменение геометрических характеристик слоя полианилина за счет внедрения в «поры» полимера допирующих анионов. Для выяснения подобного влияния мы решили проверить влияние допирующих агентов с различным ионным радиусом. Ранее было показано влияние неорганический анионов на электромеханические характеристики пленки полианилина[1].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для изучения электромеханических свойств был изготовлен актуатор в соответствии с рекомендациями[2]. Слой полианилина на подложке актуатора был синтезирован с использованием соляной кислоты, то есть, мы предполагаем, что размер внутренних пор был соизмерим с ионом хлора. То есть заведомо меньше, чем используемые в данной работе допанты. Установка позволяла фиксировать изменение положения актуатора в зависимости от потенциала подложки. В качестве допирующих анионов были выбраны анионы муравьиной кислоты  $r = 0,68 \text{ \AA}$  монохлоруксусной кислоты  $r = 0,871 \text{ \AA}$ , дихлоруксусной кислоты  $r = 1,032 \text{ \AA}$ , лимонной кислоты  $r = 1,732 \text{ \AA}$  трихлоруксусной кислоты  $r = 1,213 \text{ \AA}$ . Измерение производились при одинаковом значении  $pH = 1,5$ , так как в наших ранних работах было установлено, что актуаторные свойства в значительной степени определяются величиной  $pH$ . Степень окисления полианилина контролировали по потенциалу подложки подключенной по 3-хэлектродной схеме подключенной к потенциостату.

На актуатор, подавался потенциал от -200 до 1100 мВ относительно хлорсеребряного электрода. Установка позволяла подавать не только фиксированный потенциал, но и производить его сканирование в указанном выше диапазоне. За изменением положения

актуатора наблюдали при помощи микроскопа, подключенного к веб камере.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рисунке 1 представлен график изменения геометрических размеров ЭХА в зависимости от потенциала подложки в растворах используемых допантов. Эксперименты показали, что окисление и восстановление в присутствии различных допирующих анионов происходит практически одинаково.

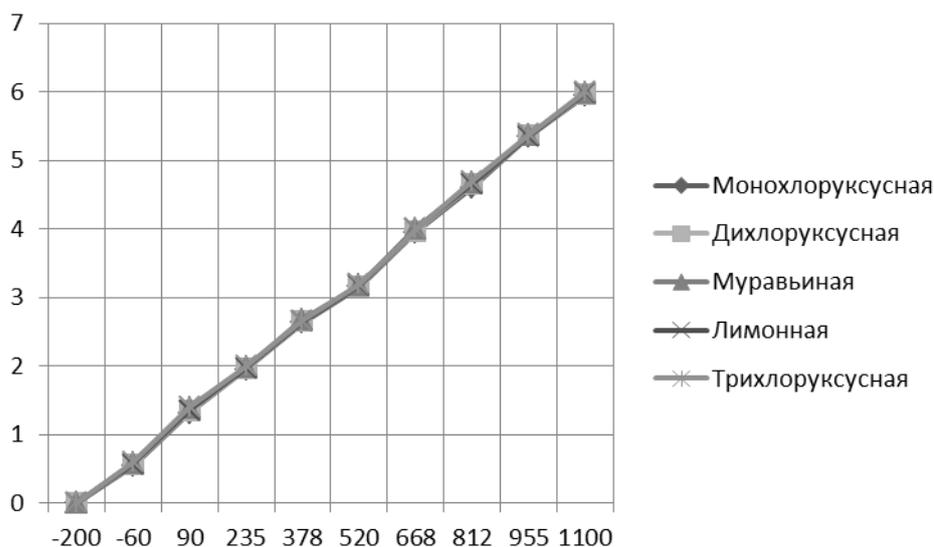
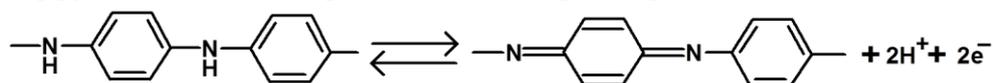


Рис. 1. Отклик актуатора в зависимости от потенциала подложки

Как видно из рисунка, отклик актуатора практически не зависит от допанта, что подтверждает предположение о механизме изменения геометрических характеристик. Вероятно, это связано с тем, что допирующий агент не может проникнуть глубоко в слой полианилина. Таким образом «распирающий» эффект вероятно будет отсутствовать. На наш взгляд, изменение геометрических параметров актуатора будет обусловлено изменением конформации цепи полианилина. То есть в восстановленном состоянии она близка к линейной, а в окисленном состоянии полимерная цепь зигзагообразная. Обнаруженный ранее эффект гистерезиса наблюдается и в растворах органических кислот. Ранее мы сделали предположение что этот эффект определяется диффузией  $H^+$  к полимерной цепочки из раствора.



Тогда следует ожидать, что и в растворах органических кислот величина гистерезиса будет соответствовать аналогичной величине для

соляной кислоты. Этот факт был подтвержден нами экспериментально. На рисунке 2 представлен эффект гистерезиса в среде соляной и трихлоруксусной кислот.

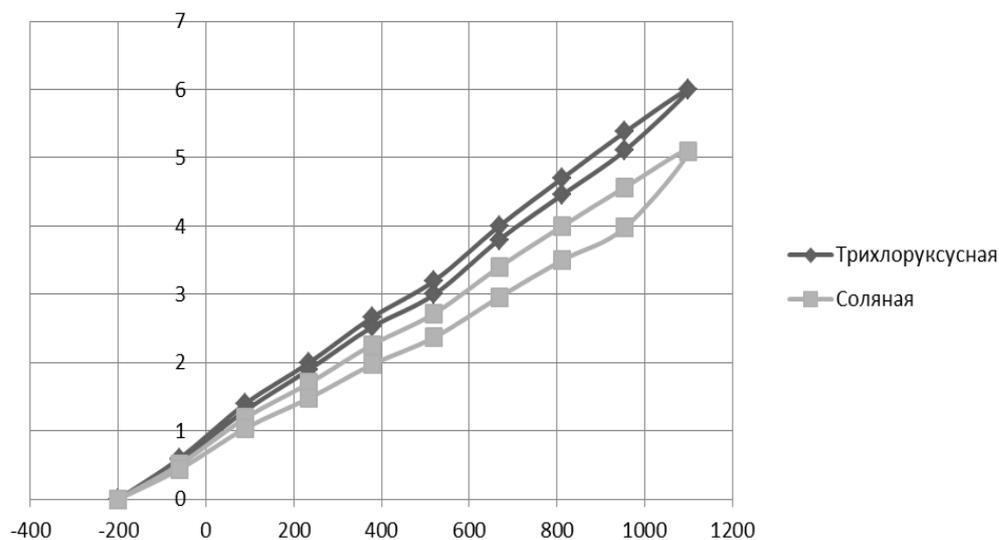


Рис. 2 Гистерезис

Аналогичные зависимости были получены и с другими органическими кислотами. Это же предположение подтверждается следующим экспериментом. На подложку актуатора был осажден слой полианилина из солей фениламмония моно и трихлоруксусных кислот, рис. 3.

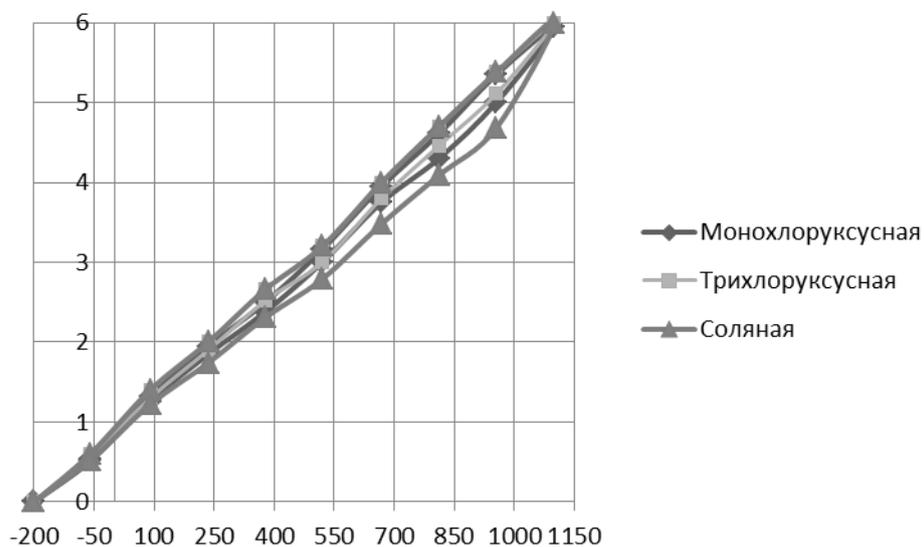


Рис. 3 Гистерезис полианилина, синтезированная из разных солей фениламмония

Мы предполагали, что размер пор в слое полианилина будет значительно больше, чем при синтезе из раствора соляной кислоты. Эффект гистерезиса был меньше, чем для актуатора, полученного из раствора соляной кислоты. Из этого следует, что именно размер пор влияет на эффект гистерезиса. Таким образом чем больше поры пленки полианилина, тем легче  $H^+$  диффундировать в слой полианилина и тем меньше эффект гистерезиса.

Интересно отметить, что величина отклика актуатора на органические допанты выше, чем у неорганических, см. рис. 4. Причины такого поведения до конца не ясны и будут исследоваться.

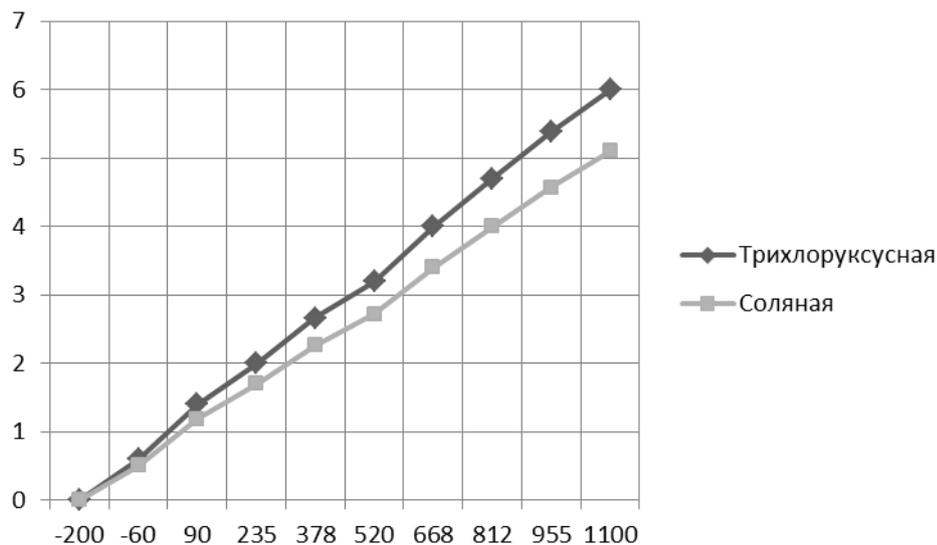


Рис. 4 Отклик актуатора на органический и неорганический допант

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рясенский С.С., Крылов А.А. Электрохимический отклик полианилиновогоактуатора, допированного различными неорганическими анионами//Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2017. №4.С.130-134
2. Рясенский С.С., Крылов А.А., Феофанова М.А., Баранова Н.В. Влияние рН на актуаторные свойства полианилиновой пленки//Высокомолекулярные соединения. СерияБ. 2015. Т.57. №4. С.295-299

**ELECTROCHEMICAL RESPONSE OF A POLYANILINE  
ACTUATOR DOPED WITH VARIOUS INORGANIC ANIONS**

**A.A. Krylov, S.S. Ryasenskii, M.A. Feofanova, N.V. Baranova**

Tver State University, Tver

The effect of doping anions of different radii on the electromechanical characteristics of polyaniline

**Key words:** *polyaniline, actuator, doping*

Об авторах:

КРЫЛОВ Анатолий Анатольевич - аспирант химико-технологического факультета ТвГУ, e-mail: tolya21@yandex.ru

РЯСЕНСКИЙ Сергей Станиславович – кандидат химических наук, доцент, декан химико-технологического факультета ТвГУ, e-mail: p000199@mail.ru

ФЕОФАНОВА Мариана Александровна – кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой неорганической и аналитической химии ТвГУ, e-mail: m000371@mail.ru

БАРАНОВА Надежда Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической и аналитической химии ТвГУ, e-mail: Baranova.NV@tversu.ru

Поступила в редакцию 24 сентября 2018 г.