

УДК 661.728.7

Электромеханические факторы в проявлениях и применениях концепции Б.Н. Уголева о древесине как «умном» материале

Классен Николай Владимирович^{1(*)}

klassen@issp.ac.ru

SPIN-код: 9911-3313

Винокуров Сергей Алексеевич¹

sergvinn@issp.ac.ru

SPIN-код: 2746-1097

Горбачева Галина Александровна²

gorbacheva@bmstu.ru

SPIN-код: 4154-5542

Санаев Виктор Георгиевич²

sanaev@bmstu.ru

SPIN-код: 4188-2004

¹ Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна РАН,
Московская обл., Черноголовка, Россия

² МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московская обл., Мытищи, Россия

Аннотация. Концепция Б.Н. Уголева об «умной» древесине дополняется самоорганизацией на стенках капилляров слоев из молекул воды, ориентированных связями с целлюлозой. Суперпозиция их дипольных моментов увеличивает пьезоэлектрические модули капилляров, усиливая электромеханическую связь. Она дает вклад в эффект памяти формы и возбуждение электромеханических волн, определяющих доставку питательных веществ, сенсорных и управляющих сигналов. При переработке древесных отходов электромеханическими факторами объединяются утилизация отходов с экологичными производствами целлюлозы и водорода.

Ключевые слова: эффект памяти формы, пьезоэлектричество, водородные связи, электромеханические волны, утилизация древесных отходов, альтернативная энергетика, получение целлюлозы и водорода электролизом

Введение. Б.Н. Уголев, развивая концепцию древесины как «умного» материала [1], яркое проявление которой — эффект памяти формы, подчеркивал важную роль в его формировании изменений влажности древесины [1]. В 2019 г. мы предположили [2], что функциональные характеристики древесины (перенос питательных веществ, деформации и др.) в значительной мере определяются пьезоэлектрическими процессами в капиллярах, регулируемыми деформацией и распространением электромеханических волн. Результаты экспериментов о формировании особой структуры из нескольких слоев молекул воды на ее границах с твердыми материалами дают дополнительные аргументы в пользу такой электромеханики [3]. Ориентационное упорядочение молекул воды целлюлозными нитями капилляров многократно усиливает пьезоэлектричество древесины [4].

Методы и материалы; результаты. По простым оценкам особая структура из молекул воды, ориентированных водородными связями с целлюлозными волокнами капиллярных стенок, не только усиливает пьезоэлектрические

коэффициенты между электрическими полями и деформациями, но и заметно повышает упругие модули этих композиций. Это заметно ускоряет сенсорные и управляющие сигналы растений, а также повышает эффективность переноса питательных веществ. За счет взаимосвязи этих явлений формируется не только эффект памяти формы, но и множество других свойств, присущих древесине как «умному» материалу: способность выдерживать сильные и многократные деформации, быстро восстанавливаться после серьезных повреждений перераспределением питательных веществ и т. д. С другой стороны, электро-механические свойства «умной» древесины, в значительной мере обеспечивающие уникальную жизнестойкость древесных насаждений, создают серьезную базу для разработок новых эффективных и экологичных материалов и технологий. Например, электролизом измельченных древесных отходов обеспечивает экологичная и экономичная делигнификация целлюлозы, потребность в которой быстро возрастает. И в этом же процессе со значительной экономией электроэнергии не только образуется водород, остро необходимый для альтернативной энергетики, но и создаются механически и химически прочные капсулы для экономичного и технологичного аккумулирования и хранения этого водорода [5].

Заключение. Образование на стенках растительных капилляров слоев из ориентированных молекул воды усиливает электромеханические связи деформаций с электрическими полями. Этим обеспечивается существенное влияние влажности на преобразования структуры и формы древесины.

Список источников

- [1] Ugolev B.N. Wood as a natural smart material. *Wood Sci Technol*, 2014, vol. 48, pp. 553–568.
- [2] Sanaev V.G., Gorgacheva G.A., Galkin V.P., Klassen N.V., Vinokurov S.A. Prospects for using unique physicochemical properties of plants and their ability for self-regeneration in space. *AIP Conf. Proc.*, 2019, vol. 2171, pp. 180002-1–180002-7.
- [3] Jimenes-Angeles F. et al. Nonreciprocal interactions induced by water in confinement. *Phys. Rev. Research*, 2020, vol. 2, art. no. 043244. 10.1103/PhysRevResearch.2.043244
- [4] Vinokurov S.A., Tsebruk I.S., Betenina T.D., Klassen N.V. Modulation of structure and optical properties micro-fibrils of plants by means of electrical, deformation and optical treatments. *Journal of Physics Conference Series*, 2020, vol. 1560, art. no. 012042.
- [5] Классен Н.В., Топоркова А.А., Горбачева Г.А., Санаев В.Г. Экологичное получение целлюлозы электролизом древесных отходов. *Русский инженер. II Всерос. конгресс: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 270–271.