

УДК 676.26

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.233

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО КАРТОНА\*

*С.И. Басырова, асп.; ORCID: [0000-0001-5409-6704](https://orcid.org/0000-0001-5409-6704)*

*М.Ф. Галиханов, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [P-2778-2015](https://orcid.org/P-2778-2015),  
ORCID: [0000-0001-5647-1854](https://orcid.org/0000-0001-5647-1854)*

*Л.Р. Галеева, канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [AAE-8448-2019](https://orcid.org/AAE-8448-2019),  
ORCID: [0000-0001-9004-4549](https://orcid.org/0000-0001-9004-4549)*

Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, 420015;  
e-mail: basyrova.sara@mail.ru, mgalikhanov@yandex.ru

Исследовано влияние модификации картона на комплекс его поверхностных свойств. Поверхностные свойства картона рассчитывали исходя из значений краевого угла смачивания 5 различных жидкостей. Впитываемость образцов определяли методом полного погружения и капельным способом. Оценено влияние обработки картона полилактидным и крахмальным покрытиями на его смачиваемость и впитываемость. Было установлено, что при нанесении биоразлагаемых полимеров на картон происходит изменение свободной поверхностной энергии: обработка полилактидным покрытием уменьшает эту характеристику примерно на 37 %, крахмальным – незначительно увеличивает (около 3 %). При нанесении полилактидного покрытия впитываемость картона при полном погружении снижается в 1,7 раз, при нанесении крахмального покрытия эта характеристика незначительно возрастает (на 6 %). Подобные зависимости отмечены при изучении капельной впитываемости картона: полилактидное покрытие предотвращало впитываемость капли воды, время впитываемости картона при обработке крахмальным покрытием уменьшается. Показана возможность изменения свойств целлюлозно-бумажных материалов с помощью униполярного коронного разряда. Придание электростатического состояния целлюлозно-бумажным материалам оценивали по значениям потенциала поверхности, напряженности электростатического поля и эффективной поверхностной плотности электрических зарядов. При обработке постоянным коронным разрядом исходных образцов картона и картона, модифицированного крахмалом или полилактидом, происходит уменьшение поверхностной энергии в среднем на 20...25 %. Это приводит к тому, что впитываемость модифицированного картона при полном погружении становится меньше, чем у исходного картона, а время впитываемости капли воды увеличивается примерно в 1,3 раза.

*Для цитирования:* Басырова С.И., Галиханов М.Ф., Галеева Л.Р. Поверхностные свойства модифицированного картона // Лесн. журн. 2019. № 6. С. 233–240. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.233

*Ключевые слова:* картон, биodeградируемые полимеры, композиционные материалы, коронный разряд, смачивание, поверхностная энергия.

---

\*Статья подготовлена по материалам V Международной научно-технической конференции «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (11–14 сентября 2019 г., г. Архангельск).

*Введение*

Известно, что эксплуатационные свойства материалов можно изменять при помощи физических полей различной природы, например постоянного коронного разряда [3, 7, 17, 20, 23]. Особенно это актуально для материалов с низкими механическими, барьерными или иными свойствами.

Известно [8], что целлюлозно-бумажные материалы (ЦБМ) хорошо впитывают влагу, что ведет к снижению их прочностных характеристик. Для устранения этого недостатка их комбинируют с полимерами. Однако это ведет к другой проблеме – такие комбинированные материалы почти не поддаются вторичной переработке, а при захоронении имеют длительный срок разложения в окружающей среде [2, 9]. Решением этой проблемы является создание экологически чистых материалов, которые будут обладать такими же прочностными характеристиками, как и синтетические. Экологически чистые упаковочные материалы на основе картона или бумаги можно комбинировать с природными биodeградируемыми крахмалом (КР) или полилактидом (ПЛА). Крахмал является полисахаридом и входит в состав большинства видов бумаги и картона. ПЛА получают из возобновляемого растительного сырья, он перерабатывается в изделия всеми методами переработки пластмасс. Применение биodeградируемых полимеров позволяет сохранить важное экологическое достоинство ЦБМ – их биоразлагаемость [1, 3, 6, 15–18].

Однако по некоторым характеристикам КР и ПЛА уступают традиционным синтетическим полимерам. В ряде работ было показано, что обработка ЦБМ в поле отрицательного коронного разряда приводит к улучшению их механических свойств благодаря упрочнению сил связи между волокнами [4, 19]. При чем, при модифицировании мешочной бумаги полилактидным или крахмальным покрытиями и применении униполярного коронного разряда улучшается ее биоразлагаемость, что связано с природой полимеров и частичной деструкцией макромолекул целлюлозы при действии разряда.

Не ясен вопрос о влиянии униполярного коронного разряда на поверхностные свойства ЦБМ, покрытых КР или ПЛА, что и явилось целью настоящей работы.

*Объекты и методы исследования*

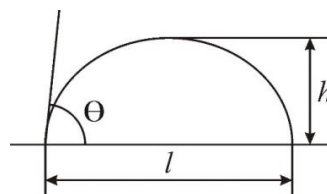
Объектами исследования являлись образцы картона (К) марки К-125. В качестве полимерных покрытий для модификации картона применяли клейстер, состоящий из кукурузного крахмала (ГОСТ 32159–2013), глицерина (ГОСТ 6824–96) и воды (К+КР), и 3 %-й раствор ПЛА (фирма «Sigma Aldrich») в хлороформе (ГОСТ 20015–88) (К+ПЛА). В промышленности нанесение термопластичных полимеров осуществляют из расплава, но в лабораторных условиях это неприемлемо из-за отсутствия соответствующего оборудования, поэтому нанесение ПЛА покрытия проводили из раствора. Удельный расход КР составил 6,5 г/м<sup>2</sup>, ПЛА – 5,0 г/м<sup>2</sup>.

Краевой угол смачивания  $\Theta$  определяли на катетометре КМ-8 с измерительной ячейкой, используя метод сидящей капли, которую наносили при помощи микрошприца (рис. 1). Для воспроизводимости опытов на образцы картона наносили не менее 5 капель. При расчете поверхностных свойств измеряли ширину основания  $l$  и высоту  $h$  капли. О свободной поверхностной энер-

гии картона с полимерным покрытием судили по углу  $\Theta$  образцов, используя методику [7] при нанесении следующих жидкостей: вода, глицерин, раствор  $K_2CO_3$ , формамид, диметилсульфоксид (ДМСО), этиленгликоль.

Рис. 1. Схема измерения краевого угла смачивания

Fig. 1. Scheme for measuring the contact angle



Оценку влияния обработки картона полилактидным или крахмальным покрытиями на процессы впитываемости при полном погружении образцов проводили по ГОСТ 13648.5–78. Для этого образцы картона предварительно помещали в сушильный шкаф на 10 мин при температуре 90 °С, измеряли массу. Далее их переносили в ванну с водой, выдерживая там в течение 1 мин, затем извлекали пинцетом и, давая стечь лишней жидкости, через 1 мин измеряли массу после погружения в воду. Впитываемость рассчитывали согласно следующей формуле:

$$G_{п.п} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} 100 \%, \quad (1)$$

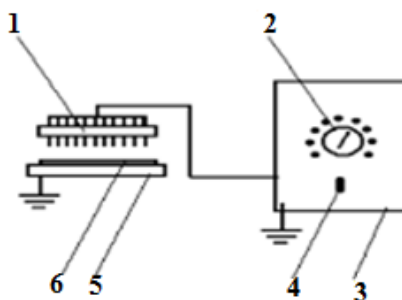
где  $G_{п.п}$  – впитываемость при полном погружении;  $m_1$  – масса воздушно-сухого образца, г;  $m_2$  – масса образца после извлечения из жидкости, г.

Влияние обработки картона полилактидным или крахмальным покрытиями на процессы впитываемости проводили капельным способом согласно ГОСТ 12603–67. Каплю жидкости наносили на картон с полимерным покрытием, обработанный коронным разрядом, и засекали время, по истечении которого пропадал блеск жидкости.

При помощи генератора высокого напряжения, присоединенного к ячейке, на коронирующий электрод которой подается напряжение 30 кВ отрицательной полярности (рис. 2), обрабатывали образцы картона в поле униполярного (отрицательного) коронного разряда картон без покрытия (К+ЭЛ); картон с крахмальным покрытием (К+КР+ЭЛ); картон с полилактидным покрытием (К+ПЛА+ЭЛ).

Рис. 2. Схема коронирующей установки: 1 – многоигольчатый коронирующий электрод; 2 – регулятор подаваемого напряжения; 3 – генератор высокого напряжения; 4 – тумблер включения генератора; 5 – нижний электрод; 6 – образец

Fig. 2. Scheme of the corona device: 1 – multipin corona electrode; 2 – impressed voltage regulator; 3 – high voltage generator; 4 – generator toggle switch; 5 – bottom electrode, 6 – sample



Образцы картона предварительно термостатировали при температуре 90...100 °С. Далее их помещали в коронирующую ячейку с электродом, где и проводили поляризацию. Расстояние между образцами и коронирующим электродом – 2 см.

Измерения электретных характеристик (потенциал поверхности  $V_э$ , кВ; напряженность электростатического поля  $E$ , кВ/м; эффективная поверхностная плотность электрических зарядов  $\sigma_{эф}$ , мк·Кл/м<sup>2</sup>) проводили на приборе ИПЭП-1.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

При изучении краевого угла смачивания  $\Theta$  водой исходного картона и картона с полимерным покрытием было обнаружено его изменение с 85,0° для исходного картона до 56,2° для картона с крахмальным покрытием и до 117,7° для картона с ПЛА-покрытием. Это может свидетельствовать об увеличении гидрофобности картона, модифицированного ПЛА и, как следствие, о повышении его защиты от влаги.

Влияние полимерных покрытий на поверхностные свойства картона оценивали по краевому углу смачивания. Краевой угол смачивания исходного и электретированного образцов картона определяли по воде, глицерину и раствору  $K_2CO_3$ , поскольку остальные заявленные жидкости впитываются его поверхностью.

Нанесенное ПЛА-покрытие дополнительно удерживает на поверхности материала капли ДМСО, формамида, этиленгликоля.

Расчеты показали, что свободная поверхностная энергия картона  $\gamma_k$  составляет 120,4 мН/м. При нанесении на него крахмального покрытия значительных изменений не происходило ( $\gamma_{k+кр} = 124,6$  мН/м), поскольку при производстве картона используется крахмал.

При нанесении ПЛА-покрытия свободная поверхностная энергия  $\gamma_{k+ПЛА} = 75,3$  мН/м. Установлено, что обработка ЦБМ в поле постоянного коронного разряда снижает их поверхностную энергию на 20...25 %. Подобное действие униполярного коронного разряда наблюдали ранее для полимерных материалов [21, 22].

Стабильность сохранения заряда в ЦБМ оценивали, измеряя параметры электростатического поля. Низкие значения электретных характеристик (табл. 1) обусловлены проникновением носителей заряда в объем диэлектрика и его высвобождением из объема к поверхности диэлектрика в ходе релаксации.

Таблица 1

**Электретные характеристики картона**

Характеристика	К+ЭЛ	К+КР+ЭЛ	К+ПЛА+ЭЛ
$V_э$ , кВг	0,162	0,046	0,414
$E$ , кВ/м	20,8	13,5	63,9
$\sigma_{эф}$ , мкКл/м <sup>2</sup>	0,169	0,110	0,565

Одним из способов оценки гидрофобности ЦБМ является определение впитываемости при полном погружении и капельным способом. Исследование впитываемости показало, что результаты, полученные капельным способом, позволяют проанализировать влияние модификации картона на поверх-

ность листа, а полученные при полном погружении – влияние полимерных покрытий на свойства материала в объеме (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты определения впитываемости модифицированного картона при полном погружении  $G_{П.П}$  и капельным способом**

Образец	Средняя впитываемость при полном погружении $G_{П.П}$ , %	Средняя продолжительность капельной впитываемости, мин
Картон	83,6	31,0
К+ЭЛ	68,4	40,0
К+КР	89,0	21,8
К+КР+ЭЛ	72,8	28,4
К+ПЛА	49,3	Не впитывается
К+ПЛА+ЭЛ	47,9	Не впитывается

Как видно из табл. 2, впитываемость картона при полном погружении составила 83,6 %. При его обработке в униполярном коронном разряде происходит снижение впитываемости примерно в 1,2 раза. Это связано с экранированием заряда молекулами воды. При нанесении крахмального покрытия впитываемость незначительно увеличивается (89,0 %). Это обусловлено протеканием одновременно нескольких процессов: активного смачивания крахмальной поверхности водой и набухания крахмальных зерен на поверхности. Обработка картона с крахмальным покрытием в коронном разряде также позволяет снизить впитываемость примерно в 1,2 раза.

При нанесении ПЛА покрытия происходит значительное снижение впитываемости исходного картона (примерно в 1,7 раза), что указывает на гидрофобизацию поверхности. Это вполне логично, так как нанесение ПЛА препятствует проникновению влаги в толщу листа. Действие коронного разряда практически не изменяет впитываемость картона с ПЛА покрытием, так как ПЛА при данных условиях обработки практически не способен поляризоваться [5, 10, 11, 14]. В литературе описаны методы повышения электростатических свойств ПЛА с помощью регулирования степени его кристалличности, введения дисперсного наполнителя [12, 13]. В дальнейшем для достижения большего влияния коронного разряда на поверхностные свойства картона, покрытия ПЛА, планируется изучение применимости этих методов.

Измерения впитываемости исследуемых материалов капельным способом подтверждают результаты впитываемости при полном погружении. Продолжительность впитываемости исходного картона составляет 31,0 мин, при нанесении крахмального покрытия она снижается до 28,4 мин. Обработка коронным разрядом повышает примерно в 1,3 раза продолжительность впитываемости как исходного картона, так и картона с крахмальным покрытием.

ПЛА не впитывает воду, поэтому нанесение этого полимера предотвращает попадание влаги в целлюлозно-бумажный материал со стороны данного покрытия.

#### *Заключение*

Установлено, что при нанесении биоразлагаемых полимеров на картон происходит изменение свободной поверхностной энергии: при нанесении полилактидного покрытия она уменьшается примерно на 37 %, а при нанесении

крахмального покрытия – незначительно увеличивается (около 3 %). При нанесении полилактидного покрытия впитываемость картона при полном погружении уменьшается примерно в 1,7 раза, нанесение крахмального покрытия незначительно увеличивает эту характеристику (около 6 %). Аналогичные зависимости наблюдались при изучении капельной впитываемости картона: полилактидное покрытие предотвращало впитываемость капли воды, а продолжительность впитываемости картона при обработке крахмальным покрытием уменьшалась.

При обработке постоянным коронным разрядом исследуемых картона и картона, модифицированного крахмалом или полилактидом, поверхностная энергия снижается в среднем на 20...25 %. Это приводит к тому, что впитываемость модифицированного картона при полном погружении меньше, чем у исходного картона, а продолжительность впитываемости капли воды больше примерно в 1,3 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Васильева Н.Г. Биоразлагаемые полимеры // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2013. № 22. С. 156–157. [Vasil'yeva N.G. Biodegradable Polymers. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2013, no. 22, pp. 156–157].
2. Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов. Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. 121 с. [Gubanov L.N., Zvereva A.Yu., Zvereva V.I. *Waste Recycling and Disposal of Packaging Materials*. Nizhny Novgorod, NNGASU Publ., 2015. 121 p.].
3. Карпунин И.И., Кузьмич В.В., Балабанова Т.Ф. Классификация биологически разлагаемых полимеров // Наука и техника. 2015. № 5. С. 53–59. [Karpunin I.I., Kuz'mich V.V., Balabanova T.F. Classification of Biodegradable Polymers. *Nauka i tekhnika* [Science & Technique], 2015, no. 5, pp. 53–59].
4. Мусина Л.Р., Галиханов М.Ф. Влияние электретирирования на сорбционные и фильтрующие свойства фильтровальной бумаги // Химия растительного сырья. 2017. № 2. С. 155–161. [Musina L.R., Galikhanov M.F. The Effect of Corona Charging on Sorption and Filtering Properties of the Filter Paper. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of plant raw material], 2017, no. 2, pp. 155–161]. DOI: [10.14258/jcprm.2017021782](https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021782)
5. Муслимова А.А., Виранева А.П., Йовчева Т.А., Галиханов М.Ф. Изучение электретных свойств короноэлектретов на основе полилактида // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2012. № 10. С. 128–130. [Muslimova A.A., Viraneva A.P., Yovcheva T.A., Galikhanov M.F. Study of Electret Properties of Coronaelectrets Based on Polylactide. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2012, no. 10(15), pp. 128–130].
6. Ольхов А.А., Иорданский А.Л., Заиков Г.Е. Биопластики на основе термопластов // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 10: Инновационная деятельность. 2014. № 3(12). С. 84–92. [Olkhov A.A., Iordanskiy A.L., Zaikov G.E. Bioplastics Based on Thermoplastics. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10. Innovatsionnaya deyatel'nost'* [Science Journal of Volgograd State University. Technology and innovations], 2014, no. 3(10), pp. 84–92]. DOI: [10.15688/jvolsu10.2014.3.10](https://doi.org/10.15688/jvolsu10.2014.3.10)
7. Старостина И.А., Стоянов О.В. Кислотно-основные взаимодействия и адгезия в металл-полимерных системах. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2010. 200 с. [Starostina I.A., Stoyanov O.V. Acid-Base Interactions and Adhesion in Metal-Polymer Systems. Kazan, KSTU Publ., 2010. 200 p.].

8. Фляте Д.М. Свойства бумаги. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 680 с. [Flyate D.M. *Paper Properties*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1986. 680 p.]
9. Frostling H., Hoff A., Jacobsson S., Pfäffli P., Vainiotalo S., Zitting A. Analytical, Occupational and Toxicologic Aspects of the Degradation Products of Polypropylene Plastics. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1984, vol. 10(3), pp. 163–169. DOI: [10.5271/sjweh.2347](https://doi.org/10.5271/sjweh.2347)
10. Gencheva E.A., Yovcheva T.A., Marudova M.G., Viraneva A.P., Bodurov I.P., Mekishev G.A., Sainov S.H. Formation and Investigation of Corona Charged Films from Polylactic Acid. *AIP Conference Proceedings*, 2010, vol. 1203, iss. 1, pp. 495–500. DOI: [10.1063/1.3322494](https://doi.org/10.1063/1.3322494)
11. Gilmutdinova A.M., Galikhanov M.F., Nazarov N.G., Guzhova A.A., Khayrullin R.Z., Huziakmetov R.H., Yovcheva T.A., Viraneva A.P. Increase of Value and Stability of Electret Characteristics of Polylactide by Magnesium Oxide Modification. *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1886, iss. 1, art. 020092. DOI: [10.1063/1.5002989](https://doi.org/10.1063/1.5002989)
12. Guzhova A.A., Galikhanov M.F., Gorokhovatsky Yu.A., Temnov D.E., Fomicheva E.E., Karulina E.A., Yovcheva T.A. Improvement of Polylactic Acid Electret Properties by Addition of Fine Barium Titanate. *Journal of Electrostatics*, 2016, vol. 79, pp. 1–6. DOI: [10.1016/j.elstat.2015.11.002](https://doi.org/10.1016/j.elstat.2015.11.002)
13. Guzhova A., Yovcheva T., Viraneva A. Study of Polylactic Acid Corona Electrets. *Bulgarian Chemical Communications*, 2015, vol. 47, special iss. B, pp. 115–120.
14. Kanie O., Ishikawa H., Ohta S., Kitaoka T., Tanaka H. Study on Characteristics of Paper Laminated with Biodegradable Plastics, (1): Burial Test in Soil. *Journal of the Faculty Agriculture, Kyushu University*, 2002, vol. 47, no. 1, pp. 89–96.
15. Kanie O., Tanaka H., Mayumi A., Kitaoka T., Wariishi H. Composite Sheets with Biodegradable Polymers and Paper, the Effect of Paper Strengthening Agents on Strength Enhancement, and an Evaluation of Biodegradability. *Journal of Applied Polymer Science*, 2005, vol. 96, iss. 3, pp. 861–866. DOI: [10.1002/app.21523](https://doi.org/10.1002/app.21523)
16. Kestelman V.N., Pinchuk L.S., Goldade V.A. *Electrets in Engineering: Fundamentals and Applications*. Norwell, Kluwer Academic Publishers, 2000. 281 p. DOI: [10.1007/978-1-4615-4455-5](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4455-5)
17. Mayumi A., Kanie O., Wariishi H., Kitaoka T., Tanaka H. Study on Characteristics of Paper Laminated with Biodegradable Plastics, (2): Analytical Characterization on Chemical and Biological Degradation. *Journal of the Faculty Agriculture, Kyushu University*, 2003, vol. 48, no. 1-2, pp. 85–95.
18. Mayumi A., Kanie O., Wariishi H., Kitaoka T., Tanaka H. Study on Characteristics of Paper Laminated with Biodegradable Plastics, (3): Elemental and Morphological Analyses of Polylactide Deterioration. *Journal of the Faculty Agriculture, Kyushu University*, 2003, vol. 48, no. 1-2, pp. 87–106.
19. Perepelkina A.A., Galikhanov M.F., Musina L.R. Effect of Unipolar Corona Discharges on Properties of Pulp-and-Paper Materials. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2015, vol. 51, iss. 2, pp. 138–142. DOI: [10.3103/S1068375515020118](https://doi.org/10.3103/S1068375515020118)
20. Sessler G.H., Gerhard-Multhaupt R., Broadhurst M.G., Bauer S. *Electrets*. In 2 vol. Morgan Hill, CA, Laplacian Press, 1998/1999. 472/360 p.
21. Viraneva A., Yovcheva T., Mekishev G. Pressure Effect on the Polymer Electret Films. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2013, vol. 20, iss. 5, pp. 1882–1886. DOI: [10.1109/TDEI.2013.6633720](https://doi.org/10.1109/TDEI.2013.6633720)
22. Vlaeva I., Yovcheva T., Viraneva A., Kitova S., Exner G., Guzhova A., Galikhanov M. Contact Angle Analysis of Corona Treated Polypropylene Films. *Journal of Physics: Conference Series*, 2012, vol. 398, art. 012054. DOI: [10.1088/1742-6596/398/1/012054](https://doi.org/10.1088/1742-6596/398/1/012054)
23. Yovcheva T. *Corona Charging of Synthetic Polymers*. New York, Nova Science Publishers, 2010. 60 p.

**SURFACE PROPERTIES OF MODIFIED CARDBOARD\***

*S.I. Basirova*, Postgraduate Student; ORCID: [0000-0001-5409-6704](https://orcid.org/0000-0001-5409-6704)

*M.F. Galikhanov*, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [P-2778-2015](https://orcid.org/P-2778-2015),

ORCID: [0000-0001-5647-1854](https://orcid.org/0000-0001-5647-1854)

*L.R. Galeeva*, Candidate of Engineering; Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAE-8448-2019](https://orcid.org/AAE-8448-2019),

ORCID: [0000-0001-9004-4549](https://orcid.org/0000-0001-9004-4549)

Kazan National Research Technological University, ul. Karla Marksa, 68, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russian Federation; e-mail: basyrova.sara@mail.ru, mgalikhanov@yandex.ru

The influence of cardboard modification on the complex of its surface properties is studied. The cardboard surface properties were calculated based on the contact angle values of five different liquids. The samples absorbency was determined by the methods of full immersion and drop infusion. The effect of cardboard processing with polylactide and starch coatings on its wetting ability and absorbency was assessed. It was found that free surface energy changes when applying biodegradable polymers to cardboard; it decreases by approximately 37 % when applying polylactide coating, and it slightly increases (by approximately 3 %) when applying starch coating. The absorbency of completely immersed cardboard decreases in approximately 1.7 times when applying polylactide coating; this cardboard characteristic slightly increases (by approximately 6 %) when applying starch coating. Similar dependences were observed in the study of dripping absorbency of cardboard. Polylactide coating prevented the absorption of a drop of water, and the absorption time of the cardboard decreased during processing with starch coating. The changeability of properties of pulp and paper materials with the use of a unipolar corona discharge is shown. Imparting an electrostatic state to pulp and paper materials was evaluated by the surface potential values, electrostatic field intensity, and effective surface electric charge density. The surface energy decreases by 20–25 % on average while processing with the permanent corona discharge of the initial samples of cardboard and cardboard modified with starch or polylactide. As a result, the absorbency of the modified cardboard with full immersion grows less than that of the original cardboard, and the absorption time of a drop of water increases in approximately 1.3 times.

**For citation:** Basirova S.I., Galikhanov M.F., Galeeva L.R. Surface Properties of Modified Cardboard. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 6, pp. 233–240. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.233

**Keywords:** cardboard, biodegradable polymers, composite materials, corona discharge, wetting, surface energy.

Поступила 25.07.19 / Received on July 25, 2019

---

\*The article was prepared based on the proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference “The Issues in Mechanics of Pulp-and-Paper Materials” (Arkhangelsk, September 11–14, 2019).