

УДК 691.112

Обеспечение энергией экологичных зданий будущего: многофункциональная прозрачная древесина, защищающая от ультрафиолетового излучения

Caichao Wan^(*)

wancaichaojy@163.com

College of Materials and Energy, Central South University of Forestry and Technology,
Changsha, P. R. China

Аннотация. Прозрачная древесина (ПД) с защитой от УФ-излучения является очень перспективным материалом, однако, найти баланс между блокированием УФ-излучения и пропусканием видимого света крайне сложно. Использован метод пропитки с применением сверхкритического флюида CO_2 под высоким давлением для внедрения Ce-ZnO наностержней (NRDs) в ПД. Наностержни Ce-ZnO благодаря двухвалентному легированию церием, уникальной фотоактивной структуре и физическому рассеиванию, обеспечивают Ce-ZnO NRDs@TW способность блокировать 99,6 % УФ-А излучения, сохраняя при этом 83,2 % пропускания видимого света. Материал также обладает энергосберегающими, звукопоглощающими и антигрибными свойствами, что идеально подходит для экологичных зданий.

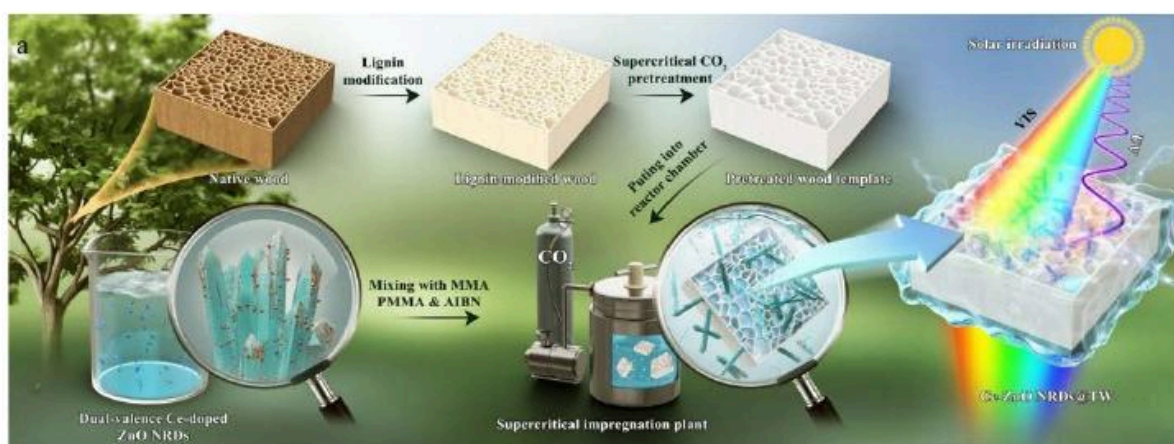
Ключевые слова: прозрачная древесина, защита от ультрафиолета, энергоэффективность, многофункциональность, здания будущего

Введение. Ультрафиолетовое излучение (УФИ) представляет серьезную угрозу для здоровья, однако распространенные строительные материалы, такие как стекло, обеспечивают недостаточную защиту [1], а прозрачная древесина (ПД) обычно не обладает функцией УФ-экранирования [2]. Существующие разработки по созданию УФ-блокирующей ПД сталкиваются с трудностями в достижении баланса между высоким светопропусканием в видимой области и эффективным поглощением УФ-излучения, проблемами масштабирования производства и отсутствием биологической проверки эффективности.

Для решения этих задач мы разработали высокоэффективный композит на основе ПД, пропитав делигнифицированный древесный каркас ПММА и наностержнями оксида цинка, легированного церием (Ce-ZnO NRDs), с помощью процесса с применением сверхкритического CO_2 . Этот метод обеспечивает равномерное распределение, позволяет получить крупноформатный (дециметрового размера) материал, который обеспечивает почти полную защиту от УФ-А излучения для кожи и ДНК в моделях на мышах, значительно превосходя обычное стекло. Одновременно композит демонстрирует высокое светопропускание в видимой области, превосходную механическую прочность, а также значительные тепло- и звукоизоляционные свойства.

Методы и материалы; результаты. Композит, защищающий от УФ-излучения, на основе прозрачной древесины (ПД) был получен следующим образом. Сначала проводили делигнификацию древесины липы с помощью щелоч-

ного раствора пероксида при 70 °С. Наностержни оксида цинка, легированного церием (Ce–ZnO NRDs), были синтезированы гидротермальным методом из ацетата цинка, нитрата церия и лимонной кислоты. Затем делигнифицированную древесину подвергали предварительной обработке сверхкритическим CO₂ для удаления влаги и экстрактивных веществ, после чего проводили пропитку под высоким давлением (24 МПа, 55 °С, 48 ч) смесью MMA, ПММА, Азобиси-зобутиронитрил (AIBN) и Ce–ZnO NRDs (0,1–1,0 мас. %). Полимеризацию инициировали повышением температуры до 70 °С, а конечный продукт Ce–ZnO NRDs@TW получали после контролируемого сброса давления (см. рисунок).



Принципиальная схема получения прозрачной древесины, защищенной от ультрафиолета

Заключение. В данном исследовании был успешно разработан многофункциональный прозрачный древесный композит с УФ-защитой с использованием метода пропитки с применением сверхкритического CO₂. Данный метод позволил улучшить проникновение ПММА на 71,3 % и обеспечить равномерное распределение наностержней ZnO, легированных церием. Оптимизированный композит блокирует 99,6 % излучения УФ-А диапазона, сохраняя при этом пропускание видимого света на уровне 83,2 %. Проверка на моделях у мышей подтвердила значительную защиту кожи и ДНК от повреждений ультрафиолетом. Материал также обладает комплексными энергосберегающими, звукопоглощающими и антигрибными свойствами, демонстрируя значительный потенциал в качестве экологичной альтернативы стеклу в строительстве зданий и в производстве транспортных средств.

Список источников

- [1] Grandahl K., Eriksen P., Ibler K.S. et al. Measurements of solar ultraviolet radiation exposure at work and at leisure in Danish workers. *Photochemistry and Photobiology*, 2018, vol. 94, pp. 807–814. <https://doi.org/10.1111/php.12920>
- [2] Qiu Z., Xiao Z., Gao L. et al. Transparent wood bearing a shielding effect to infrared heat and ultraviolet via incorporation of modified antimony-doped tin oxide nanoparticles. *Composites Science and Technology*, 2019, vol. 172, pp. 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.005>