

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262994

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF KAOLINITE-BASED GRANULAR ADSORBENTS FOR THE REMOVAL OF Cu(II), Cd(II), Co(II), Zn(II), and Cr(VI) FROM CONTAMINATED WATER (p. 6–13)

Yurii Kholodko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2514-767X>

Antonina Bondarieva

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3064-1725>

Viktoriia Tobilko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1800-948X>

Volodymyr Pavlenko

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3896-8653>

Oleksandr Melnychuk

V. P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry (IBOPC) of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6664-0006>

Vladislav Glukhovskiy

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3917-174X>

The object of this study is granular adsorbents based on kaolinite and zero-valent iron. The ceramic mass for their preparation contained polyvinyl alcohol as a powder-forming additive. It was established that its addition in quantities of 1.8–3.3 % practically does not change the porosity of the granules but increases their strength. X-ray phase and chemical analyzes confirmed the presence of a layer of zero-valent iron on the surface of the granules. The structural and adsorption characteristics of adsorption materials have been studied and the calculations of the main parameters of their porous structure were carried out. It is shown that when modifying granules with zero-valent iron, there is a decrease in the specific surface area and micropores volume for samples without a powder-forming additive by almost 2 times compared to the original granules. Moreover, these values almost do not change for samples obtained with the addition of polyvinyl alcohol. It was found that the application of the reaction layer to the granules leads to a significant increase in their adsorption capacity with respect to heavy metal ions Cu(II), Cd(II), Co(II), Zn(II), and Cr(VI). It has been shown that the resulting adsorbents can be used for wastewater treatment containing a mixture of these toxicants. It was found that the values of maximum adsorption on modified samples are 10–20 times higher than those for the original granules. A feature of the obtained adsorbents is the ability to simultaneously remove metal ions, both in the form of cations and anions. A significant increase in the adsorption values of Cr(VI) anionic forms, which are difficult to remove from water by natural ion exchangers, has been established.

It has been shown that granules based on kaolinite and zero-valent iron are effective adsorbents for water purification from heavy metal ions. The resulting materials can be used for wastewater treatment of electroplating industries and hydrometallurgical industry.

Keywords: granular adsorbents, kaolinite, zero-valent iron, water purification, heavy metal mixture.

References

1. Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., Beer-egowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7 (2), 60–72. doi: <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
2. Saleh, T. A., Mustaqeem, M., Khaled, M. (2022). Water treatment technologies in removing heavy metal ions from wastewater: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 17, 100617. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100617>
3. Aboudi Mana, S. C., Hanafiah, M. M., Chowdhury, A. J. K. (2017). Environmental characteristics of clay and clay-based minerals. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1 (3), 155–161. doi: <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1361128>
4. Singh, N. B., Nagpal, G., Agrawal, S., Rachna (2018). Water purification by using Adsorbents: A Review. *Environmental Technology & Innovation*, 11, 187–240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.05.006>
5. Renu, Agarwal, M., Singh, K. (2016). Heavy metal removal from wastewater using various adsorbents: a review. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7 (4), 387–419. doi: <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.104>
6. Gu, S., Kang, X., Wang, L., Lichtfouse, E., Wang, C. (2018). Clay mineral adsorbents for heavy metal removal from wastewater: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 17 (2), 629–654. doi: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0813-9>
7. Hassan, E.-S., Selim, K., Rostom, M., Youssef, M., Abdel Khalek, N., Abdel Khalek, M. (2020). Surface modified bentonite mineral as a sorbent for Pb²⁺ and Zn²⁺ ions removal from aqueous solutions. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 145–157. doi: <https://doi.org/10.37190/ppmp/127833>
8. Saito, T., Shiraiwa, N., Morioka, Y., Akagi, K., Nakayama, K. S., Adschiri, T., Asao, N. (2019). Granular Barium Titanate Nanowire-Based Adsorbents for the Removal of Strontium Ions from Contaminated Water. *ACS Applied Nano Materials*, 2 (11), 6793–6797. doi: <https://doi.org/10.1021/acsanm.9b01737>
9. Mukherjee, R., Kumar, R., Sinha, A., Lama, Y., Saha, A. K. (2015). A review on synthesis, characterization, and applications of nano zero valent iron (nZVI) for environmental remediation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46 (5), 443–466. doi: <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1103832>
10. Yin, Y., Zheng, W., Yan, A., Zhang, C., Gou, Y., Shen, C. (2021). A Review on Montmorillonite-Supported Nanoscale Zerovalent Iron for Contaminant Removal from Water and Soil. *Adsorption Science & Technology*, 2021, 1–19. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9340362>
11. Bondarieva, A. I., Tobilko, V. Y., Kholodko, Y. M., Kornilovych, B. Y., Zahorodniuk, N. A. (2022). Efficient removal of arsenic(V) from water using iron-containing nanocomposites based on kaolinite. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 11–18. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-140-1-11-18>

12. Kovalchuk I., Pylypenko I., Tobilko B., Kornilovych B. (2021). Sorption of ions Cu(II), Cd(II), Co(II), Zn(II), and Cr(VI) by a composite sorbent on the base of nano-sized iron. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 4, 70–76. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.04.070>
13. Kovalchuk, I. A., Tobilko, V. Y., Bondarieva, A. I., Kholodko, Y. M., Kornilovych, B. Y. (2020). Water purification from heavy metal ions by nano-sized Fe0/kaolinite composites. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 11, 96–103. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.11.096>
14. ISO 10545-3:2018(en). Ceramic tiles – Part 3: Determination of water absorption, apparent porosity, apparent relative density and bulk density. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10545:-3:ed-2:v1:en>
15. Kato, T., Ohashi, K., Fuji, M., Takahashi, M. (2008). Water absorption and retention of porous ceramics fabricated by waste resources. Journal of the Ceramic Society of Japan, 116 (1350), 212–215. doi: <https://doi.org/10.2109/jcersj2.116.212>
16. Rouquerol, J., Rouquerol, F., Llewellyn, P., Maurin, G., Sing, K. S. (2012). Adsorption by powders and porous solids: principles, methodology and applications. Academic press. doi: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66232-8>
17. Kuila, U., Prasad, M. (2013). Specific surface area and pore-size distribution in clays and shales. Geophysical Prospecting, 61 (2), 341–362. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2478.12028>
18. Langmuir, D. (1997). Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, 600.
19. Li, L., Hu, J., Shi, X., Fan, M., Luo, J., Wei, X. (2016). Nanoscale zero-valent metals: a review of synthesis, characterization, and applications to environmental remediation. Environmental Science and Pollution Research, 23 (18), 17880–17900. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6626-0>
20. Stumm, W. (1992). Chemistry of the solid-water interface: processes at the mineral-water and particle-water interface in natural systems. John Wiley & Son Inc., 448.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263367
ESTABLISHING A DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF LOW-PRESSURE REVERSE OSMOTIC MEMBRANES ON THE LEVEL OF WATER MINERALIZATION (p. 14–23)

Mykola Gomelya

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

Anna Vakulenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1035-9175>

Iryna Makarenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7895-2664>

Tetyana Shablii

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6710-9874>

This paper has established the dependence of the effectiveness of the reverse-osmotic low-pressure membranes Filmtec TW30-1812-50

on the initial concentrations of sulfate and sodium chloride in the range of 20–1000 mg/dm³ at the degrees of permeate selection of 1–90 % with the use of pressure of 3.6–10.0 atm. The dynamics of increasing the content of sulfates and chlorides in concentrates with an increase in the degree of permeate selection, selectivity, productivity, and filtration coefficient of the membrane have been determined. The conditions for calculating the membrane performance depending on the working pressure for sodium sulfate and sodium chloride have been defined.

It is shown that the concentrations of sulfates and chlorides in permeates depend on their initial concentration in solutions and increase both with an increase in the initial concentration and with an increase in the degree of permeate selection. The latter factor is quite significant at the initial concentrations of chlorides and sulfates at a concentration of 1000 mg/dm³. The productivity of the membrane increases with a decrease in the salt content in water and decreases as the degree of permeate selection increases, which leads to an increase in the concentration of salts in the premembrane space.

The selectivity of the membrane increases with increasing concentration of sodium sulfate and sodium chloride solutions in solutions, despite a certain increase in salt concentrations in permeates. For solutions of Na₂SO₄ and NaCl (20–1000 mg/dm³) at their reverse-osmotic desalting on the membrane, the filtration coefficients have constant values. For these initial concentrations, the filtration coefficient for Na₂SO₄ is 3.4–3.8 dm³/(m²·atm), and for NaCl – 2.6–3.2 dm³/(m²·atm). The data reported here allow us to conclude about the permissible level of mineralization, at which it is advisable to use reverse-osmotic low-pressure membranes. It is shown that an increase in the concentration of salts in concentrates leads to an increase in osmotic and working pressures.

Keywords: water demineralization, reverse osmosis, low-pressure membranes, permeate, concentrate.

References

1. Gomelya, M., Hrabitchenko, V., Trokhymenko, A., Shablii, T. (2016). Research into ion exchange softening of highly mineralized waters. Easten-Europen journal of Enterprise Technologies, 4 (10 (82)), 4–9. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.75338>
2. Julien, D., Alain, D. (2011). Comparison of adsorption models for study of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ removal from aqueous solutions by anion exchange. *Journal of Hazardous Materials*, 1-3, 300–307. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.03.049>
3. Darracq, G., Joyeux, J. (2014). Kinetic and isotherm studies on perchlorate sorption by ion-exchange resins in drinking water treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 3, 123–131. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.06.002>
4. Lazar, L., Bandrabur, B., Tataru-Fărnuș, R-E., Drobotă, M., Bulgariu, La., Gutt, G. (2014). FTIR analysis of ion exchange resins with application in permanent hard water softening. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13 (9), 2145–2152. doi: <http://doi.org/10.30638/eemj.2014.237>
5. Naidu, L., Saravanan, S., Chidambaram, M., Goel, M., Das, A., Sarat, J., Babu, C. (2015). Nanofiltration in transforming surface water into healthy water: comparison with reverse osmosis. *Journal of Chemistry*, 2015, 1–6. doi: <http://doi.org/10.1155/2015/326869>
6. Gomelia, M. D., Trus, I. M., Grabitchenko, V. M. (2014). Nanofiltratciine oprisnennia slabomineralizovanikh vod. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1(1), 98–102. Available at: <http://vhht.dp.ua/wp-content/uploads/pdf/2014/1/23.pdf>
7. Goncharuk, V., Kavitskaya, A., Skil'skaya, M. (2011). Nanofiltration in drinking water supply. *Water Treatment and Demin-*

- eralization Technology, 33, 37–54. doi: <http://doi.org/10.3103/s1063455x11010073>
8. Prodanovic, J., Vasic, V. (2013). Application of membrane processes for distillery wastewater purification (a review). *Desalination and water treatment*, 51 (16-18), 3325–3334. doi: <http://doi.org/10.1080/19443994.2012.749178>
 9. Curcio, E. E., Ji, X., Quazi, A. M. (2010). Hybrid Nano filtration membrane crystallization system for the treatment of sulfate wastes. *Journal of Membrane Science*, 360 (1-2), 493–498. doi: <http://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.05.053>
 10. Homelia, M. D., Trus, I. M., Radovenchuk, Ya. V. (2014). Vplyanye stablyzatsyonnoi obrabotky vodi na slabokyslotnom katyonyte v kysloi forme na kachestvo nanofyltratsyonnoho opresneniya shakhtnoi vodi. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Chernihivskoho universytetu*, 5, 100–105.
 11. Altaee, A., Zaragoza, G., Tonningen, R. (2014). Comparison between forward osmosis-reverse osmosis and reverse osmosis processes for seawater desalination. *Desalination*, 336, 50–57. doi: <http://doi.org/10.1016/j.desal.2014.01.002>
 12. Sayyad, S., Kamthe, N., Sarvade, S. (2022). Design and simulation of reverse osmosis process in a hybrid forward osmosis-reverse osmosis system. *Chemical Engineering Research and Design*, 183, 210–220. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.05.002>
 13. Brika, B., Omran, A., Greesh, N., Abutartour, A. (2019). Reuse of reverse osmosis membranes – case study: Tajoura reverse osmosis desalination plant. *Iranian Journal of Energy and Environment*, 10 (4), 269–300. doi: <http://doi.org/10.5829/ijee.2019.10.04.11>
 14. Hunter, R., Dvorak, B. (2012). Brine reuse in ion-exchange softening: salt discharge, hardness leakage, and capacity tradeoffs. *Water Environment Research*, 84 (6), 535–543. doi: <http://doi.org/10.2175/106143012x13373550427354>
 15. Akhter, M., Habib, G., Qamar, S. (2018). Application of electrodiagnosis in waste water treatment and impact of fouling on process performance. *Journal of Membrane Science & Technology*, 8 (2), 1–8. doi: <http://doi.org/10.4172/2155-9589.1000182>
 16. Hilal, N., Kochkodan, V., Abdulgader, H., Mandale, S., Al-Jlil, S. (2015). A combined ion exchange–nanofiltration process for water desalination: I. sulphate-chloride ion-exchange in saline solutions. *Desalination*, 363, 44–50. doi: <http://doi.org/10.1016/j.desal.2014.11.016>
 17. Lakehal, A., Bouhidel, K. (2017). Optimization of the electrodeionization process: comparison of different resin bed configurations. *Desalination and Water Treatment*, 86, 96–101. doi: <http://doi.org/10.5004/dwt.2017.21326>
 18. Homelia, M. D., Trus, I. M., Shablii, T. O. (2014). Elektrodializne oprisnennia rozchyniv z vysokym vmistom ioniv zhorstkosti. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnichnoho universytetu*, 1 (71), 50–55.
 19. Trus, I., Hrabitchenko, V., Gomelya, M. (2014). Electrochemical processing of mine water concentrates with obtaining available chlorine. *British journal of science, education and culture*, 21, 103–108.
 20. Chen, Y., Davis, J., Nguyen, C., Baygents, J., Farrell, J. (2016). Electrochemical ion-exchange regeneration and fluidized bed crystallization for zero-liquid-discharge water softening. *Environmental Science and Technology*, 50 (11) 5900–5907. doi: <http://doi.org/10.1021/acs.est.5b05606>
 21. Trus, I. M., Hrabitchenko, V. M., Homelia, M. D. (2012). Application of aluminium coagulants for wastewater treatment from sulfates with their demineralization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (60)), 13–17. Available at: <http://journals.uran.ua/ejeet/article/view/5600>
 22. Shablii, T. O., Rysukhin, V. V., Homelia, M. D. (2011). Ochyshchennia mineralizovanykh stichnykh vod vid sulfativ ta yii pom'iakshennia. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut»*, 43, 31–38. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/15034>
 23. Lure, Yu. Yu. (1984). *Analytycheskaia khymia promishlennikh stochnikh vod*. Moscow: Khymia, 448. Available at: <http://bookshare.net/books/chem/lure-uu/1984/files/analhimprom-stokvod1984>
 24. Nabyvanets, B. Y., Sukhan, V. V., Kalabina, L. V. (1996). *Analitichna khimiia pryrodnoho seredovyschha*. Kyiv: Lybid, 304.
 25. Homelia, M. D., Trus, I. M., Radovenchuk, V. M. (2014). Evaluating the efficiency of reverse osmosis desalination after its mitigation at subacid cation resin. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 3, 32–36. Available at: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/926/925>
 26. Balakina, M. N., Kucheruk, D. D., Bilyk, Yu. S., Osipenko V. O., Shkavro, Z. N. (2013). Wastewater treatment from biogenic elements. *Journal of water chemistry and technology*, 35 (5), 386–397. doi: <http://doi.org/10.3103/s1063455x13050044>
 27. Ievleva, O. S., Honcharuk, V. V. (2015). The Material Balance Calculation of Flowsheet for Nitrate Removal from Water Solutions Using Baromembrane Methods. *Naukovi visti NTUU «KPI»*, 5, 113–118. Available at: <http://bulletin.kpi.ua/article/view/65073>
 28. DSanPiN 2.2.4-171-10. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu».

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262249

JUSTIFYING THE EXPERIMENTAL METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF LIQUID INFILTRATION IN BULK MATERIAL (p. 24–29)

Volodymyr Oliinik

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5193-1775>

Yuriy Abramov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Oleksii Basmanov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

Ihor Khmyrov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7958-463X>

The object of this study is the process of impregnation of liquid into the bulk material, in particular, into the soil. Determining the impregnation parameters is a relevant task when assessing the consequences of an emergency spill of a hazardous liquid. Infiltration of liquid into the soil leads to pollution of water resources. However, the greatest danger is the ignition of the spill of a combustible liquid.

Based on the Green-Ampt model, a mathematical description of the impregnation of liquid into bulk material was built. It is a system of two ordinary differential equations of the first order, one of which describes the reduction of the thickness of the liquid layer on the surface, and the other describes the dynamics of the impregnation of liquid into depth. The solution to the system was derived in the form of time dependence on the depth of impregnation.

An experimental study was conducted on the example of impregnation of crude oil in the sand. To this end, sand was poured into a

vertical measuring glass cylinder. After that, the liquid was poured and a video recording of the impregnation process was carried out. By processing the video recording, the depth of impregnation and the corresponding time were determined. The results of the study show that the relationship between the thickness of the liquid layer on the surface of the sand and the depth of impregnation is linear in nature: the relative deviation of linear approximation from experimental data does not exceed 3.5.

By expanding the logarithmic function contained in the solution to the system of differential equations into the Taylor series, a polynomial dependence of time on the depth of impregnation was established. To determine the coefficients of the polynomial based on the experimental data, the least squares method was used. In this case, the approximation error after the first minute after spilling does not exceed 10 %.

The proposed method could be used to account for seepage in the model of liquid spreading on the ground and the burning model of a flammable liquid spill.

Keywords: liquid spill, impregnation parameters, Green-Ampt model, porosity coefficient, bulk material.

References

- Raja, S., Tauseef, S. M., Abbasi, T., Abbasi, S. A. (2018). Risk of Fuel Spills and the Transient Models of Spill Area Forecasting. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 18 (2), 445–455. doi: <https://doi.org/10.1007/s11668-018-0429-1>
- Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*, 22 (3), 1171–1176. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1633>
- Loboichenko, V. M., Vasyukov, A. E., Tishakova, T. S. (2017). Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 14 (4), 37–41. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw-170035>
- Kustov, M. V., Kalugin, V. D., Tutunik, V. V., Tarakhno, E. V. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the atmosphere. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 92–99. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99>
- Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D. et. al. (2020). Risk Assessment for the Population of Kyiv, Ukraine as a Result of Atmospheric Air Pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10 (25), 200303. doi: <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10-25.200303>
- Huang, W., Shuai, B., Zuo, B., Xu, Y., Antwi, E. (2019). A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 61, 94–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.05.021>
- Etkin, D. S., Horn, M., Wolford, A. (2017). CBR-Spill RISK: Model to Calculate Crude-by-Rail Probabilities and Spill Volumes. *International Oil Spill Conference Proceedings*, 2017 (1), 3189–3210. doi: <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2017.1.3189>
- Zhao, X., Chen, C., Shi, C., Chen, J., Zhao, D. (2019). An extended model for predicting the temperature distribution of large area fire ascribed to multiple fuel source in tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 85, 252–258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.12.013>
- Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A., Pozdieiev, S. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>
- Kovalov, A., Otrosh, Y., Rybka, E., Kovalevska, T., Togobytska, V., Rolin, I. (2020). Treatment of Determination Method for Strength Characteristics of Reinforcing Steel by Using Thread Cutting Method after Temperature Influence. *Materials Science Forum*, 1006, 179–184. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.179>
- Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6849>
- Pan, Y., Li, M., Luo, X., Wang, C., Luo, Q., Li, J. (2020). Analysis of heat transfer of spilling fire spread over steady flow of n-butanol fuel. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 116, 104685. doi: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.104685>
- Zhao, J., Liu, Q., Huang, H., Yang, R., Zhang, H. (2017). Experiments investigating fuel spread behaviors for continuous spill fires on fireproof glass. *Journal of Fire Sciences*, 35 (1), 80–95. doi: <https://doi.org/10.1177/0734904116683716>
- Seo, J., Lee, J. S., Kim, H. Y., Yoon, S. S. (2015). Empirical model for the maximum spreading diameter of low-viscosity droplets on a dry wall. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 61, 121–129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2014.10.019>
- Abramov, Y. O., Basmanov, O. Y., Krivtsova, V. I., Salamov, J. (2019). Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/16>
- Raja, S., Abbasi, T., Tauseef, S. M., Abbasi, S. A. (2019). Equilibrium models for predicting areas covered by accidentally spilled liquid fuels and an assessment of their efficacy. *Process Safety and Environmental Protection*, 130, 153–162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.08.009>
- Meel, A., Khajehnajafi, S. (2012). A comparative analysis of two approaches for pool evaporation modeling: Shrinking versus non-shrinking pool area. *Process Safety Progress*, 31 (3), 304–314. doi: <https://doi.org/10.1002/prs.11502>
- Tokunaga, T. K. (2020). Simplified Green-Ampt Model, Imbibition-Based Estimates of Permeability, and Implications for Leak-off in Hydraulic Fracturing. *Water Resources Research*, 56 (4). doi: <https://doi.org/10.1029/2019wr026919>
- Abramov, Y. A., Basmanov, O. E., Salamov, J., Mikhayluk, A. A. (2018). Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 95–101. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/12>
- Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263583

IMPROVING A METHOD FOR ELIMINATING THE SPILL OF HAZARDOUS SUBSTANCES BY USING “UNIVERSAL ABSORBENT CLOTH” (p. 30–37)

Yuliya Zelenko

Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5551-0305>

Nicolay Calimbet

Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2209-6395>

In order to increase efficiency and implement the principles of resource saving during the elimination of emergency spills of dangerous goods when transporting them by rail, proposals have been offered to improve the method of localization and elimination of emissions of hazardous substances using the «Universal Absorbent Cloth» («UAC»).

The specificity of localization of the emergency emission site and the principles of elimination based on sorption technologies using «UAC» are described.

To manufacture «UAC», special equipment (carbonizer) was designed, which provides effective carbonization of raw materials from plant waste at sufficiently low temperatures ≤ 500 °C. Using a carbonizer, a universal sorbent was obtained, which is subsequently used for the manufacture of «UAC». The total carbonization time of plant waste samples did not exceed 60 minutes. The universal absorbent obtained during the carbonization process was placed in a fabric matrix to produce «UAC» absorbent cloth.

Standardized procedures for conducting experiments are described. Studies of the adsorption characteristics of the proposed «UAC» involving various model solutions (Gasoline A-95, 25 % solution of ammonia water, and 15 % solution of hydrogen peroxide) confirm its versatility and efficiency; the degree of purification reaches 92 %.

It is proposed to use certain types of railroad cars to transport «UAC» as part of a freight train, which is supported by the corresponding dynamic indicators. Recommendations for the regeneration or disposal of spent «UAC» cloth are provided.

The proposals for improving the method of emergency emission elimination using the «Universal Absorbent Cloth» («UAC») make it possible to minimize the negative consequences of emergency spills of liquid cargoes of different hazard classes and reduce the time spent on elimination operations. These advantages ensure the competitiveness and profitability of the proposed technology.

Keywords: environmental technologies, hazardous cargoes, localization of accidents, elimination of accidents, carbonization, universal absorbent cloth.

References

1. «Elektrovazhmash» zmozhe vziaty uchast v onovlenni rukhomoho skladu «Ukrzaliznytsi». Kharkivska oblasna viiskova administratsiya. Available at: <https://kharkivoda.gov.ua/news/108760>
2. Elagin, Y. V., Hlushchenko, Y. V., Tsapko, L. V. (2018). State and replenishment of the rolling stock in conditions of Ukrzaliznytsia reform. The bulletin of transport and industry economics, 64, 209–216. doi: <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i64.149571>
3. Lövétei, I., Kővári, B., Bécsi, T., Aradi, S. (2022). Environment Representations of Railway Infrastructure for Reinforcement Learning-Based Traffic Control. Applied Sciences, 12 (9), 4465. doi: <https://doi.org/10.3390/app12094465>
4. Kurbangaleeva, M. (2022). Improvement of Emergency Oil Spill Management Technology. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 988 (2), 022008. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/988/2/022008>
5. Zelenko, J., Kalimbet, M. (2021). Production of the sorption sheet from composite materials as a liquidation agent for spill response of hazardous materials on transport. Collection of Scientific Works of the State University of Infrastructure and Technologies Series "Transport Systems and Technologies", 1 (38), 24–35. doi: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-24-3>
6. Murray, M. L., Poulsen, S. M., Murray, B. R. (2020). Decontaminating Terrestrial Oil Spills: A Comparative Assessment of Dog Fur, Human Hair, Peat Moss and Polypropylene Sorbents. Environments, 7 (7), 52. doi: <https://doi.org/10.3390/environments7070052>
7. Tabakaev, R. B., Astafev, A. V., Ivashutenko, A. S., Yazykov, N. A., Zavorin, A. S. (2021). Changes in thermophysical characteristics of biomass with different mineralization amount during its slow pyrolysis. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov, 332 (3), 74–84. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-teplofizicheskikh-harakteristik-biomassy-s-razlichnoy-doley-mineralizatsii-v-protsesse-medlennogo-piroliza>
8. Brown, R. A., Kercher, A. K., Nguyen, T. H., Nagle, D. C., Ball, W. P. (2006). Production and characterization of synthetic wood chars for use as surrogates for natural sorbents. Organic Geochemistry, 37 (3), 321–333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2005.10.008>
9. Valeev, I. A., Gazizov, R. A. (2015). Razrabotka promyshlennoy ustanovki dlya polucheniya syr'ya, ispol'zuemogo v proizvodstve sorbenta meditsinskogo naznacheniya. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta, 18 (15), 56–59. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24296313>
10. Bulauka, Y. A., Mayorava, K. I., Ayoub, Z. (2018). Emergency sorbents for oil and petroleum product spills based on vegetable raw materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 451, 012218. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/451/1/012218>
11. Osokin, V. M., Somin, V. M. (2013). Issledovaniya po polucheniyu novykh sorbentov iz rastitel'nogo syr'ya dlya ochistki vody. Polzunovskiy vestnik, 1, 280–282. Available at: https://journal.altstu.ru/media/f/old2/pv2013_01/pdf/280osokin.pdf
12. Davydova, S. L. (2004). Neft' i nefteprodukty v okruzhayushey srede. Moscow: Izd-vo RUDN, 163.
13. Glazkova E. A. (2003). Novyy sinteticheskii sorbtionniy material. Khimiya nefti i gaza. Tomks: IOA SO RAN, 592.
14. Anurov, S. A., Anurova, T. V., Klushin, V. N. i dr. (2011). Poluchenie uglerodnykh adsorbentov iz rastitel'nykh otkhodov. Karbonizatsiya syr'ya. Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Issledovano v Rossii».
15. Khokhlov, A., Khokhlova, L. (2021). Development of biocarbon sorbent from corn waste with increased destructive activity in relation to oil. Technology Audit and Production Reserves, 4 (3 (60)), 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.238342>
16. Borghetti, F., Malavasi, G. (2016). Road accessibility model to the rail network in emergency conditions. Journal of Rail Transport Planning & Management, 6 (3), 237–254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2016.10.001>
17. Conca, A., Ridella, C., Saponi, E. (2016). A Risk Assessment for Road Transportation of Dangerous Goods: A Routing Solution. Transportation Research Procedia, 14, 2890–2899. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.407>
18. Šolc, M., Hovanec, M. (2015). The Importance of Dangerous Goods Transport by Rail. Naše More, 62 (3), 181–186. doi: <https://doi.org/10.17818/nm/2015/si17>
19. Soroka, M. L., Yaryshkina, L. A. (2012). Technology for the oil spills clean-up which provides preliminary accumulation of sorbents into the area of emergence and localization oil spills. Science and Transport Progress, 42 (12), 45–55. Available at: <http://stp.diit.edu.ua/article/view/9275/8035>
20. Tkan' fil'troval'naya TGF-8 (56035). Available at: https://epicentrk.ua/shop/tkan-filtrovalnaya-tgf-8-56035.html?ssh=revenue&glid=Cj0KCQjAKuP9BRCKARIsAKGLE8V7AXF7PBj8iYH0ZnXM7_lDMfHy3o5zovisrBvI-x65f3RwcRSZegaAp0WEALw_wcB
21. MVV No. 081/12-0116-03. Grunty. Metodyka vykonannya vymiryuvan masovoi chastky naftoproduktiv hravimetrychnym metodom. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76437

22. Zelenko, Yu. Myamlin, S., Sandovskiy, M. (2014). Scientific foundation of management of the environmental safety of oil product turnover in railway transport. Dnipropetrovsk: Lithographer Publ, 332.
23. Zelenko, Yu. (2010). The new technology of liquidation of Transport Accidents Involving Oil Products. *Journal of Transport Problems*, 5 (1), 83–89.
24. Zelenko, Yu. (2010). Developing the actions on the mitigation of the environmental consequences of the transport oil-product accidents. Dnipro, 192.
25. Zelenko, Yu. (2010). The scientific basis of the environmentally safe transportation technology and using the oil-products in the rail sector. Dnipro, 242.
26. Soroka, M. L., Zelenko, Yu. V., Yaryshkina, L. O. (2012). Doslidzhenia ekspluatatsiynykh vlastyvostei sorbentu dlia likvidatsiyi avariynykh i tekhnolohichnykh emisyi naftoproduktiv ta vuhlevodniv na transporti. *Visnyk NUK imeni admiral Makarova*, 3, 233–237. Available at: http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/10131/1/Soroka_NUK_2012.pdf
27. Kombinovani vahony modelei 19-795 ta 19-795-01. Available at: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/vantazhne-vagonobuduvannya/vagoni-khoperi/item/1957-kombinovani-vahony-modelei-19-795-i-19-795-01>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263513

IMPROVEMENT OF QUARRY AND SLAGHEAP RECLAMATION TECHNOLOGY (p. 14–23)

Yaroslav Baikalov

Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-4415>

Iryna Dzhygyrey

Institute of Applied Systems Analysis
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8360-447X>

Vladyslav Bendiih

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3295-4637>

Oleg Proskurnin

Laboratory of Problems of Formation and Regulation of Water Quality
Research Institution «Ukrainian Research Institute of Environmental Problems», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9774-9306>

Kateryna Berezenko

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine
Public Organization «Balanced Development – East», Sloviansk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3975-5278>

Sergii Boichenko

Educational and Research Institute of Energy Saving and Energy Management
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2489-4980>

Anatoliy Kryuchkov

Educational and Research Institute of Energy Saving and Energy Management
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2234-0546>

Mykola Serhiienko

Educational and Research Institute of Energy Saving and Energy Management
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8284-9072>

Oleksandr Danilin

Department of Automation of Electrical and Mechatronic Complexes
Educational and Research Institute of Energy Saving and Energy Management
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3207-1156>

Oleksii Kutniashenko

Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0095-6048>

This paper considers and analyzes a relevant issue of treatment of disturbed soils. The equipment to carry out various processes of mining reclamation of waste heaps and quarries with a significant reduction in the level of environmental risks through the operation of an energy-saving small-sized apparatus has been designed. The use of the developed soil reclaimer is also adequate for pre-sowing and other types of agrotechnical tillage, plant care in agricultural fields, as well as in areas with a heterogeneous landscape. The functionality of the unit is able to provide energy autonomy and automation of the technological process. The low weight of the device makes it possible to reduce the pressure on the soil, which minimizes the environmentally hazardous formation of dust during the treatment of waste heaps, the destruction of its structure, the machine degradation of the fertile layer during the processing of all types of territories. The device also reduces the risk of fertile soils slipping from the slopes of mine dumps due to the fact that the soil reclaimer is self-propelled and functions without the need to involve a heavy tractor. The mathematical modeling of the operation of the proposed technical support for the treatment of waste heap reclamation in comparison with the opposed analog proves the ecological and economic efficiency of the eco-adaptive soil reclaimer. The average value of profit ratios, when using the proposed soil reclaimer, is 121.82 % higher than with the involvement of opposed equipment. Indicators of the negative environmental impact of the designed equipment are 100 % lower than the environmental impact when operating the analog. The proposed technical solution can be effectively applied both in schemes of sanitary cleaning of settlements, and in the process of modernization of agricultural machinery.

Keywords: reclamation, machine degradation, tilled furrow, ecological and economic efficiency, eco-adaptive soil reclaimer, mine waste.

References

1. Ignatyeva, M., Yurak, V., Pustokhina, N. (2020). Recultivation of Post-Mining Disturbed Land: Review of Content and Comparative Law and Feasibility Study. *Resources*, 9 (6), 73. doi: <https://doi.org/10.3390/resources9060073>
2. Osendarp, S., Verburg, G., Bhutta, Z., Black, R. E., de Pee, S., Fabrizio, C. et. al. (2022). Act now before Ukraine war plunges millions into malnutrition. *Nature*, 604 (7907), 620–624. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01076-5>
3. Sodikov, K. A., Arabov, F. P., Bobohonzoda, K. R., Asomuddin, K. R., Fozilov, S. R. (2022). Sustainable development of ecological and economic use of agricultural land and water resources of the Re-

- public of Tajikistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 981 (2), 022028. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022028>
4. Krzyszkowska Waitkus, A. (2022). Sustainable reclamation practices for a large surface coal mine in shortgrass prairie, semiarid environment (Wyoming, USA): case study. *International Journal of Coal Science & Technology*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00502-3>
 5. Khomenko, Y. V., Soldatova, A. S. (2015). The Problem of Waste Banks of Donbass. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, 1 (39), 12–19. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/87535/2-Khomenko.pdf?sequence=1>
 6. Gorovaya, A. I., Pavlichenko, A. V., Kulyna, S. L. (2009). Otsenka vliyaniya na okruzhayushchuyu sredu protsessov otvalobrazovaniya (na primere Lvovsko-Volynskogo ugol'nogo basseyna Ukrainy). *Gorniy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 12, 197–207. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-na-okruzhayushchuyu-sredu-protsessov-otvalobrazovaniya-na-primere-lvovsko-volynskogo-ugolnogo-basseyna-ukrainy>
 7. Čečko, A., Jelonek, I., Jelonek, Z. (2022). Study on restoring abandoned mine lands to economically usable state using the post-occupancy evaluation method. *Land Degradation & Development*, 33 (11), 1836–1845. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.4265>
 8. Zykov, V. N., Malejik, E. S. (2007). Ecological substantiation of terikone recultivation. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 4, 68–70. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-obosnovanie-rekultivatsii-terrikonov>
 9. Yang, Y., Wu, D., He, L. (2022). A Coupled THM Model for Simulating Mechanical Response of Open Pit and Underground Stope to the Filling of the Pit. *Geotechnical and Geological Engineering*, 40 (5), 2657–2676. doi: <https://doi.org/10.1007/s10706-022-02052-6>
 10. Wen, H., Zhang, Y., Cloquet, C., Zhu, C., Fan, H., Luo, C. (2015). Tracing sources of pollution in soils from the Jinding Pb–Zn mining district in China using cadmium and lead isotopes. *Applied Geochemistry*, 52, 147–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.11.025>
 11. Alekseenko, A. V., Drenbenstedt, C., Bech, J. (2021). Assessment and abatement of the eco-risk caused by mine spoils in the dry subtropical climate. *Environmental Geochemistry and Health*, 44 (5), 1581–1603. doi: <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00885-3>
 12. Oktafitria, D., Febriyantiningrum, K., Jadid, N., Nurfitriani, N., Rahmadani, E., Amrullah, A., Hidayati, D. (2019). Short Communication: Assessment of reclamation success of former limestone quarries in Tuban, Indonesia, based on soil arthropod diversity and soil organic carbon content. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20 (6). doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200634>
 13. Luna, L., Pastorelli, R., Bastida, F., Hernández, T., García, C., Miralles, I., Solé-Benet, A. (2016). The combination of quarry restoration strategies in semiarid climate induces different responses in biochemical and microbiological soil properties. *Applied Soil Ecology*, 107, 33–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.05.006>
 14. Bangian, A. H., Ataei, M., Sayadi, A., Gholinejad, A. (2012). Optimizing post-mining land use for pit area in open-pit mining using fuzzy decision making method. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9 (4), 613–628. doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0047-5>
 15. Talgamer, B. L., Murzin, N. V., Roslavtseva, Y. G., Semenov, M. E. (2021). Cutback angles for slope flattening during rehabilitation of degraded landscape due to open pit mining in friable sediments. *Mining Information and Analytical Bulletin*, 3, 128–141. doi: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-3-0-128-141>
 16. Talgamer, B. L., Murzin, N. V., Batzhargal, D. (2020). Justification of reclamation parameters for lands disturbed during the development of gold placers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 408 (1), 012058. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/408/1/012058>
 17. Novara, A., Novara, A., Comparetti, A., Santoro, A., Cerdà, A., Rodrigo-Comino, J., Gristina, L. (2022). Effect of Standard Disk Plough on Soil Translocation in Sloping Sicilian Vineyards. *Land*, 11 (2), 148. doi: <https://doi.org/10.3390/land11020148>
 18. Hafizov, C. A., Hafizov, R. N., Nurmiev, A. A., Khaliullin, F. H. (2022). Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 996 (1), 012031. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/996/1/012031>
 19. Zhao, P., Chen, X., Wang, E. (2016). Quantitative assessment of tillage erosion on typical sloping field in black soil area of northeast China. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 32 (12), 151–157. doi: <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2016.12.022>
 20. De Alba, S. (2001). Modeling the effects of complex topography and patterns of tillage on soil translocation by tillage with mouldboard plough. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56 (4), 335–345. Available at: <https://www.jswnonline.org/content/56/4/335>
 21. Xu, L., Liu, M., Zhou, Z. (2014). Design of drive system for series hybrid electric tractor. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30 (9), 11–18. doi: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2014.09.002>
 22. Singh, S. P., Singh, H. B., Verma, H. N. (2001). Tractor utilisation pattern for various agricultural and developmental operations:- A case study. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 32 (1), 43–47.
 23. Xuanbin, B., Xiangyu, Z., Jin, H., Hongwen, L., Qingjie, W., Wenzheng, L. (2019). Design and performance test of plowing and rotary tillage combined machine. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 58 (2), 213–222.
 24. Bartenev, I. M., Kurgalin, S. D., Turovskiy, Y. A., Lysykh, M. N. (2015). Promising designs multipurpose cultivator to slopes with automatic corrected biometric control system lateral stability. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2, 158–165. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnaya-konstruktsiya-mnogo-funktionalnogo-kultivatora-dlya-sklonov-s-avtomaticheskoy-biometricheski-korrektiruemoy>
 25. Glancey, J. (1996). Prediction of agricultural implement draft using an instrumented analog tillage tool. *Soil and Tillage Research*, 37 (1), 47–65. doi: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00507-2](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00507-2)
 26. Fiorineschi, L., Frillici, F. S., Rotini, F. (2018). Enhancing functional decomposition and morphology with TRIZ: Literature review. *Computers in Industry*, 94, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.09.004>
 27. Bondarenko, I., Kutniashenko, O., Toporov, A., Anishchenko, L., Ziuz, O., Dunayev, I. et. al. (2020). Improving the efficiency of equipment and technology of waste briquetting. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 36–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220349>
 28. Bondarenko, I. V., Kutnyashenko, O. I., Rudyk, Y. I., Solyonyj, S. V. (2019). Modeling the efficiency of waste management. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 2 (434), 120–130. doi: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.45>

29. Bondarenko, I., Kutniashenko, O. (2018). Assessment of waste management system facilities efficiency in the conditions of small settlements. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 6 (113), 103–113. doi: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2018.6.103-114>
30. Omelchenko, A. V., Kharkovskiy, B. T., Zubova, L. H. (1999). Pat. No. 34829 UA. Prystryi dlia pidhotovky poverkhni terykoniv do ozeleninnia. No. 99073956; declared: 12.07.1999; published: 15.03.2001. Available at: <https://uapatents.com/2-34829-pristriij-dlya-pidgotovki-poverkhni-terikoniv-do-ozeleninnia.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262203
ESTABLISHING REGULARITIES IN THE APPLICATION OF DRY PINE WOOD (p. 51–59)

Yuriy Tsapko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Nataliia Buiskykh

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3229-7235>

Ruslan Likhnyovskiy

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>

Oleksandra Horbachova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-5628>

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resource”, Kyiv, Ukraine
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068x>

Serhii Mazurchuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6008-9591>

Andrii Matviichuk

V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4051-2484>

Maryna Sukhanevych

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9644-2852>

The issue related to using dry wood products for building structures is to ensure their stability and durability during operation while it is necessary to take into consideration changes in their properties and structure. Therefore, the object of this study was pine wood struck by drying out. It is proved that in the process of drying, wood porosity decreases, and, accordingly, the tensile strength, depending on the degree of damage by the fungus. Specifically, with the area of damage in the range of 30–50 %, the strength limit decreases by more than 1.3 times, and if the fungus affects the area within 80–100 %, the wood becomes softer, more ductile while the strength limit is reduced by 1.1 times. Based on the results of physicochemical

studies, discrepancies in the IR spectra were identified, indicating structural changes in the constituent components of wood. There is a decrease or absence of intensities of absorption bands of some functional groups and the appearance or intensification of others. Wood samples, in determining the highest calorific value, show a difference in values, which is explained by structural changes in wood components caused by biological processes. Thermogravimetric analysis data indicate complete burnout of dry pine wood. However, for wood with tree stands not weakened by drying, the coke residue burns out at a higher temperature. Wood with blue pigmentation affected by microorganisms has significant differences in the heating area of 400–700 °C. The nature of coke burnout allows us to make assumptions about the different qualitative and quantitative composition of the coke residue, which is formed due to structural changes. The practical significance is the fact that the results of determining the properties and structure of dry wood make it possible to establish the operating conditions for articles and building structures.

Keywords: pine wood, dry wood, tensile strength, change in wood structure, damage by microorganisms.

References

- Mukhortova, L. V., Krivobokov, L. V., Schepaschenko, D. G., Knorre, A. A., Sobachkin, D. S. (2021). Stock of standing dead trees in boreal forests of Central Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 875 (1), 012059. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/875/1/012059>
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M. et. al. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259 (4), 660–684. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Woodall, C. W., Fraver, S., Oswalt, S. N., Goeking, S. A., Domke, G. M., Russell, M. B. (2021). Decadal dead wood biomass dynamics of co-terminous US forests. *Environmental Research Letters*, 16 (10), 104034. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac29e8>
- Novytskyi, S., Marchenko, N., Kovalenko, O., Buiskykh, N. (2020). Wood Science Characteristics of Timber from Pine Deadwood Trees (*Pinus sylvestris* L.). *Key Engineering Materials*, 864, 164–174. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.864.164>
- Tsapko, Y., Zavalov, D., Bondarenko, O., Marchenko, N., Mazurchuk, S., Horbachova, O. (2019). Determination of thermal and physical characteristics of dead pine wood thermal insulation products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 37–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175346>
- Steffenrem, A., Saranpää, P., Lundqvist, S.-O., Skrøppa, T. (2007). Variation in wood properties among five full-sib families of Norway spruce (*Picea abies*). *Annals of Forest Science*, 64 (8), 799–806. doi: <https://doi.org/10.1051/forest:2007062>
- Missanjo, E., Matsumura, J. (2016). Wood Density and Mechanical Properties of *Pinus kesiya* Royle ex Gordon in Malawi. *Forests*, 7 (12), 135. doi: <https://doi.org/10.3390/f7070135>
- Yin, Q., Liu, H.-H. (2021). Drying Stress and Strain of Wood: A Review. *Applied Sciences*, 11 (11), 5023. doi: <https://doi.org/10.3390/app11115023>
- Kantieva, E., Snegireva, S., Platonov, A. (2021). Formation of density and porosity of pine wood in a tree trunk. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 875 (1), 012016. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/875/1/012016>
- Zashikhina, I. M., Pushkina, T. M. (2019). Experimental research on physical-mechanical properties of wood from drying-out forests.

International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 19 (1.4), 343–348. doi: <https://doi.org/10.5593/sgem2019v/1.4/s03.042>

11. Paletto, A., Tosi, V. (2010). Deadwood density variation with decay class in seven tree species of the Italian Alps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25 (2), 164–173. doi: <https://doi.org/10.1080/02827581003730773>
12. ISO 13061-3:2014. Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 3: Determination of ultimate strength in static bending. Available at: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/60065/5c53a08bc66943418d5a7d2c31e9869f/ISO-13061-3-2014.pdf>
13. Pettersen, R. C. (1984). *The Chemical Composition of Wood*. American Chemical Society. Available at: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1984/pette84a.pdf>
14. A simple, sensitive graphical method of treating thermogravimetric analysis data. *Journal of Polymer Science Part A-2: Polymer Physics*, 7 (10), 1761–1773. doi: <https://doi.org/10.1002/pol.1969.160071012>
15. ISO 1716:2018. Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value). Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:1716:ed-4:v:1:en>
16. Tsapko, Y. V., Horbachova, O. Y., Mazurchuk, S. M. (2021). Establishment of the regularities of the polymer cover influence on the wood bio destruction. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12 (4), 50–63. doi: <https://doi.org/10.31548/forest2021.04.005>
17. Tsapko, Y., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Zavalov, D., Buislykh, N. (2021). Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 30–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225310>
18. Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K., Matviichuk, A. (2022). Establishing regularities of wood protection against water absorption using a polymer shell. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (115)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252176>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263194

EMPIRICAL CUMULATIVE DISTRIBUTION FUNCTION OF THE CHARACTERISTIC SIGN OF THE GAS ENVIRONMENT DURING FIRE (p. 60–66)

Boris Pospelov

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0957-3839>

Vladimir Andronov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7486-482X>

Evgeniy Rybka

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

Yuliia Bezuhla

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-2807>

Olena Liashevska

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1469-4141>

Tetiana Butenko

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0115-7224>

Eleonora Darmofal

Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9868-0486>

Svitlana Hryshko

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5054-3893>

Iryna Kozynska

Pavlo Tychnyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3299-8461>

Yurii Bielashov

National Academy of the National Guard, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3355-7617>

The object of this study is the dynamics of a characteristic sign of an increment in the state of the gaseous medium in the premises when a thermal source of fire appears. The subject of the study is the type of an empirical cumulative function of the distribution of dynamics of a characteristic sign of an increment in the state of the gaseous medium in the absence and appearance of a thermal source of fire in the premises. As a characteristic feature, the probability of non-recurrence of the increments of the vector of states of the gaseous medium was chosen. The results of the study make it possible to quickly identify thermal sources of fire under uncertain conditions. The methodology for studying the empirical cumulative function of the distribution of the dynamics of the probability of non-recurrence of the increments of the vector of the state of the gas medium has been substantiated. The technique includes the implementation of seven consecutive procedures and makes it possible to explore the specified function for arbitrary time intervals. The empirical cumulative distribution function for two fixed time intervals of equal duration before and after the appearance of test thermal sources of fire in the laboratory chamber was investigated. It was established that the features of the empirical cumulative functions of the distribution of the dynamics of the probability of non-recurrence of the increments of the vector of the state of the gas environment allow for early detection of fire. The main sign of detection is a decrease in the fixed values of the empirical cumulative distribution function. For test thermal sources, fixed values of the empirical cumulative distribution function are in the range of 0.15–0.44. These probabilities are determined by the different ignition rate of the test thermal sources. The research results indicate the possibility of using the identified features of empirical cumulative distribution functions of the dynamics of the probability of non-recurrence of increments of the vector of the state of the gas environment for the early detection of fires.

Keywords: gas environment, dynamics of increments of states, thermal sources of fire, empirical cumulative distribution function.

References

1. Brushlinsky, N. N., Ahrens, M., Sokolov, S. V., Wagner, P. (2019). *World Fire Statistics*. Report No. 24. Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 65.
2. Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A., Pozdieiev, S. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>
3. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-tempera-

- ture utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2 (87), 77–84. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
4. Vambol, S., Vambol, V., Sobyna, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2019). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. *Energetika*, 64 (4). doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
 5. Semko, A., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Hritsina, I., Yagudina, N. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52 (3), 655–664.
 6. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
 7. Ragimov, S., Sobyna, V., Vambol, S., Vambol, V., Feshchenko, A., Zakora, A. et. al. (2018). Physical modelling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (91), 27–33. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.9654>
 8. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
 9. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Yu. et. al.; Sadkovyi, V., Rybka, E., Otrosh, Yu. (Eds.) (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 180. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>
 10. Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77.
 11. Reproduced with permission from *Fire Loss in the United States During 2019* (2020). National Fire Protection Association, 11.
 12. Kustov, M., Kalugin, V., Tutunik, V., Tarakhno, O. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the atmosphere. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 92–99. doi: <http://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99>
 13. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*. 22 (3), 1171–1176.
 14. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finelydispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
 15. Semko, A., Rusanova, O., Kazak, O., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Gricina, I. (2015). The use of pulsed high-speed liquid jet for putting out gas blow-out. *The International Journal of Multiphysics*, 9 (1), 9–20. doi: <https://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
 16. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V. et. al. (2019). Physical Features of Pollutants Spread in the Air During the Emergency at NPPs. *Nuclear and Radiation Safety*, 4 (84), 88–98. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4\(84\).11](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4(84).11)
 17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Romin, A. (2018). Experimental study of the fluctuations of gas medium parameters as early signs of fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 50–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122419>
 18. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
 19. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequencytemporal representation of fluctuations of gaseous medium parameters at fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 44–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125926>
 20. Ahn, C.-S., Kim, J.-Y. (2011). A study for a fire spread mechanism of residential buildings with numerical modeling. *Safety and Security Engineering IV*. doi: <https://doi.org/10.2495/safe110171>
 21. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Design of fire detectors capable of self-adjusting by ignition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (88)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>
 22. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (87)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101985>
 23. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Research into dynamics of setting the threshold and a probability of ignition detection by selfadjusting fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (89)), 43–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
 24. Angus, D. (2019). Recurrence Methods for Communication Data, Reflecting on 20 Years of Progress. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 5. doi: <https://doi.org/10.3389/fams.2019.00054>
 25. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S. (2018). Analysis of correlation dimensionality of the state of a gas medium at early ignition of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (95)), 25–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
 26. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 50–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117789>
 27. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Y., Butenko, T. et. al. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
 28. Bendat, J. S., Piersol, A. G. (2010). *Random data: analysis and measurement procedures*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118032428>
 29. Shafi, I., Ahmad, J., Shah, S. I., Kashif, F. M. (2009). Techniques to Obtain Good Resolution and Concentrated Time-Frequency Distributions: A Review. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2009 (1). doi: <https://doi.org/10.1155/2009/673539>
 30. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilov, M., Krainukov, O., Biryukov, I. et. al. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (110)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>

31. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T. et. al. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrence and zero-order brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
32. Mandelbrot, B. (2002). *Fraktal'naya geometriya prirody*. Institut kompyuterniyh issledovaniy, 652. Available at: <https://coollib.com/b/423957/read>
33. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et. al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
34. *Materials of 7th International Symposium on Recurrence Plots (2017)*. São Paulo.
35. Marwan, N. (2011). How to avoid potential pitfalls in recurrence plot based data analysis. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 21 (04), 1003–1017. doi: <https://doi.org/10.1142/s0218127411029008>
36. Marwan, N., Webber, C. L., Macau, E. E. N., Viana, R. L. (2018). Introduction to focus issue: Recurrence quantification analysis for understanding complex systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 28 (8), 085601. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5050929>
37. Ramachandran, K. M., Tsokos, C. P. (2020). *Mathematical Statistics with Applications in R*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02285-9>
38. Cheng, R., Currie, C. (2009). Resampling methods of analysis in simulation studies. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/wsc.2009.5429319>
39. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Karpets, K., Pirohov, O. et. al. (2019). Development of the correlation method for operative detection of recurrent states. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263001

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE INFLUENCE OF EXCESSIVE ELECTRIC CURRENT ON THE FIRE HAZARD OF LITHIUM-ION POWER CELL (p. 67–75)

Oleksandr Lazarenko

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0500-0598>

Taras Berezhanskyi

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1290-706X>

Vitalii Pospolitak

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9373-792X>

Oleg Pazen

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1655-3825>

Panasonic NCR18650B ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$) lithium-ion power cell (LIPC) and its performance after exposure to excess direct current are considered in this paper. The basic fire hazard indicators (element ignition temperature, flame temperature, element heating time, etc.) were experimentally established and mathematically confirmed for the examined LIPC.

According to the results of experimental studies, the time of occurrence of an irreversible thermochemical reaction in a lithium-ion power cell was determined depending on the different DC current strengths. Additionally, the critical temperature of the onset of an irreversible thermochemical reaction and the total combustion temperature of the element have been established. The application of the Joule-Lenz and Fourier laws allowed for a mathematical notation of the dependence (influence) of DC strength over time and the heating of the element to a critical temperature.

The heating time of Panasonic NCR18650B LIPC ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$) to a critical temperature of 100–150 °C under the influence of excess current was experimentally established and mathematically confirmed.

The determined critical indicators of the element (temperature, time, etc.) make it possible to further devise a number of necessary regulatory documents that will allow them to be certified, tested, and, in general, to better understand the dangers that they may pose. A mathematical model was built, which, taking into account the geometrical parameters of the element, makes it possible to calculate the onset of the critical temperature of such elements with excellent geometric parameters without conducting experimental studies.

Keywords: fire hazard, lithium-ion power cell, excess current, burning temperature.

References

1. Haider, W. H. (2020). Estimates of Total Oil & Gas Reserves in The World, Future of Oil and Gas Companies and SMART Investments by E & P Companies in Renewable Energy Sources for Future Energy Needs. Paper presented at the International Petroleum Technology Conference. doi: <https://doi.org/10.2523/iptc-19729-ms>
2. Mananga, E. S. (2020). Lithium-ion Battery and the Future. *Recent Progress in Materials*, 03 (02), 1–1. doi: <https://doi.org/10.21926/rpm.2102012>
3. Nykvist, B., Nilsson, M. (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, 5 (4), 329–332. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2564>
4. Huang, Z., Li, H., Mei, W., Zhao, C., Sun, J., Wang, Q. (2020). Thermal Runaway Behavior of Lithium Iron Phosphate Battery During Penetration. *Fire Technology*, 56 (6), 2405–2426. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00967-1>
5. Lazarenko, O., Loik, V., Shtain, B., Riegert, D. (2018). Research on the Fire Hazards of Cells in Electric Car Batteries. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 52, 108–117. doi: <https://doi.org/10.12845/bitp.52.4.2018.7>
6. Chombo, P. V., Laoonual, Y. (2020). A review of safety strategies of a Li-ion battery. *Journal of Power Sources*, 478, 228649. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228649>
7. Ruiz, V., Pfrang, A., Kriston, A., Omar, N., Van den Bossche, P., Boon-Brett, L. (2018). A review of international abuse testing standards and regulations for lithium ion batteries in electric and hybrid electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1427–1452. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.195>
8. Lazarenko, O., Pospolitak, V. (2021). Methods of testing lithium-ion batteries for fire hazard. *Fire Safety*, 39, 49–55. doi: <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.06>
9. Ren, D., Feng, X., Lu, L., He, X., Ouyang, M. (2019). Overcharge behaviors and failure mechanism of lithium-ion batteries under different test conditions. *Applied Energy*, 250, 323–332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.015>
10. Mevawalla, A., Panchal, S., Tran, M.-K., Fowler, M., Fraser, R. (2020). *Mathematical Heat Transfer Modeling and Experimental*

- Validation of Lithium-Ion Battery Considering: Tab and Surface Temperature, Separator, Electrolyte Resistance, Anode-Cathode Irreversible and Reversible Heat. *Batteries*, 6 (4), 61. doi: <https://doi.org/10.3390/batteries6040061>
11. Li, J., Sun, D., Jin, X., Shi, W., Sun, C. (2019). Lithium-ion battery overcharging thermal characteristics analysis and an impedance-based electro-thermal coupled model simulation. *Applied Energy*, 254, 113574. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113574>
 12. Bhundiya, H., Hunt, M., Drolen, B. (2018). Measurement of the effective radial thermal conductivities of 18650 and 26650 lithium-ion battery cells. TFAWS 2018. Available at: https://tfaws.nasa.gov/wp-content/uploads/TFAWS18-IN-08_Paper.pdf
 13. Kimm Y., Siegel, J. B., Stefanopoulou, A. G. (2013). A computationally efficient thermal model of cylindrical battery cells for the estimation of radially distributed temperatures. 2013 American Control Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/acc.2013.6579917>
 14. Bubbico, R., D'Annibale, F., Mazzarotta, B., Menale, C. (2019). Thermal Model of Cylindrical Lithium-ion Batteries. *Chemical Engineering Transactions*, 74, 1291–1296. doi: <https://doi.org/10.3303/CET1974216>
 15. Li, L., Ju, X., Zhou, X., Peng, Y., Zhou, Z., Cao, B., Yang, L. (2021). Experimental Study on Thermal Runaway Process of 18650 Lithium-Ion Battery under Different Discharge Currents. *Materials*, 14 (16), 4740. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14164740>
 16. Xu, B., Kong, L., Wen, G., Pecht, M. G. (2021). Protection Devices in Commercial 18650 Lithium-Ion Batteries. *IEEE Access*, 9, 66687–66695. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3075972>
 17. Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., Huang, X. (2020). A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. *Fire Technology*, 56 (4), 1361–1410. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>
 18. Pazen, O., Tatsiy, R. (2021). Mathematical modeling of the heat transfer process in the system of multilayer cylindrical solid bodies considering internal sources of heat. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1 (9), 66–75. doi: <https://doi.org/10.33269/nvz.2020.1.66-75>
 19. Tatsiy, R., Stasiuk, M., Pazen, O., Vovk, S. (2018). Modeling of boundary-value problems of heat conduction for multilayered hollow cylinder. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. *Science and Technology (PIC S&T)*. doi: <https://doi.org/10.1109/infocommst.2018.8632131>
 20. Muenzel, V., Hollenkamp, A. F., Bhatt, A. I., de Hoog, J., Brazil, M., Thomas, D. A., Mareels, I. (2015). Comment on “A Comparative Testing Study of Commercial 18650-Format Lithium-Ion Battery Cells” [*J. Electrochem. Soc.*, 162, A1592 (2015)]. *Journal of The Electrochemical Society*, 162 (12), Y11–Y12. doi: <https://doi.org/10.1149/2.0241512jes>
 21. Wang, D., Bao, Y., Shi, J. (2017). Online Lithium-Ion Battery Internal Resistance Measurement Application in State-of-Charge Estimation Using the Extended Kalman Filter. *Energies*, 10 (9), 1284. doi: <https://doi.org/10.3390/en10091284>
 22. Duh, Y.-S., Tsai, M.-T., Kao, C.-S. (2016). Characterization on the thermal runaway of commercial 18650 lithium-ion batteries used in electric vehicle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 127 (1), 983–993. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-016-5767-1>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262994**СИНТЕЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНУЛЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ КАОЛІНІТУ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ Cu(II), Cd(II), Co(II), Zn(II) і Cr(VI) ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ВОД (с. 6–13)****Ю. М. Холодько, А. І. Бондарева, В. Ю. Тобілко, В. М. Павленко, О. В. Мельничук, В. В. Глуховський**

Об'єктом дослідження є гранульовані сорбенти на основі каолініту та нульвалентного заліза. Керамічна маса для їх приготування містила полівініловий спирт в якості пороутворюючої добавки. Встановлено, що її додавання у кількостях 1,8–3,3 % практично не змінює пористість гранул, але підвищує їх міцність. Методами рентгенофазового та хімічного аналізів підтверджено наявність шару нульвалентного заліза на поверхні гранул. Вивчено структурно-сорбційні характеристики сорбційних матеріалів та проведено розрахунки основних параметрів їх поруваної структури. Показано, що при модифікуванні гранул нульвалентним залізом відбувається зменшення питомої поверхні та об'єму мікропор для зразків без пороутворюючої добавки майже у 2 рази у порівнянні з вихідними гранулами. Причому ці величини практично не змінюються для зразків, одержаних із додаванням полівінілового спирту. Встановлено, що нанесення реакційного шару на гранули приводить до значного підвищення їх сорбційної здатності по відношенню до іонів важких металів Cu(II), Cd(II), Co(II), Zn(II) і Cr(VI). Показано, що одержані сорбенти можуть бути використані для очищення стічних вод, що містять суміш цих токсикантів. Встановлено, що величини максимальної сорбції на модифікованих зразках у 10–20 разів перевищують такі для вихідних гранул. Особливістю отриманих сорбентів є здатність одночасно видаляти іони металів, як у формі катіонів, так і аніонів. Встановлено суттєве підвищення величин сорбції аніонних форм Cr(VI), які важко видаляються із вод природними іонообмінниками. Показано, що гранули на основі каолініту та нульвалентного заліза є ефективними сорбентами для очищення вод від іонів важких металів. Одержані матеріали можна застосовувати для очищення стічних вод гальванічних виробництв та гідрометалургійної галузі.

Ключові слова: гранульовані сорбенти, каолініт, нульвалентне залізо, очищення вод, суміш важких металів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263367**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВОРОТНЬО-ОСМОТИЧНИХ МЕМБРАН НИЗЬКОГО ТИСКУ ВІД РІВНЯ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ (с. 14–23)****М. Д. Гомеля, А. К. Вакулєнко, І. М. Макаренко, Т. О. Шаблій**

Встановлено залежність ефективності зворотньо-осмотичних мембран низького тиску Filmtec TW30-1812-50 від початкових концентрацій сульфату та хлориду натрію в діапазоні 20–1000 мг/дм³ при ступенях відбору перміату 1–90 % із застосування тиску 3,6–10,0 атм. Визначено динаміку підвищення вмісту сульфатів та хлоридів у концентратах при збільшенні ступеню відбору перміату, селективність, продуктивність та коефіцієнт фільтрування мембрани. Визначено умови розрахунку продуктивності мембрани в залежності від робочого тиску для сульфату натрію та хлориду натрію.

Показано, що концентрації сульфатів та хлоридів у перміаті залежать від їх початкової концентрації у розчинах і зростають як при збільшенні початкової концентрації, так і при збільшенні ступеню відбору перміату. Останній фактор є досить значним при початкових концентраціях хлоридів та сульфатів на рівні концентрації 1000 мг/дм³. Продуктивність мембрани зростає при зниженні вмісту солей у воді і знижується по мірі зростання ступеню відбору перміату, що призводить до підвищення концентрації солей у передмембранному просторі. Селективність мембрани зростає при підвищенні концентрації розчинів сульфату натрію та хлориду натрію у розчинах, не дивлячись на певне зростання концентрацій солей у перміатах. Для розчинів Na₂SO₄ та NaCl (20–1000 мг/дм³) при зворотньо-осмотичному їх знесоленні на мембрані коефіцієнти фільтрування мають постійні значення. Для вказаних вихідних концентрацій коефіцієнт фільтрування для Na₂SO₄ становить 3,4–3,8 дм³/(м²·атм), а для NaCl – 2,6–3,2 дм³/(м²·атм). Із отриманих даних можна зробити висновок про допустимий рівень мінералізації, при якому доцільне використання зворотньо-осмотичних мембран низького тиску. Показано, що, підвищення концентрації солей у концентратах зумовлює підвищення осмотичного та робочого тисків.

Ключові слова: демінералізація води, зворотній осмос, мембрани низького тиску, перміат, концентрат.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262249**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОСОЧЕННЯ РІДИНИ В СИПУЧІЙ МАТЕРІАЛІ (с. 24–29)****В. В. Олійник, Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, І. М. Хмиров**

Об'єктом дослідження є процес просочення рідини в силючий матеріал, зокрема, в ґрунт. Визначення параметрів просочення є актуальною проблемою, при оцінці наслідків аварійного розливу небезпечної рідини. Інфільтрація рідини в ґрунт призводить до забруднення водних ресурсів. Але найбільшу небезпеку являє займання розливу горючої рідини.

На основі моделі Грін-Амт побудовано математичний опис просочення рідини в силючий матеріал. Воно являє собою систему із двох звичайних диференціальних рівнянь першого порядку, одне з яких описує зменшення товщини шару рідини на поверхні, а інше – динаміку просочення рідини в глибину. Розв'язок системи отримано у вигляді залежності часу від глибини просочення.

Експериментальне дослідження проводилося на прикладі просочення сирої нафти в пісок. Для цього у вертикальний мірний скляний циліндр налився пісок. Після цього наливалася рідина і проводилася відеофіксація процесу просочення. Шляхом обробки відеозапису визначалася глибина просочення і відповідний час. Результати дослідження показують, що залежність між товщиною

шару рідини на поверхні піску і глибиною просочення має лінійний характер: відносно відхилення лінійної апроксимації від експериментальних даних не перевищує 3,5.

Шляхом розв'язання в ряд Тейлора логарифмічної функції, що міститься в розв'язку системи диференціальних рівнянь, отримано поліноміальну залежність часу від глибини просочення. Для визначення коефіцієнтів полінома за експериментальними даними використано метод найменших квадратів. При цьому похибка апроксимації вже після першої хвилини після розливу не перевищує 10 %.

Запропонований метод може бути використаний для врахування просочення в моделі розтікання рідини на ґрунті та моделі горіння розливу горючої рідини.

Ключові слова: розлив рідини, параметри просочення, модель Грін-Амгт, коефіцієнт пористості, сипучий матеріал.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263583

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ «УНІВЕРСАЛЬНОГО СОРБЦІЙНОГО ПОЛОТНА» (с. 30–37)

Ю. В. Зеленко, М. В. Калимбет

З метою підвищення ефективності та впровадження принципів ресурсосбереження під час ліквідації аварійних розливів небезпечних вантажів при перевезенні їх залізничним транспортом, запропоновано пропозиції щодо удосконалення методу локалізації та ліквідації емісій небезпечних речовин з використанням «Універсального сорбційного полотна» («USS»).

Описано специфіку локалізації місця аварійної емісії та принципи ліквідації на основі сорбційних технологій з використанням «USS».

Для виготовлення «USS» було розроблено спеціальне устаткування (карбонізатор), що забезпечує ефективну карбонізацію сировини із рослинних відходів при достатньо низьких температурах ≤ 500 °С. За допомогою карбонізатора отримано універсальний сорбент, що надалі використовується для виготовлення «USS». Загальний час карбонізації зразків рослинних відходів не перевищував 60 хвилин. Отриманий в процесі карбонізації універсальний сорбент розміщували у тканинній матриці для виготовлення сорбційних полотен «USS».

Описано стандартизовані методики проведення експериментів. Дослідження адсорбційних характеристик запропонованого «USS» за різними модельними розчинами (Бензин А-95, 25 % розчин аміачної води та 15 % розчин перекису водню), підтверджують його універсальність та ефективність, ступінь очищення сягає 92 %.

Запропоновано використання окремих типів вагонів для перевезення «USS» у складі вантажного потягу, що підкріплюється відповідними динамічними показниками. Надано рекомендації щодо регенерації або утилізації відпрацьованого полотна «USS».

Розроблені пропозиції щодо удосконалення методу ліквідації аварійної емісії з використанням «Універсального сорбційного полотна» («USS») дозволяють мінімізувати негативні наслідки аварійних розливів рідких вантажів різних класів небезпеки та зменшити витрати часу на ліквідаційні заходи. Зазначені переваги забезпечують конкурентоспроможність та рентабельність запропонованої технології.

Ключові слова: екологічні технології, небезпечні вантажі, локалізація аварій, ліквідація аварій, карбонізація, універсальне сорбційне полотно.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263513

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ КАР'ЄРІВ ТА ТЕРИКОНІВ (с. 38–50)

Я. Ю. Байкалов, І. М. Джигирей, В. І. Бендюг, О. А. Проскурнін, К. С. Березенко, С. В. Бойченко, А. І. Крючков, М. І. Сергієнко, О. В. Данілін, О. І. Кутняшенко

Розглянута і проаналізована сучасна проблема оброблення порушених ґрунтів. Розроблено обладнання, що дає можливість здійснення різних процесів гірничотехнічної рекультивациі териконів та кар'єрів із значним зниженням рівня екологічних ризиків, шляхом експлуатації енергоощадного малогабаритного, апарату. Використання розробленого рекультиватора також адекватно для передписівної та інших типів агротехнічної обробки ґрунтів, догляду за рослинами на сільськогосподарських полях, а також, на територіях з неоднорідним ландшафтом. Функціональність агрегату здатна забезпечити енергетичну автономність та автоматизацію технологічного процесу. Мала вага пристрою дозволяє мінімізувати тиск на ґрунт, що максимально скорочує екологічно небезпечне утворення пилу при обробці териконів, руйнування його структури, машинну деградацію родючого шару при обробці усіх типів територій. Також пристрій скорочує ризик сповзання родючих ґрунтів зі схилів шахтних відвалів завдяки тому, що рекультиватор самохідний і функціонує без необхідності залучення важкого тракторного тягача. Проведене математичне моделювання експлуатування запропонованого технічного забезпечення обробки рекультивациі териконів у порівнянні із протиставленим аналогом, доводить еколого-економічну ефективність екоадаптивного рекультиватора. Середні значення коефіцієнтів прибутку, при використанні запропонованого рекультиватора, на 121,82 % вище ніж із залученням протиставленого обладнання. Показники негативного екологічного впливу розробленого обладнання на 100 % нижчий за вплив на довкілля при експлуатації аналога. Запропоноване технічне рішення може бути ефективно застосоване як у схемах санітарного очищення населених пунктів, так і в процесі модернізації сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: рекультивациа, машинна деградація, просапна борозна, еколого-економічна ефективність, екоадаптивний рекультиватор, шахтні відходи.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262203

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ СУХОСТІЙНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ (с. 51–59)

Ю. В. Цапко, Н. В. Буйських, Р. В. Ліхнівський, О. Ю. Горбачова, О. Ю. Цапко, С. М. Мазурчук, А. В. Матвійчук, М. В. Суханевич

Проблема застосування виробів з сухостійної деревини для будівельних конструкцій полягає в забезпеченні їх стійкості і довговічності при експлуатації, але необхідно врахувати зміну її властивостей та структури. Тому об'єктом досліджень була деревина

сосни, що вражена всиханням. Доведено, що в процесі усихання деревини знижується її пористість, а відповідно і межа міцності залежно від ступеня ураження грибом. А саме при площі пошкодження в межах 30–50 % межа міцності знижується понад 1,3 рази, а при ураженні грибом площі в межах 80–100 % деревина стає м'якшою, більш пластичною, при цьому межа міцності знижується в 1,1 рази. На основі одержаних результатів фізико-хімічних досліджень виявлені розбіжності в ІЧ-спектрах, що вказують на структурні зміни в складових компонентах деревини. Спостерігається зниження або відсутність інтенсивностей смуг поглинання одних функціональних груп та з'явлення або інтенсифікація інших. Зразки деревини при визначенні вищої теплоти згоряння показують різницю у значеннях, що пояснюється структурними змінами у компонентах деревини, викликаних біологічними процесами. Дані термогравіметричного аналізу вказують на повне вигорання сухостійної деревини сосни. Але для деревини із неослаблених усиханим деревостанів, коксовий залишок вигоряє при вищій температурі. Уражена мікроорганізмами деревина з синьою пігментацією має суттєві відмінності в області нагрівання 400–700 °С. Характер вигорання коксового дозволяє зробити припущення щодо різного за якісним і кількісним складом коксового залишку, який утворюється завдяки структурним змінам. Практична цінність полягає у тому, що отримані результати визначення властивостей та структури сухостійної деревини, уможливають встановити умови експлуатації виробів і будівельних конструкцій.

Ключові слова: деревина сосни, сухостійна деревина, межа міцності, зміна структури деревини, ураження мікроорганізмами.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263194

ЕМПІРИЧНА КУМУЛЯТИВНА ФУНКЦІЯ РОЗПОДІЛУ ХАРАКТЕРНОЇ ОЗНАКИ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАГОРЯННЯХ (с. 60–66)

Б. Б. Поспелов, В. А. Андронов, Є. О. Рибка, Ю. С. Безугла, О. І. Ляшевська, Т. Ю. Бутенко, Е. А. Дармофал, С. В. Гришко, І. П. Козинська, Ю. О. Белашов

Об'єктом дослідження є динаміка характерної ознаки прирощення стану газового середовища в приміщенні при появі теплового джерела пожежі. Предметом дослідження є вид емпіричної кумулятивної функції розподілу динаміки характерної ознаки прирощення стану газового середовища за відсутності та появи теплового джерела пожежі в приміщенні. У якості характерної ознаки обрано ймовірність нерекурентності прирощень вектору станів газового середовища. Результати дослідження дозволяють оперативно виявляти теплові джерела пожежі у невизначених умовах. Обґрунтовано методіку дослідження емпіричної кумулятивної функції розподілу динаміки ймовірності нерекурентності прирощень вектора стану газового середовища. Методика включає виконання семи послідовних процедур і дозволяє досліджувати зазначену функцію для довільних інтервалах часу. Досліджено емпіричну кумулятивну функцію розподілу для двох фіксованих інтервалів часу рівної тривалості до і після появи тестових теплових джерел пожежі у лабораторній камері. Встановлено, що особливості емпіричних кумулятивних функцій розподілу динаміки ймовірності нерекурентності прирощень вектора стану газового середовища дозволяють здійснювати раннє виявлення пожежі. Головною ознакою виявлення є зниження фіксованих значень емпіричної кумулятивної функції розподілу. Для тестових теплових джерел фіксовані значення емпіричної кумулятивної функції розподілу лежать в діапазоні 0,15–0,44. Дані ймовірності обумовлюються різною швидкістю займання тестових теплових джерел. Результати досліджень свідчать про можливість використання виявлених особливостей емпіричних кумулятивних функцій розподілу динаміки ймовірності нерекурентності прирощень вектора стану газового середовища для раннього виявлення загорянь.

Ключові слова: газове середовище, динаміка прирощень станів, теплові джерела пожежі, емпірична кумулятивна функція розподілу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263001

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВПЛИВУ НАДЛИШКОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ ЛІТІЙ-ІОННОГО ЕЛЕМЕНТА ЖИВЛЕННЯ (с. 67–75)

О. В. Лазаренко, Т. Г. Бережанський, В. І. Посполітак, О. Ю. Пазен

Було розглянуто літій-іонний елемент живлення (ЛІЕЖ) Panasonic NCR18650B (LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂) та його поведінку внаслідок дії на нього надлишкового постійного струму. Експериментально було встановлено та математично підтверджено основні пожежонебезпечні показники (температуру горіння елементу, температуру полум'я, час нагрівання елементу, тощо) представленого ЛІЕЖ.

За результатами експериментальних досліджень було визначено час настання незворотної термохімічної реакції в літій-іонному елементі живлення залежно від різної сили постійного струму. Додатково, встановлено критичну температуру початку незворотної термохімічної реакції та загальну температуру горіння елементу. Застосування законів Джоуля-Ленца та Фур'є дало змогу здійснити математичний опис залежності (впливу) сили постійного струму в часі та нагрівання елементу до критичної температури.

Експериментально встановлено та математично підтверджено час нагріву ЛІЕЖ Panasonic NCR18650B (LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂) до критичної температури 100–150 °С за умови впливу надлишкового струму. Встановлено, що середній час початку горіння ЛІЕЖ при 17, 30, 40 А становить 103, 58, 43 секунд відповідно.

Встановлені критичні показники елементу (температура, час, тощо) дають можливість в подальшому здійснити розробку низки необхідних регулюючих документів, що нададуть змогу здійснювати їх сертифікацію, апробацію та загалом краще зрозуміти безпеки, які вони можуть представляти. Отримана математична модель, яка, враховуючи геометричні параметри елементу, дає можливість здійснити розрахунок настання критичної температури подібних елементів з відмінними геометричними параметрами без проведення експериментальних досліджень.

Ключові слова: пожежна безпека, літій-іонний елемент живлення, надлишковий струм, температура горіння.