

УДК 632.151

## Об экологии и экономике инноваций в переработке древесных отходов

Классен Николай Владимирович

klassen@issp.ac.ru  
SPIN-код: 9911-3313*Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипяна РАН,  
Московская обл., Черноголовка, Россия*

**Аннотация.** Разработаны экологически безвредные методики электролиза водных суспензий из измельченных древесных отходов, позволяющие в едином процессе при значительной экономии энергозатрат получать волокна оптически прозрачной целлюлозы, аккумулированный в механически прочные капсулы водород для альтернативной энергетики и химических технологий, а также микрокристаллы ванилина и фенолов для кулинарии и фармацевтики.

**Ключевые слова:** экология, целлюлоза, водородная энергетика, сбережение лесов, физиология растений, электролиз

**Введение.** Решение экологической проблемы повсеместной замены плохо утилизируемых синтетических полимеров экологичными изделиями из биосовместимой целлюлозы создает не менее острую экологическую проблему радикального изменения действующей технологии ее производства. Сейчас почти вся целлюлоза производится из измельченной древесины (получаемой массовой вырубкой лесов) ее вывариванием в токсичных водных растворах, наносящих серьезный вред и окружающей местности, и грунтовым водам. Нами было обнаружено [1, 2], что древесные компоненты с заполненными водой микрокапиллярами проявляют высокую электрическую активность в виде аномально больших пьезоэлектрических коэффициентов, быстрых переключений электросопротивления при внешних воздействиях, высокой скорости движения электросигналов вдоль капилляров и т. д. На основе этих наблюдений и данных о структурных и электрических особенностях молекулярных слоев воды на границах в твердых средах [3] были разработаны экологичные и экономичные методики получения целлюлозы и водорода [4, 5].

**Методы и материалы; результаты.** Изучался электролиз суспензий из воды и измельченных древесных отходов (опилок, стружек, щепок). В полях порядка 100 в/см за минутные времена на поверхности суспензии возникала пена из механически прочных пузырьков, а внутри наблюдалось формирование оптически прозрачных волокон целлюлозы [4, 5]. По мере высыхания раствора, оставшегося после отделения пены и целлюлозы, формировались микрокристаллиты ванилина и фенолов. Пена оставалась в стабильном состоянии десятки минут, но при воздействии электрической искры взрывалась, за доли секунды заполняя продуктами взрыва многократно увеличенный объем. Такое поведение пены объясняется накоплением горючего газа (скорее

всего — водорода) в оболочках из органических молекул, ранее формировавших мембраны клеток и лигнин. Сопоставление с традиционными технологиями вываривания древесной пульпы и электролиза воды энергозатрат на получение таким образом целлюлозы и водорода показывает, что в нашем случае они меньше в несколько раз. Это объясняется тем, что растворение связывающего целлюлозу лигнина при действии электрического поля на границу воды и капиллярной стенки значительно облегчается разориентировкой молекул воды, первоначально закрепленных на этой границе. А растворение лигнина, исходно содержащего большое количество связанного водорода, в свою очередь значительно увеличивает производительность по водороду.

**Закключение.** Совместные разработки ИФТТ РАН и МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана по электролизу древесных отходов заметно улучшают экологию производства целлюлозы устранением варки древесной пульпы в токсичных химикатах, отказа от вырубki лесов и экономии электроэнергии, а также параллельного экономичного производства и аккумулялирования водорода для альтернативной энергетики, сопровождаемого получением востребованных кулинарией и фармацевтикой ванилина и фенолов.

#### Список источников

- [1] Sanaev V.G., Gorbacheva 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. <https://doi.org/10.1063/1.5133343>
- [2] Jimenes-Angeles F. et al. Nonreciprocal interactions induced by water in confinement. Phys. Rev. Research, 2020, vol. 2, art. no. 043244. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.043244>
- [3] 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 C, Conference Series, 2020, vol. 1560, art. no. 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1560/1/012042>
- [4] Классен Н.В., Топоркова А.А., Горбачева Г.А., Санаев В.Г. Экологичное получение целлюлозы электролизом древесных отходов. *Русский инженер: II Всерос. конгресс с междунар. уч.: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 270–271.
- [5] Классен Н.В., Топоркова А.А. Экономичное получение и аккумулялирование водорода электролизом растительных материалов. *Русский инженер: II Всерос. конгресс с междунар. уч.: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 268–269.