

УДК 577.152.192:541.64

## ЛАККАЗА-МЕДИАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНТИСТАТИЧЕСКИХ/АНТИКОРРОЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИАНИЛИНА

© 2019 г. Г. П. Шумакович<sup>1</sup>, М. Е. Хлупова<sup>1</sup>, И. С. Васильева<sup>1</sup>, Е. А. Зайцева<sup>2</sup>, Е. В. Громова<sup>3</sup>,  
О. В. Морозова<sup>1</sup>, А. И. Ярополов<sup>1</sup>, \*

<sup>1</sup>Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр  
“Фундаментальные основы биотехнологии” Российской академии наук,  
Москва, 119071 Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет,  
Москва, 119991 Россия

<sup>3</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова,  
Москва, 117997 Россия

\*e-mail: yaropolov@inbi.ras.ru

Поступила в редакцию 27.02.2019 г.

После доработки 20.05.2019 г.

Принята к публикации 20.06.2019 г.

Проведена матричная полимеризация анилина с использованием системы лакказы-медиатор. Катализатором полимеризации являлась высоко редокс-потенциальная лакказа базидиального гриба *Trametes hirsuta*, редокс-медиатором служил димер анилина, а окислителем – атмосферный кислород. Мицеллы додецилбензолсульфоната натрия использовали в качестве “мягкой” матрицы. В результате биокаталитической полимеризации анилина был получен электропроводящий комплекс полианилин/додецилбензолсульфонат натрия, который был испытан в качестве защитных покрытий. Эффективность ингибирования коррозии меди комплексом составляла 86–87%, а скорость стекания положительных и отрицательных зарядов с поверхности хлопчатобумажной ткани увеличивалась в 56 и 27 раз, соответственно.

**Ключевые слова:** лакказа, лакказа-медиаторная система, ферментативная полимеризация, редокс-медиатор, полианилин, защитные антистатические и антикоррозионные покрытия

**DOI:** 10.1134/S0555109919060126

Интерес к использованию ферментов в различных областях значительно вырос в последние годы [1–3]. Катализируемые оксидазами реакции окисления различных соединений, в которых атмосферный кислород является нетоксичным окислителем, привлекают большое внимание. Биокатализ является альтернативой химическому синтезу различных соединений, так как позволяет проводить реакции в “мягких” условиях: комнатная температура, атмосферное давление, слабокислые или нейтральные значения рН реакционной среды, без использования токсичных органических растворителей. Лакказа (*n*-дифенол:кислород оксидоредуктаза, КФ 1.10.3.2) относится к медьсодержащим ферментам и катализирует окисление широкого круга соединений по радикальному механизму [4–6]. Использование этого фермента для синтеза новых соединений представляет большой интерес [1, 7].

Электропроводящий полианилин (ПАНИ) является перспективным материалом для различного технологического использования, включая создание био/хемосенсоров, защитных покрытий от статического электричества, коррозии и электромагнитного излучения, в качестве электродных материалов суперконденсаторов и другие направления [8–13]. Кроме того, ПАНИ обладает антимикробными свойствами, что придает покрытиям на его основе дополнительные положительные качества [14–16].

Традиционным методом синтеза ПАНИ является химическое окисление анилина (АНИ) в сильно-кислых средах с использованием больших количеств таких окислителей, как персульфат аммония, соли 3-х валентного железа, бихромат калия и др. [17]. В последние годы для получения ПАНИ был разработан ферментативный подход, во многом отвечающий требованиям “белой” биотехнологии

[18–22], который позволяет устранить или минимизировать многие недостатки химического метода синтеза. Одним из ферментов, катализирующих окислительную полимеризацию АНИ является лакказы [23–26], а использование редокс-медиаторов (усилителей действия фермента) позволяет ускорять реакцию, что способствует удешевлению конечного продукта. Редокс-медиаторы являются субстратами лакказы, в результате ферментативного окисления которых образуются высоко реакционноспособные продукты, которые могут с высокой скоростью эффективно окислять целевое соединение. Лакказы-медиаторные системы (ЛМС) широко используются, как для деструкции различных соединений, так и для полимеризации [1, 27–29].

Важность получения защитных покрытий обусловлена рядом факторов. Восприимчивые к электростатическим зарядам приборы и схемы подвергаются опасности в процессе производства и эксплуатации. Вследствие миниатюризации различных устройств проблема отказа техники, происходящая за счет воздействия электростатических зарядов, еще более усугубляется. В некоторых отраслях промышленного производства, связанных с обработкой диэлектрических материалов, в нефтеперерабатывающей, текстильной, бумажной промышленности, электризация материалов часто препятствует нормальному ходу технологических процессов.

Защита от коррозии металлических поверхностей также является одной из важнейших технических проблем, а существующие методы защиты имеют свои недостатки [30–33]. Лакокрасочные покрытия эффективны лишь при наличии неповрежденного слоя, что труднодостижимо практически, а введение различных добавок для обеспечения активности защитного покрытия часто ограничивается их токсичностью. В последние годы еще более актуальным стало ингибирование коррозии меди в связи с возможностью ее использования в качестве нанопроводов в различных микроустройствах [34].

Цель работы – использование ЛМС для синтеза электропроводящего полианилина и разработка на его основе покрытий для защиты от коррозии и/или статического электричества.

## МЕТОДИКА

В работе использовали лакказу, выделенную из культуральной жидкости гриба *Trametes hirsuta* согласно методу [35]. Активность фермента определяли, используя в качестве субстрата 1 мМ раствор диаммонийной соли 2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфокислоты) (АБТС) ( $\lambda = 420$  нм;  $\epsilon = 36000$  М<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>) в 0.1 М Na-цитратно-фосфатном

буфере, pH 4.5. Удельная активность фермента составляла 189 МЕ/мг белка.

Додецилбензолсульфонат натрия (ДБСNa) (“Merck”, Германия), лимонная кислота, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, гидроксид натрия (“Riedel-de-Haen”, Германия), АБТС, K<sub>4</sub>Mo(CN)<sub>8</sub>; N-фенил-1,4-фенилендиамин (димер анилина, ДА), 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-ил)оксил (ТЭМПО), *n*- и *o*-фенилендиамин (“Sigma-Aldrich”, США), толуол, фосфорная кислота, соляная кислота (“Химмед”, Россия) были использованы в работе без дополнительной очистки. АНИ (“Sigma-Aldrich”, США) был очищен вакуумной перегонкой. Все растворы готовили с использованием воды, очищенной на установке Simplicity (“Millipore”, США).

Ферментативный синтез ПАНИ проводили при комнатной температуре (22–23°C) в 50 мМ Na-цитратно-фосфатном буферном растворе, pH 3.5, содержащем эквимольные концентрации АНИ и ДБСNa (10 мМ). В реакционную среду добавляли редокс-медиатор. Соотношение концентраций медиатора и АНИ в реакционной среде составляло 1 : 1000. В качестве медиаторов использовали K<sub>4</sub>Mo(CN)<sub>8</sub>, ДА, ТЭМПО и *o*- и *n*-фенилендиаминами. Полимеризацию АНИ инициировали добавлением лакказы. Удельная активность фермента в реакционной среде составляла ~0.6 МЕ/мл. Скорость ферментативной полимеризации АНИ регистрировали спектрофотометрически при 420 нм.

Препаративный синтез ПАНИ/ДБСNa проводили в аналогичных условиях в течение 4 ч с использованием ДА в качестве медиатора.

Электрохимические эксперименты проводили на вольтамперометрическом анализаторе CV-50W (“BAS”, США) по трехэлектродной схеме с использованием стеклянной ячейки объемом 10 мл. Рабочие электроды представляли собой полоски медной фольги 99.9% чистоты (“Альмет”, Россия) размером 2 × 15 мм. Перед использованием электроды зачищали наждачной бумагой, наносили защитное покрытие (раствор ПАНИ/ДБСNa в толуоле) методом полива и высушивали при комнатной температуре. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод (“BAS”, США), а вспомогательным электродом – платиновая сетка. Антикоррозионные свойства изучали методом линейной анодной вольтамперометрии в интервале потенциалов от –500 до 500 мВ в 0.1 М HCl при скорости изменения потенциала 10 мВ/с.

Эксперименты по снижению массы в результате коррозии проводились с использованием медной фольги размером 1 × 1 см. Предварительно очищенные наждачной бумагой пластины промывали и высушивали при 80°C. Три пластины использовали в качестве контроля, а на три другие пластины наносили комплекс ПАНИ/ДБСNa в толуоле методом полива. Все пластины взвешивали и выдерживали в 20 мл 0.1 М HCl в течение 14 сут. Потеря

массы рассчитывалась, как среднее значение по трем образцам, стандартное отклонение составляло  $\pm 3\%$ . Эффективность ингибирования (IE%) в течение времени воздействия рассчитывали по уравнениям, описанным в [36].

Антистатические свойства водной дисперсии комплекса ПАНИ/ДБСNa исследовали, измеряя скорость стекания зарядов с поверхности хлопчатобумажной ткани. Образцы ткани ( $10 \times 10$  см) обрабатывали водной дисперсией ПАНИ/ДБСNa и заряжали поверхность контактом с электродом под напряжением “+” или “-” 18 кВ. Потенциал задавали высоковольтным источником “Разряд-1” (Россия), соединенным с устройством регулировки потенциала. Величину напряженности поля на поверхности образцов и скорость стекания зарядов измеряли электрометром “ИЭЗ-П” (“Тест-С.-Петербург”, Россия). Измерения проводили в трех повторах при температуре  $22^\circ\text{C}$ , атмосферном давлении и относительной влажности 72%. Уменьшение напряженности электростатического поля с течением времени рассчитывали по формуле  $E = E_0 e^{-t/\tau}$ , где  $E$  – значение напряженности электрического поля в момент времени  $t$ ,  $E_0$  – максимальное значение напряженности электрического поля в момент времени  $t = 0$ ,  $\tau$  – период полуразряда, равный времени, за которое значение напряженности электрического поля уменьшалось в 2 раза.

Для спектрофотометрических исследований использовали спектрофотометр Mini 1240 (“Shimadzu”, Япония). ИК-Фурье спектроскопию (Fourier transform infrared spectroscopy) образцов проводили по стандартной методике с использованием таблеток KBr на спектрометре Frontier FT-IR/FIR (“PerkinElmer Inc”, США), а измерение электропроводности – стандартным четырехточечным методом на приборе Loresta GP (“Mitsubishi”, Япония).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ферментативная полимеризация АНИ с использованием лакказы в отличие от химической полимеризации мономера протекает в кинетически контролируемом режиме и ее скорость зависит от концентрации фермента [25]. Однако из-за высокой стоимости биокатализатора и относительно низкой скорости полимеризации АНИ для ферментативного синтеза ПАНИ перспективно использовать редокс-медиаторы (усилители действия) лакказ, которые позволяют многократно ускорить реакцию и удешевить процесс.

Влияние различных редокс-медиаторов на скорость полимеризации АНИ с участием лакказы оценивали в водных растворах “прямых” мицелл ДБСNa (рис. 1).  $\text{K}_4\text{Mo}(\text{CN})_8$  ускорял ферментативную полимеризацию АНИ более чем в 20 раз,

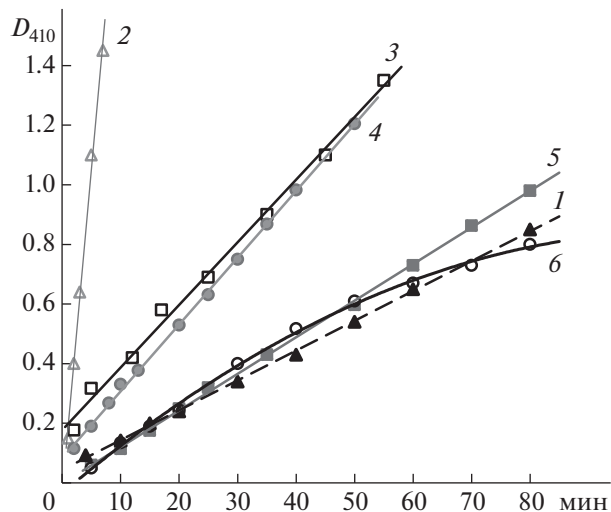


Рис. 1. Скорость ферментативной полимеризации АНИ без медиатора (1) и в присутствии редокс-медиаторов:  $\text{K}_4\text{Mo}(\text{CN})_8$  (2), ДА (3), ТЭМПО (4), *n*-фенилендиамин (5) и *o*-фенилендиамин (6).

а ДА и ТЭМПО – в 2 раза. В то же время *o*- и *n*-фенилендиамины не оказывали существенного влияния на скорость полимеризации АНИ. Поскольку ДА (*N*-фенил-1,4-фенилендиамин) является структурной единицей повторяющегося звена ПАНИ, то в дальнейшей работе его использовали для ускорения ферментативной полимеризации мономера.

Исследование комплекса ПАНИ/ДБСNa методом ИК-Фурье спектроскопии показало, что ПАНИ в составе комплекса имел полосы в области частот  $1500$  и  $1600\text{ см}^{-1}$ , характерные для колебаний связей в фенилендиаминных и хинондииминных структурах ПАНИ соответственно (рис. 2, Л). Эти колебания частично перекрывались валентными колебаниями связей ДБСNa (рис. 2, 2).

Были изучены антикоррозионные и антистатические свойства ПАНИ/ДБСNa комплекса, синтезированного с использованием ДА в качестве редокс-медиатора лакказы. Электропроводность комплекса была  $0.8\text{ мСм/см}$ .

Для нанесения на поверхность медной фольги комплекс ПАНИ/ДБСNa был экстрагирован из водного раствора неполярным растворителем толуолом. Содержание ПАНИ/ДБСNa в толуоле составляло  $\sim 5\text{--}6\text{ вес. \%}$ . Как правило, электрохимические эксперименты по изучению коррозии меди проводят в тестовых растворах, содержащих ингибитор коррозии в разных концентрациях [36, 37]. В работе для антикоррозионной защиты рабочей поверхности медного электрода комплекс ПАНИ/ДБСNa в толуоле наносили на поверхность медной фольги без использования какого-либо связующего. Такой подход более техно-

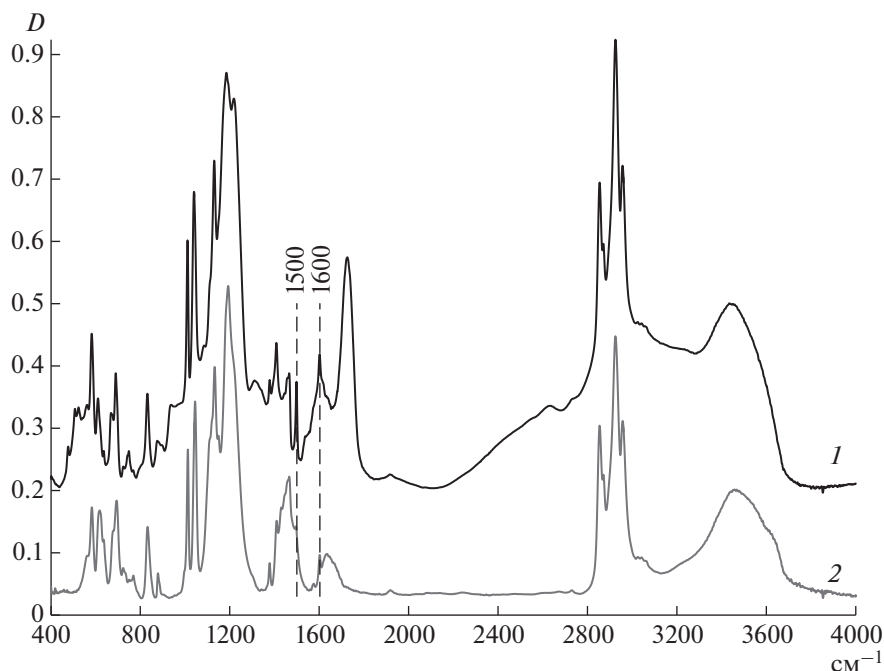


Рис. 2. ИК-Фурье спектры комплекса ПАНИ/ДБСNa (1) и ДБСNa (2).

логичен для аэрозольного напыления защитного раствора на поверхность металла.

Ингибирование коррозии меди изучали методом линейной анодной вольтамперометрии. Контрольные анодные кривые, записанные на электродах из медной фольги имели вид, типичный для анодного растворения меди в растворах HCl (рис. 3, 1–3). Согласно литературным данным анодное растворение меди в растворах HCl протекает в несколько стадий [36, 37]. Сначала металлическая медь окисляется с образованием иона меди  $\text{Cu}^+$ , что сопровождается возрастанием тока в области потенциалов от  $-50$  до  $20$  мВ. Затем  $\text{Cu}^+$  взаимодействует с анионами хлора с образованием нерастворимого  $\text{CuCl}$ , действующего как защитный барьер, препятствующий дальнейшему растворению меди до потенциала  $100$  мВ. Однако  $\text{CuCl}$  обладает плохой адгезией и при более высоких потенциалах превращается в растворимый комплекс хлорида меди  $\text{CuCl}_2^-$ , который диффундирует в объем раствора. Этому процессу соответствует резкое возрастание тока при потенциалах, выше  $100$  мВ. В то же время анодный ток на электродах из меди с нанесенным слоем ПАНИ/ДБСNa (рис. 3, 4–6) оказался существенно меньше во всей области исследованных потенциалов, что свидетельствовало о высокой ингибирующей способности комплекса. При потенциале  $500$  мВ достигалось  $87\%$  ингибирование растворения меди. Следует отметить высокую адгезию и стабильность защитного слоя ПАНИ/ДБСNa, нанесенного на поверхность меди в отсутствие связующего. Так,

анодный ток на электроде с нанесенным защитным покрытием практически не изменялся в течение  $22$  ч.

Антикоррозионная эффективность ферментативно синтезированного комплекса ПАНИ/ДБСNa

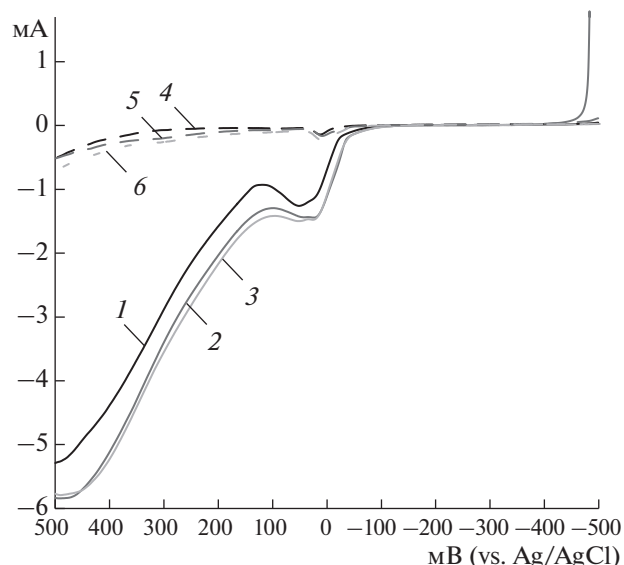


Рис. 3. Линейные анодные вольтамперограммы, записанные на электродах из медной фольги в  $0.1$  М HCl; приведены три последовательных сканирования потенциала на электроде без покрытия (1–3, контроль) и на электроде с нанесенным слоем ПАНИ/ДБСNa (4–6).

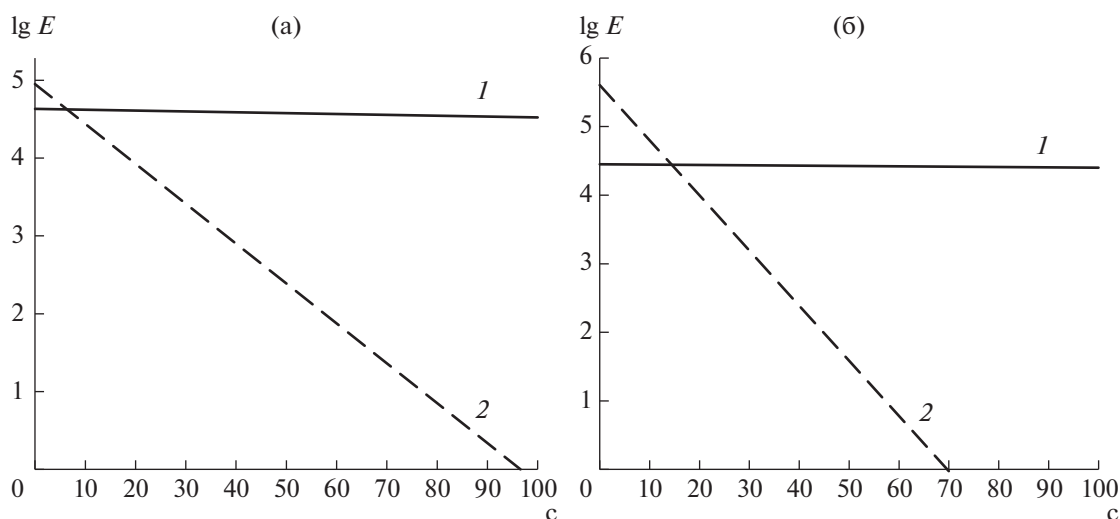


Рис. 4. Средняя скорость стекания положительных (а) и отрицательных (б) зарядов с поверхности хлопчатобумажной ткани, необработанной (1) и обработанной комплексом ПАНИ/ДБСNa (2).

была также подтверждена полуколичественным методом, заключающемся в определении массы до и после выдерживания медной фольги в 0.1 М HCl в течение 14 сут. Эффективность ингибирования коррозии меди комплексом составляла 86%.

Антистатические свойства синтезированного комплекса были определены по скорости стекания электрических зарядов с образцов хлопчатобумажной ткани. Было показано (рис. 4), что для образцов ткани, обработанных водной дисперсией ПАНИ/ДБСNa, период полуразряда ( $\tau$ ) составлял 3.5 и 5.2 с для положительных и отрицательных зарядов соответственно, что существенно меньше времени полуразряда контрольных образцов ткани ( $\tau^+ = 195$  с,  $\tau^- = 140$  с). Следовательно ферментативно синтезированный комплекс ПАНИ/ДБСNa являлся эффективным антистатическим агентом и мог быть использован для создания антистатических покрытий.

Таким образом, использование системы лакказа-медиатор для синтеза электропроводящего ПАНИ позволило сократить время полимеризации мономера АНИ на матрице ДБСNa, а синтезированный комплекс ПАНИ/ДБСNa может быть использован для создания эффективных антикоррозионных и/или антистатических покрытий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (проект № 19-08-00420a).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Witayakran S., Ragauskas A.J. // Adv. Synth. Catal. 2009. V. 351. № 9. P. 1187–1209.
2. Hollmann F., Arends I.W.C.E., Buehler K., Schallmeyer A., Bühler B. // Green Chem. 2011. V. 13. № 2. P. 226–265.
3. de Souza R.O.M.A., Miranda L.S.M., Bornscheuer U.T. // Chem. Eur. J. 2017. V. 23. № 50. P. 12040–12063.
4. Solomon E.I., Sundaram U.M., Machonkin T.E. // Chem. Rev. 1996. V. 96. № 7. P. 2563–2606.
5. Baldrian P. // FEMS Microbiol. Rev. 2006. V. 30. № 2. P. 215–242.
6. Морозова О.В., Шумакович Г.П., Горбачева М.А., Шлеев С.В., Ярополов А.И. // Биохимия. 2007. Т. 72. № 10. С. 1396–1412.
7. Mogharabi M., Faramarzi M.A. // Adv. Synth. Catal. 2014. V. 356. № 5. P. 897–927.
8. Dhand C., Das M., Datta M., Malhotra B.D. // Biosens. Bioelectron. 2011. V. 26. № 6. P. 2811–2821.
9. Soto-Oviedo M.A., Araujo O.A., Faez R., Rezende M.C., de Paoli M.A. // Synth. Met. 2006. V. 156. № 18–20. P. 1249–1255.
10. Ahmad A., Mac Diarmid A.G. // Synth. Met. 1996. V. 78. № 2. P. 103–110.
11. Zhu A.P., Wang H.S., Sun S.S., Zhang C.Q. // Prog. Org. Coat. 2018. V. 122. № 6. P. 270–279.
12. Eftekhari A., Li L., Yang Y. // J. Power Sources. 2017. V. 347. P. 86–107.
13. Meng Q.F., Cai K.F., Chen Y.X., Chen L.D. // Nano Energy. 2017. V. 36. P. 268–285.
14. Bogdanovic U., Vodnik V., Mitric M., Dimitrijevic S., Skapin S.D., Zunic V., Budimir M., Stoiljkovic M. // ACS Appl. Mater. Interfaces. // 2015. V. 7. № 3. P. 1955–1966.
15. Mirmohseni A., Rastgar M., Olad A. // J. Nanostructure in Chemistry. 2018. V. 8. № 4. P. 473–481.
16. Shim E., Su J., Noro J., Teixeira M.A., Cavaco-Paulo A., Silva C., Kim H.R. // Plos One. 2019. V. 14. № 4. Article № e0214546.
17. Ciric-Marjanovic G. // Synth. Met. 2013. V. 17. P. 1–47.

18. *Samuelson L.A., Anagnostopoulos A., Alva K.S., Kumar J., Tripathy S.K.* // *Macromolecules* 1998. V. 31. № 13. P. 4376–4378.
19. *Kobayashi S., Uyama H., Kimura S.* // *Chem. Rev.* 2001. V. 101. № 12. P. 3793–3818.
20. *Bhadra S., Khastgir D., Singha N.K., Lee J.H.* // *Prog. Polym. Sci.* 2009. V. 34. № 8. P. 783–810.
21. *Hollmann F., Arends I.W.C.E.* // *Polymers.* 2012. V. 4. № 1. P. 759–793.
22. *Shoda S., Uyama H., Kadokawa J., Kimura S., Kobayashi S.* // *Chem. Rev.* 2016. V. 116. № 4. P. 2307–2413.
23. *Стрельцов А.В., Шумакович Г.П., Морозова О.В., Горбачева М.А., Ярополов А.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология.* 2008. Т. 44. № 3. С. 296–303.
24. *Streltsov A.V., Morozova O.V., Arkharova N.A., Klechkovskaya V.V., Staroverova I.N., Shumakovich G.P., Yaropolov A.I.* // *J. Appl. Polym. Sci.* 2009. V. 114. № 2. P. 928–934.
25. *Shumakovich G.P., Vasil'eva I.S., Morozova O.V., Khomenkov V.G., Staroverova I.N., Budashov I.A., Kurochkin I.N., Boyeva J.A., Sergeyev V.G., Yaropolov A.I.* // *J. Appl. Polym. Sci.* 2010. V. 117. № 3. P. 1544–1550.
26. *Junker K., Kissner R., Rakvin B., Guo Z.W., Willeke M., Busato S., Weber T., Walde P.* // *Enzyme Microb. Technol.* 2014. V. 55. P. 72–84.
27. *Fabbrini M., Galli C., Gentili P.* // *J. Mol. Catal. B: Enzym.* 2002. V. 16. № 5–6. P. 231–240.
28. *Wells A., Teria M., Eve T.* // *Biochem. Soc. Trans.* 2006. V. 34. № 2. P. 304–308.
29. *Морозова О.В., Шумакович Г.П., Шлеев С.В., Ярополов А.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология.* 2007. Т. 43. № 5. С. 583–597.
30. *El-Maksoud S.A.A.* // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2008. V. 3. № 5. P. 528–555.
31. *Malik M.A., Hashim M.A., Nabi F., AL-Thabaiti S.A., Khan Z.* // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2011. V. 6. № 6. P. 1927–1948.
32. *Montemor M.F.* // *Surf. Coat. Technol.* 2014. V. 258. P. 17–37.
33. *Zhang F., Ju P.F., Pan M.Q., Zhang D.W., Huang Y., Li G.L., Li X.G.* // *Corros. Sci.* 2018. V. 144. P. 74–88.
34. *Antonijevic M.M., Petrovic M.B.* // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2008. V. 3. № 1. P. 1–28.
35. *Горшина Е.С., Русинова Т.В., Бирюков В.В., Морозова О.В., Шлеев С.В., Ярополов А.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология.* 2006. Т. 42. № 6. С. 638–644.
36. *Sherif E.M., Park S.M.* // *Electrochim. Acta.* 2006. V. 51. № 22. P. 4665–4673.
37. *Sobhi M., Eid S.* // *Prot. Met. Phys. Chem. Surf.* 2018. V. 54. № 5. P. 893–898.

## Laccase-Mediator Systems as a Tool for Development of Antistatic/Anticorrosion Protective Coatings

**G. P. Shumakovich<sup>a</sup>, M. E. Khlopova<sup>a</sup>, I. S. Vasil'eva<sup>a</sup>, E. A. Zaitseva<sup>b</sup>, E. V. Gromova<sup>c</sup>, O. V. Morozova<sup>a</sup>, and A. I. Yaropolov<sup>a,\*</sup>**

<sup>a</sup>*Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia*

<sup>b</sup>*Faculty of Chemistry, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991 Russia*

<sup>c</sup>*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997 Russia*

\*e-mail: yaropolov@inbi.ras.ru

Received February 27, 2019; revised May 20, 2019; accepted June 20, 2019

Template-assisted aniline polymerization was performed using the laccase-mediator system. A high-redox potential laccase from fungus *Trametes hirsuta* was used as a biocatalyst for polymerization, aniline dimer served as redox mediator and atmospheric oxygen as an oxidant. Sodium dodecylbenzenesulfonate acted as a “soft” template. The resulting polyaniline/sodium dodecylbenzenesulfonate complex was tested as protective coatings. The inhibition efficiency of copper corrosion was 86–87%, and the dissipation rate of positive and negative charges from cotton fabrics increased 56 and 27 times, respectively.

**Keywords:** laccase, laccase-mediator system, enzymatic polymerization, redox mediator, polyaniline, protective anti-static and anti-corrosion coatings