



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0155

Syntéza, kompatibilizácia a transport komponentov multifunkčných systémov vhodných na stabilizáciu celulóзовých materiálov

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Milan Králik, PhD.**

Príjemca

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská technická univerzita v Bratislave – Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Bez spolupráce

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Podaná patentová prihláška:

Pôvodcovia: M. Jablonský, M. Králik, B. Horváth, K. Vizárová, S. Katuščák. Prihlasovateľ: STU Bratislava, PP 50036-2022, dátum podania prihlášky 30.07.2022: Spôsob deacidifikácie pórovitých celulóзовých materiálov a tvorby alkalickej rezervy v nich.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Najvýznamnejšie publikácie (všetky CC):

1. Jablonsky, M., Šima, J., & Lelovsky, M. (2020). Considerations on factors influencing the degradation of cellulose in alum-rosin sized paper. Carbohydrate polymers, 245, 116534. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116534>
2. Jablonský, M., & Šima, J. (2020). Stability of alum-containing paper under alkaline conditions. Molecules, 25(24), 5815. <https://doi.org/10.3390/molecules25245815> .
3. Jablonsky, M., & Šima, J. (2021). Oxidative degradation of paper—A minireview. Journal of Cultural Heritage, 48, 269-276.
4. Vizárová, K., Vajová, I., Krivoňáková, N., Tiňo, R., Takáč, Z., Vodný, Š., & Katuščák, S. (2021). Regression Analysis of Orthogonal, Cylindrical and Multivariable Color Parameters for Colorimetric Surface pH Measurement of Materials. Molecules, 26(12), 3682. <https://doi.org/10.3390/molecules26123682> .
5. Hroboňová, K., Jablonský, M., Králik, M. and Vizárová, K., 2022. Advanced sampling, sample preparation and combination of methods applicable in analysis of compounds in aged and deacidified papers. A minireview. Journal of Cultural Heritage. Article in press. m5G; May 24, 2022;4:24. DOI:10.1016/j.culher.2022.05.002 .
6. Kaszonyi, A., Izsák, L., Králik, M. and Jablonsky, M., 2022. Accelerated and Natural Aging of Cellulose-Based Paper: Py-GC/MS Method. Molecules, 27(9), p.2855.

DOI:10.3390/molecules27092855.

7. Jančíková, V., Jablonský, M., Voleková, K. and Šurina, I., 2022. Summarizing the Effect of Acidity and Water Content of Deep Eutectic Solvent-like Mixtures—A Review. *Energies*, 15(24), p.9333. DOI:10.3390/en15249333.

8. Jablonský, M. and Šima, J., 2022. Let's Contribute to Protecting our Planet by Reducing the Brightness of Paper: Less is More. *BioResources*, 17(4), p.5565-5567. DOI: 10.15376/biores.17.4.5565-5567.

9. Jablonský, M. and Šima, J., 2022. Is it correct to name DESs deep eutectic solvents?. *BioResources*, 17(3), p.3880-3882. DOI: 10.15376/biores.17.3.3880-3882.

10. Danielík, V., Králik, M., Ambrová, M., Jurišová, J., Jablonský, M., Vizárová, K. and Vajová, I., 2022. Two level deacidification mathematical model for the description of transport of solid alkaline particles and diffusion of ions in a treated acid paper. *Cellulose*. In press. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2384620/v1>.

11. Králik, M., Katuščák, S., Fellner, P., Vizárová, K., Tiňo, R., Malečková, S., Jablonský, M., Danielík, V., Ambrová, M., Jurišová, J., Horváth, B., 2023, Hydrotalcites as promising candidates for deacidification and preservation of cellulosic cultural heritage objects. *Journal of Cultural Heritage*. Prijaté na publikovanie. <https://ssrn.com/abstract=4330690>.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledkom riešenia projektu sú nové deacidifikačné/stabilizačné/konzervačné systémy na báze hydrotalkitov (HT). Systém na princípe „in situ“ generovaných HT, ktorý používa organokovové zlúčeniny hliníka a horčíka s alkoholmi, étermi a fluórovanými uhlíkovodíkmi, je konkurentom Papersave Swiss procesu, v ktorom sa tiež používajú organokovové zlúčeniny, ale používa sa drahé rozpúšťadlo – hexametyldisiloxán. Navyše, pre postup s HT nie je potrebné predsušiť papier do takej hĺbky ako v prípade Papersave procesu. Postup podľa tohto projektu je chránený prihláškou vynálezu. V prípade osobitne pripravených disperzií HT v málopolárnych nosičoch je postup podľa tohto projektu konkurentom Bookkeeper procesu, respektíve sa môže využívať kombinácia s mikrometrickými časticami MgO, prípadne s ďalšími bázičnými zložkami.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt bol riešený ako základný výskum so zameraním na opis detailov procesov na molekulárnej úrovni, s osobitným dôrazom na interakciu vody so zložitou štruktúrou celulózy (celulóзовé vlákna, makrofibrily, mikrofibrily, zväzky polymérnych celulóзовých reťazcov). Voda je prítomná ako viazaná a neviazaná – voľne pohyblivá. Obsah vody ovplyvňuje napučiavanie vlákien a transport komponentov. Pozornosť bola venovaná aj komplexným hydrolyticko-oxidačným mechanizmom degradácie celulózy. Toto bolo zohľadnené v originálnom modeli na opis fungovania deacidifikačného pôsobenia, v návrhu deacidifikačných systémov a možnosti optimalizácie kondicionačných postupov. Boli vyvinuté nové postupy prípravy hydrotalkitov (HT) „in situ“ a ako disperzií v kvapalných nepolárnych prostrediach, pričom pomer horčíka a hliníka bol vyšší ako 4,5. Aplikačné skúšky ukázali na vhodnosť týchto materiálov na deacidifikáciu a konzerváciu zostarnutých celulóзовých objektov kultúrneho dedičstva, osobitne kníh, ktoré boli vyrobené na kyslom papieri. Využilo sa komplexné analytické hodnotenie na báze distribúcie deacidifikačných komponentov, pH, farebnosti a mechanických skúšok. Špeciálnu pozornosť si zasluhuje metóda analýzy distribúcie komponentov na základe RTG vlnovo-disperznej analýzy, ktorá je rádovo presnejšia ako RTG energo-disperzná analýza. V rámci riešenia vznikla jedna prihláška patentu, 11 CC publikácií, 4 CA publikácie a 25 príspevkov na konferenciách. Do projektu boli zapojení aj študenti: Jedna (obhájená) dizertačná práca, štyri diplomové práce, tri bakalárske práce a dve práce študentskej vedeckej činnosti. Vyvinuté originálne prípravy HT a deacidifikačných systémov sú vhodné na rozpracovanie do masového meradla.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The project was solved as a basic research focused on process details at a molecular level with a special emphasis on an interaction of water with a complex structure of cellulose (cellulose fibres, macrofibrils, microfibrils, bundles of polymer cellulose chains). The content of water affects the swelling of fibres and transport of components. Attention has been paid

to complex hydrolytic-oxidation mechanisms of cellulose degradation. These phenomena were considered in an original model describing the deacidification process, in the design of deacidifying systems and possibilities of the optimization of post-treatment processes. New „in situ“ and „dispersion like“ procedures for the hydrotalcite (HT) preparation were found, whereas the atomic ratio Mg:Al was higher than 4.5. Application tests proved suitability of these materials for deacidification and preservation of aged cellulosic objects of cultural heritage, particularly books, which were manufactured on an acid paper. A complex evaluation based on pH, colour and mechanical tests was carried out. The method based on the RTG wavelength dispersion was found to deserve a peculiar attention. One patent application, 11 CC papers, 4 CA papers and 25 conference contributions were prepared in the framework of this project. Students were also involved into the project solution: One defended PhD thesis, four Diploma Theses, three Bc Theses and two Student research activity. The developed original procedures for the preparation of HT and deacidifying systems are suitable for elaboration into mass scale.