

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209873

SOIL SAMPLING WHEN EXAMINING FORESTS FOR RADIOACTIVE CONTAMINATION (p. 6–17)**Viktoriia Melnyk**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3551-5085>**Tatiana Kurbet**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7820-4263>**Zoia Shelest**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5195-3475>**Iryna Davydova**

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6535-3948>

Forest ecosystems are complex areas in terms of rehabilitation of radioactively contaminated areas, so conducting an up-to-date examination of these areas for radioactive contamination is relevant. The paper considers the improvement of methods of soil sampling for obtaining representative materials in the estimation of vertical migration of ^{137}Cs in the soil profile and the level of soil contamination with ^{137}Cs . The density of radioactive soil contamination was studied by reducing the number of selected samples from 30 to 3 in the layers of 10, 20, and 30 cm. The results show that when the number of soil samples decreases, the average magnitudes of soil contamination with ^{137}Cs are not significantly different within each analyzed layer. It was noted that at sampling in the 10-centimeter layer, the studied indicator was 1.3–1.4 times lower than in the layers of 20 and 30 cm, and there is no difference between the latter. To obtain reliable levels of radioactive contamination of the territory, it is necessary to perform 10-time repeated sampling in the forest soil layer of 30 cm. At a decrease in the number of soil samples from 10 to 3, the fluctuation of average values of the specific activity of ^{137}Cs in different layers of soil profile is low. To obtain representative magnitudes of ^{137}Cs content in each layer of the soil profile, it is necessary to make various samplings. Thus, for 4-time repeated sampling, is sufficient for all layers of forest litter, and 6-time repeated sampling is enough for the humus-eluvial horizon. It is necessary to perform 8-time repeated sampling for the eluvial and illuvial horizon, and 10-time repeated sampling for illuvial sand and parent rock. The obtained results make it possible to carry out up-to-date examination of forests for radioactive contamination based on the updated methodology and using the obtained data on ^{137}Cs migration in forest soils.

Keywords: ^{137}Cs , density of radioactive soil contamination, forest ecosystems, soil sampling.

References

1. Tihomirov, F. A., Sidorov, V. P., Shcheglov, A. I. (1994). Les i lesnoe hozyaystvo v usloviyah radioaktivnogo zagryazneniya. *Lesnoe hozyaystvo*, 1, 26–29.
2. Tikhomirov, F. A., Shcheglov, A. I., Sidorov, V. P. (1993). Forests and forestry: radiation protection measures with special reference to the Chernobyl accident zone. *Science of The Total Environment*, 137 (1-3), 289–305. doi: [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(93\)90395-m](https://doi.org/10.1016/0048-9697(93)90395-m)
3. Shcheglov, A. I., Tihomirov, F. A., Tsvetnova, O. B., Klyash-torin, A. L., Mamihin S. V. (1996). Biogehimiya radio-nuklidov chernobyl'skogo vybrosa v lesnyh ekosistemah evropeyskoy chasti SNG. *Radiatsionnaya biologiya. Radio-ekologiya*, 36 (4), 469–478.
4. Kaletnyk, M. M., Landin, V. P. Krasnov, V. P. et. al. (1991). Radiolohichna obstanovka v lisakh Ukrainskoho Polissia. *Oikumena*, 2, 61–66.
5. Kashparov, V. A. (2009). Radioecological significance of a fuel component of chernobyl radioactive fallout. *Problems of Chernobyl Exclusion Zone*, 9, 5–22. Available at: <http://uiar.org.ua/Russ/3.pdf>
6. Shcheglov, A. I., Tsvetnova, O. B. (2002). Ekologicheskaya rol' lesnyh podstilk pri radioaktivnom zagryaznenii. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 5, 151–153.
7. Shcheglova, A. I., Tsvetnova, O. B. (2001). Rol' lesnyh ekosistem pri radioaktivnom zagryaznenii. *Priroda*, 4, 23–32. Available at: http://elib.bibliotom.ru/text/chernobyl-i-problemy-radiobiologii_2001/go/2/
8. Boyko, O. L. (2012). Distribution of ^{137}Cs total activity in forest phytocenoses. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya*, 120, 87–94. Available at: <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/13/120-pdf>
9. Krasnov, V. P., Kurbet, T. V., Davydova, I. V., Shelest, Z. M., Boyko, O. L. (2015). Vertical Distribution of ^{137}Cs Total Activity in Forest Soils of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25.5, 123–129. Available at: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1014>
10. Perevolotskiy, A. N. (2006). Raspredilenie ^{137}Cs i ^{90}Sr v lesnyh biogeotsenozah. *Gomel': RNIUP «Institut radio-ekologii»*, 256.
11. Krasnov, V. P., Kurbet, T. V., Shelest, Z. M., Boyko, A. L. (2015). ^{137}Cs distribution in sod-podzol forest soil of Ukrainian Polissia. *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 16(3), 247–253. doi: <https://doi.org/10.15407/jnpae2015.03.247>
12. Melnyk, V., Kurbet, T. (2018). Current distribution of ^{137}Cs in sod-podzolic soils of different types of forest conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (95)), 65–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142613>
13. Gonze, M.-A., Calmon, P. (2017). Meta-analysis of radioce-sium contamination data in Japanese forest trees over the period 2011–2013. *Science of The Total Environment*, 601-602, 301–316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.175>
14. Bulko, N. I., Shabaleva, M. A., Kozlov, A. K. (2009). Osobennosti povedeniya ^{137}Cs v sosnovykh nasazhdeniyah raznykh tipov lesa na territorii zapadnogo sleda avarii na ChAES. *Vestnik MDPU imeni I. P. Shamyakina*, 2 (23), 3–14. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-povedeniya-137cs-v-sosnovykh-nasazhdeniyah-raznykh-tipov-lesa-na-territorii-zapadnogo-sleda-avarii-na-chaes/viewer>
15. Bulko, N. I., Shabaleva, M. A., Mitin, N. V., Tolkacheva, N. V., Kozlov, A. K. (2015). Osobennosti dlitel'nykh protsessov migratsii chernobyl'skogo ^{137}Cs v avtomorfnykh i gidromorfnykh pochvah sosnovykh fitotsenozov v dal'ney zone avarii na ChAES. *Sb. nauch. Tr. IL NAN Belarusi*, 75, 391–404.
16. Bulko, N. I. (2009). Fiziko-himicheskoe sostoyaniya ^{137}Cs v pochvah sosnovoy formatsii regionov s razlichnymi tipami

- chernobyl'skikh vypadeniy spustya 20 let posle avarii na ChAES. Problemy lesovedeniya i lesovodstva, 69, 516–534.
17. Bulko, N. I. (2014). Transformatsiya form nahozhdeniya ^{137}Cs v pochvah nasazhdeniy razlichnogo sostava v dal'ney zone chernobyl'skoy katastrofy spustya chetvert' veka. Problemy lesovedeniya i lesovodstva, 74, 380–391.
 18. Krasnov, V. P., Kurbet, T. V., Korbut, M. B., Boiko, O. L. (2016). Rozpodil ^{137}Cs u lisovykh ekosystemakh Polissia Ukrainy. Agroecological Journal, 1, 82–87. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2016_1_14
 19. Markina, Z. N., Glazun, I. N. (2005). Raspreделение fiziko-himicheskikh pokazateley ^{137}Cs po profilyu pochv lesnykh ekosistem zony otchuzhdeniya ChAES Bryanskoy oblasti. Problemy lesovedeniya i lesovodstva, 63, 487–489.
 20. Averin, V. S. et. al. (2007). Radioekologicheskoe posledstviya Chernobyl'skoy avarii. 20 let posle Chernobyl'skoy katastrofy: posledstviya v Respublike Belarus' i ih preodolenie. Natsional'nyy doklad. Minsk: Komitet po problemam posledstviy katastrofy na Chernobyl'skoy AES pri Sovete Ministrov Respubliki Belarus', 13–35.
 21. Didenko, L. G. (2001). O sodержanii i formah nahozhdeniya ^{137}Cs i kaliya v hvoe i drevesine sosny. Problemy lesovedeniya i lesovodstva, 52, 150–157.
 22. Didenko, L. G. (2000). K voprosu o formah nahozhdeniya ^{137}Cs v lesnykh pochvah. Problemy lesovedeniya i lesovodstva, 51, 223–228.
 23. Yoschenko, V., Nanba, K., Konoplev, A., Takase, T., Zheleznyak, M. (2015). Radiocesium distributions and fluxes in the forest ecosystems of Chernobyl and Fukushima. Geophysical Research Abstracts, 17, 235–241
 24. Pratama, H. A., Yoneda, M., Shimada, Y., Satoshi, F., Ikegami, M. (2019). Correlation between Different Type of Caesium Carrier in The Radiocaesium Interception Potential Measurement for Forest Soils. Journal of Physics: Conference Series, 1198 (2), 022026. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1198/2/022026>
 25. Metodychni rekomendatsiyi «Vedennia silskoho hospodarstva v umovakh radioaktyvnoho zabrudnennia terytoryyi Ukrainy vnaslidok avariyi na Chornobyl'skiiy AES na period 1999–2002 rr. (1998). Kyiv, 105.
 26. Deysan, M., Didkivskyy, M., Dankevych, Ye. et. al. (2011). Recommendations on agricultural production in the radioactive contamination of the northern regions of Zhytomyr, victims of the Chernobyl accident for 2011–2016. Zhytomyr: In-t silskoho hosp-va Polissia NAAN Ukrainy, 34. Available at: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/4728>
 27. Krasnov, V. P. (1998). Radioekolohiya lisiv Polissia Ukrainy. Zhytomyr: Volyn, 112.
 28. Krasnov, V. P., Orlov, O. O., Kurbet, T. V. (2010). Metodyka obstezhennia radiatsiyno zabrudnenykh lisiv z metoiu yikh reabilitatsiyi na period 2010–2015 rr. Zhytomyr, 16.
 29. Yasutaka, T., Naito, W. (2016). Assessing cost and effectiveness of radiation decontamination in Fukushima Prefecture, Japan. Journal of Environmental Radioactivity, 151, 512–520. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.05.012>
 30. Evrard, O., Laceby, J. P., Nakao, A. (2019). Effectiveness of landscape decontamination following the Fukushima nuclear accident: a review. SOIL, 5 (2), 333–350. doi: <https://doi.org/10.5194/soil-5-333-2019>
 31. Kato, H., Onda, Y., Yamaguchi, T. (2018). Temporal changes of the ambient dose rate in the forest environments of Fukushima Prefecture following the Fukushima reactor accident. Journal of Environmental Radioactivity, 193-194, 20–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.08.009>
 32. Almgren, S., Isaksson, M. (2009). Long-term investigation of anthropogenic and naturally occurring radionuclides at reference sites in western Sweden. Journal of Environmental Radioactivity, 100 (7), 599–604. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2009.04.009>
 33. Khomutinin, Y., Levchuk, S., Protsak, V., Pavliuchenko, V., Kashparov, V. (2019). Prompt Mapping of Radioactively Contaminated Areas. Nuclear and Radiation Safety, 3 (83), 51–57. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.3\(83\).06](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.3(83).06)
 34. Krasnov, V. P., Orlov, O. O., Landin, V. P. et. al. (2008). Rekomendatsiyi z vedennia lisovoho hospodarstva v umovakh radioaktyvnoho zabrudnennia. Kyiv: Derzhkomlishosp, 82.
 35. Pro zatverdzhennia Derzhavnogo hihienichnoho normatyvu «Hihienichniy normatyv pytomoi aktyvnosti radionuklidiv (^{137}Cs ta (^{90}Sr u derevyni ta produktsiyi z derevyny». Zareiestrovano v Ministerstvi yustytysiyi Ukrainy 16 lystopada 2005 r. za N 1384/11664. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1384-05#Text>
 36. DSTU ISO 10381-1:2004. Yakist gruntu vidbir prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo skladannia prohram vidbyrannia prob (2006). Kyiv: derzhspozhyvstandart Ukrainy, 62.
 37. Krasnov, V. P., Kurbet, T. V., Shelest, Z. M., Boiko, O. L. (2016). ^{137}Cs redistribution in time in wet bory and sugrudy soils in forests of Ukrainian Polissia. Nuclear Physics and Atomic Energy, 17 (1), 63–68. doi: <https://doi.org/10.15407/jnpae2016.01.063>
 38. Melnyk, V. V. (2019). Kolyvannia velychyn pytomoi aktyvnosti ^{137}Cs u riznykh sharakh lisovykh gruntiv v umovakh svizhoho boru Ukrainskoho Polissia. Zbirnyk naukovykh prats II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi. Ekolohichna bezpeka: suchasni problemy ta propozytyiyi. Vol. II. Kyiv: Interservis, 133–140.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210044

BIOCOLMATION AND THE FINITE ELEMENT MODELING OF ITS INFLUENCE ON CHANGES IN THE HEAD DROP IN A GEOBARRIER (p. 18–26)

Oksana Ulyanchuk-Martyniuk

National University of Water and

Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9077-7272>

Olga Michuta

National University of Water and

Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8969-6897>

Natalia Ivanchuk

National University of Water and

Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7170-7068>

The influence of the biocolmation of the geobarrier for organic waste storage on the values of head drops has been investigated. A mathematical model of filtration of organic substances taking into consideration the biocolmation effect was formed. The mathematical model contains the equation of filtration under conditions of variable porosity. In addition, the mathematical model includes the equation of transfer of organic chemical substances in pore fluid and the equation of dynamics in bacteria biomass in a porous medium based on the Monod equation. The problem in the region with a thin inclusion was solved by the method of finite elements. The schematic algorithm of finding an approximate solution

of the boundary problem, including the scheme of discretization over time, is presented. Numerical experiments were conducted with an analysis of their results. In particular, the tables have been given of the values of heads and their drops on inclusions when biocolmation is neglected and the values of heads and their drops on inclusions while taking into account biocolmation at specific moments of time. The numerical experiments showed that the existence of microorganisms in soil pores significantly influences the values of heads at the top and at the bottom of a geobarrier. In particular, relative changes in head drops, in comparison with the case of disregarding the influence of microorganisms, can reach 54.8 % towards an increase. Such differences, in turn, lead to a change in the estimation calculations of the propagation of waste storage contamination into groundwater. They can also cause negative changes in the stressed-strained state of a soil array in the vicinity of a geobarrier as a type of a thin inclusion and lead to the intensification of shear processes. At the same time, due to the nonlinearity of influences and complex interdependence among processes, it is not possible to predict such values and their differences without computer simulation and mathematical modeling.

Keywords: biocolmation, organic waste, geobarrier, a finite element method, model of bacteria development.

References

- Kong, D.-J., Wu, H.-N., Chai, J.-C., Arulrajah, A. (2017). State-Of-The-Art Review of Geosynthetic Clay Liners. *Sustainability*, 9 (11), 2110. doi: <https://doi.org/10.3390/su9112110>
- Scalia, J., Bareither, C. A., Shackelford, C. D. (2018). Advancing the use of geosynthetic clay liners as barriers. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 49 (4), 100–114. Available at: https://www.researchgate.net/publication/329544978_Advancing_the_use_of_geosynthetic_clay_liners_as_barriers
- Martyniuk, P. M., Michuta, O. R., Ulianchuk-Martyniuk, O. V., Kuzlo, M. T. (2018). Numerical investigation of pressure head jump values on a thin inclusion in one-dimensional nonlinear soil moisture transport problem. *International Journal of Applied Mathematics*, 31 (4), 649–660. doi: <https://doi.org/10.12732/ijam.v31i4.10>
- Chui, Y., Martyniuk, P., Kuzlo, M., Ulianchuk-Martyniuk, O. (2019). The conditions of conjugation in the tasks of moisture transfer on a thin clay inclusion taking into account salt solutions and temperature. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 49 (1), 28–38. doi: <https://doi.org/10.7546/jtam.49.19.01.03>
- Ulianchuk-Martyniuk, O., Michuta, O. (2020). Conjugation conditions in the problem of filtering chemical solutions in the case of structural changes to the material and chemical suffusion in the geobarrier. *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, 19 (1), 141–154. doi: <https://doi.org/10.17654/hm019010141>
- Ulianchuk-Martyniuk, O. V. (2020). Numerical simulation of the effect of semi-permeable properties of clay on the value of concentration jumps of contaminants in a thin geochemical barrier. *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 8 (1), 91–104. doi: <https://doi.org/10.32523/2306-6172-2020-8-1-91-104>
- Baveye, P., Vandevivere, P., Hoyle, B. L., DeLeo, P. C., de Lozada, D. S. (1998). Environmental Impact and Mechanisms of the Biological Clogging of Saturated Soils and Aquifer Materials. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 28 (2), 123–191. doi: <https://doi.org/10.1080/10643389891254197>
- Seki, K. (2013). Biological Clogging of Sand Columns. *Open Journal of Soil Science*, 03 (03), 148–152. doi: <https://doi.org/10.4236/ojss.2013.33017>
- Knabe, D., Kludt, C., Jacques, D., Lichtner, P., Engelhardt, I. (2018). Development of a Fully Coupled Biogeochemical Reactive Transport Model to Simulate Microbial Oxidation of Organic Carbon and Pyrite Under Nitrate-Reducing Conditions. *Water Resources Research*, 54 (11), 9264–9286. doi: <https://doi.org/10.1029/2018wr023202>
- Moshynsky, V., Riabova, O. (2013). Approaches to Aquatic Ecosystems Organic Energy Assessment and Modelling. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 125–135. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6152-0_12
- Glatstein, D. A., Francisca, F. M. (2014). Hydraulic conductivity of compacted soils controlled by microbial activity. *Environmental Technology*, 35 (15), 1886–1892. doi: <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.885583>
- Clement, T. P., Hooker, B. S., Skeen, R. S. (1996). Macroscopic Models for Predicting Changes in Saturated Porous Media Properties Caused by Microbial Growth. *Ground Water*, 34 (5), 934–942. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1996.tb02088.x>
- Tang, Q., Gu, F., Zhang, Y., Zhang, Y., Mo, J. (2018). Impact of biological clogging on the barrier performance of landfill liners. *Journal of Environmental Management*, 222, 44–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.039>
- Thullner, M., Regnier, P. (2019). Microbial Controls on the Biogeochemical Dynamics in the Subsurface. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 85 (1), 265–302. doi: <https://doi.org/10.2138/rmg.2019.85.9>
- Bajracharya, B. M., Lu, C., Cirpka, O. A. (2014). Modeling substrate-bacteria-grazer interactions coupled to substrate transport in groundwater. *Water Resources Research*, 50 (5), 4149–4162. doi: <https://doi.org/10.1002/2013wr015173>
- Thullner, M., Schroth, M. H., Zeyer, J., Kinzelbach, W. (2004). Modeling of a microbial growth experiment with bioclogging in a two-dimensional saturated porous media flow field. *Journal of Contaminant Hydrology*, 70 (1-2), 37–62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2003.08.008>
- Thullner, M. (2010). Comparison of bioclogging effects in saturated porous media within one- and two-dimensional flow systems. *Ecological Engineering*, 36 (2), 176–196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.037>
- Eljamal, O., Jinno, K., Hosokawa, T. (2008). A mathematical model of biological clogging of soil-sawdust media. *Journal of Environmental Hydrology*, 16 (4), 1–12. Available at: https://www.researchgate.net/publication/281260984_A_mathematical_model_of_biological_clogging_of_soil-sawdust_media
- Sergienko, I. V., Skopetskiy, V. V., Deyneka, V. S. (1991). *Matematicheskoe modelirovanie i issledovanie protsessov v neodnorodnyh sredah*. Kyiv: Naukova dumka, 431.
- Vlasyuk, A. P., Martyniuk, P. M., Fursovych, O. R. (2009). Numerical solution of a one-dimensional problem of filtration consolidation of saline soils in a nonisothermal regime. *Journal of Mathematical Sciences*, 160 (4), 525–535. doi: <https://doi.org/10.1007/s10958-009-9518-8>
- Bölter, M., Bloem, J., Meiners, K., Möller, R. (2005). Enumeration and biovolume determination of microbial cells. *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, 93–113. doi: <https://doi.org/10.1079/9780851990989.0093>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210096

APPLYING A MODIFIED ALUMINUM SULFATE SOLUTION IN THE PROCESSES OF DRINKING WATER PREPARATION (p. 26–36)**Stanislav Dushkin**National University of Civil
Defence of Ukraine, Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9345-9632>**Tamara Shevchenko**O. M. Beketov National University of
Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4513-6759>

This paper reports a study on the application of aluminum sulfate solution, modified by the magnetic field and electrocoagulation, in the processes of drinking water preparation. The modification of the coagulant solution makes it possible to intensify water purification processes, to reduce reagent consumption by 25–30 %. It has been found that a dose of the modified aluminum sulfate solution of 28–30 mg/dm³ improves the efficiency of removal of suspended substances and coloration by 35–40 %. The dosage of the conventional reagent solution was 40 mg/dm³ while reaching the same purification parameters.

Modifying a solution of aluminum sulfate with the magnetic field and electrocoagulation increases the hydraulic size of the coagulated suspension. A change in the hydraulic size in the suspension has been studied at different periods of the year. In winter, when treating water with the modified aluminum sulfate solution, there a decrease in the suspension content whose hydraulic size is 0.1 mm/s and less, from 89 % to 22 %. In this case, the content of suspended substances at settling decreases from 8.5–12.5 mg/dm³ to 5.6–8.3 mg/dm³. In spring, when using the modified coagulant solution, the content of suspension whose size is 0.1 mm/s and less decreased from 55 % to 15 %. In summer, there is an increase in the content of suspension whose size is 0.3–0.5 mm/, from 58 % (a conventional reagent solution) to 66 % (the modified reagent solution). This indicates an intensification of the coagulation of impurities and the clarification of water.

The experimental data testify to an increase in the effectiveness of discoloration of natural low-turbid colored water to 63.3–63.9 % for the modified reagent solution at 45.5 % for a conventional reagent solution. A change in the bacteriological parameters has been determined: the effectiveness of the decrease in a microbial number grows from 11.6–18.7 % to 18.6–25.1 %. In terms of a coli-index, the efficiency of purification grows from 16.6–23.1 % to 23.0–29.5 %.

Keywords: drinking water quality, modification of reagent solution, coagulation, aluminum sulfate, hydraulic size, coloration, suspended substances, water clarification, magnetic field, anode-dissolved iron.

References

- Draginskiy, V. L., Alekseeva, L. P. (2000). Povyshenie effektivnosti reagentnoy obrabotki vody na vodoprovodnykh stantsiyah. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 5, 45–47.
- Dushkin, S. S., Martynov, S., Dushkin, S. S. (2019). Intensification of the contact clarifiers work during the drinking water preparation. *Journal of Water and Land Development*, 41 (1), 55–60. doi: <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0027>
- Volodchenko, O. V. (2002). Analiz metodov intensifikatsii raboty ochistnykh sooruzheniy. *Kommunal'noe hozyaystvo gorodov*, 36, 267–271. Available at: <https://cutt.ly/bsGkEt7>
- Onyango, L. A., Quinn, C., Tng, K. H., Wood, J. G., Leslie, G. (2015). A Study of Failure Events in Drinking Water Systems as a Basis for Comparison and Evaluation of the Efficacy of Potable Reuse Schemes. *Environmental Health Insights*, 9 (3), 11–18. doi: <https://doi.org/10.4137/ehi.s31749>
- Dushkin, S. S., Galkina, O. P. (2019). More Effective Clarification of Circulating Water at Coke Plants. *Coke and Chemistry*, 62 (10), 474–480. doi: <https://doi.org/10.3103/s1068364x19100041>
- Moskvichev, S. S., Mileshekin, S. I., Moskvicheva, A. V., Moskvicheva, E. V. (2019). The intensification of water purification plant work. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698, 055038. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/698/5/055038>
- Coward, T., Tribe, H., Harvey, A. P. (2018). Opportunities for process intensification in the UK water industry: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 21, 116–126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.11.010>
- Lin, J., Ye, W., Zhong, K., Shen, J., Jullok, N., Sotto, A., Van der Bruggen, B. (2016). Enhancement of polyether-sulfone (PES) membrane doped by monodisperse Stöber silica for water treatment. *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*, 107, 194–205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.03.011>
- Alabi, A., Chiesa, M., Garlisi, C., Palmisano, G. (2015). Advances in anti-scale magnetic water treatment. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 1 (4), 408–425. doi: <https://doi.org/10.1039/c5ew00052a>
- Dushkin, S. S., Blagodarnaya, G. I. (2010). Povyshenie effektivnosti raboty gorodskikh sistem vodosnabzheniya. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*, 60, 315–319.
- Yevdoshenko, V. V., Dushkin, S. S., Hres, O. V., Kovalenko, O. M., Blahodarna, H. I. (2017). Pat. No. 118596 UA. Sposib ochystky pryrodnykh i stichnykh vod. No. a201702868; declared: 27.03.2017; published: 10.08.2017, Bul. No. 15.
- Blahodarna, H. I., Tykhoniuk, V. O., Dushkin, S. S. (2001). Pat. No. 45258 UA. Sposib modifikatsiyi filtruiuchoho zavantazhennia dlia osviltlenia pryrodnykh i stichnykh vod. No. 2001074832; declared: 10.07.2001; published: 15.03.2002, Bul. No. 3.
- Dushkin, S. S. (2012). Ochistka malomutnykh vod vysokoy tsvetnosti. *Scientific Bulletin of Civil Engineering*, 71, 410–416.
- Sadet, A., Stavarache, C., Teleanu, F., Vasos, P. R. (2019). Water hydrogen uptake in biomolecules detected via nuclear magnetic phosphorescence. *Scientific Reports*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53558-8>
- Klassen, V. I. (1978). Omagnichivanie vodnykh sistem. Moscow: Himiya, 240. Available at: <https://www.twirpx.com/file/176541/>
- Ternovtsev, V. E. (1976). Magnitnye ustanovki v sistemah oborotnogo vodosnabzheniya. Kyiv: Budivelnyk, 88.
- Tebenihin, E. F., Gusev, B. T. (1970). Obrabotka vody magnitnym polem v teploenergetike. Moscow: Energiya, 144.
- Shevchenko, T. O., Epoian, S. M., Airapetian, T. S., Dushkin, S. S. (2012). Pat. No. 103698 UA. Prystriy dlia aktyvatsiyi rozchyniv reahentiv. No. a201203185; declared: 19.03.2012; published: 11.11.2013, Bul. No. 21.
- Posobie po proektirovaniyu sooruzheniy dlya ochistki i podgotovki vody (k SNiP 2.04.02-84). Utverzhdeno prikazom NII KVOV AKH im. K. D. Pamfilova ot 9 aprelya 1985 g. No. 24. Available at: <http://www.docload.ru/Basesdoc/2/2689/index.htm>

20. Dushkin, S. S. (2003). Resursoberegayushchie tehnologii ochistki prirodnyh i stochnykh vod. Kommunal'noe hozyaystvo gorodov, 51, 96–101.
21. Blagodarnaya, G. I. (2002). Modifikatsiya zagruzki fil'tra aktivirovannym rastvorom flokulyanta. Kommunal'noe hozyaystvo gorodov, 43, 173–177.
22. Korinko, I. V., Kobylanskiy, V. Ya., Panasenko, Yu. O. (2013). Kontrol yakosti vody. Kharkiv: KhNAHKH, 288.
23. Keeley, J., Jarvis, P., Judd, S. J. (2014). Coagulant Recovery from Water Treatment Residuals: A Review of Applicable Technologies. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44 (24), 2675–2719. doi: <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.829766>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210059

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 (p. 37–44)

Boris Pospelov

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

Vladimir Andronov

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

Evgeniy Rybka

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

Oleksii Krainiukov

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

Nadiya Maksymenko

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

Ruslan Meleshchenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5411-2030>

Yuliia Bezuhla

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

Inna Hrachova

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4022-1719>

Roman Nesterenko

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6357-3613>

Alla Shumilova

Slobozhanskyi National Nature Park, Krasnokutsk, Kharkiv reg., Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3547-5615>

A mathematical model of joint determining the risk to human health and the identification of hazardous states of the polluted urban atmosphere based on the measurement of current concentrations of pollutants was developed. The structure of the model includes two structural units. The input data for structural units are the results of measuring current concentrations of atmospheric pollutants at a checkpoint. The current risk to human health is calculated in the first unit, and recurrent states of atmosphere for early detection of dangerous pollution levels are determined in the second unit. A distinctive feature of the model is the use of only measurements of current concentrations of pollutants in the atmosphere at a control point. Meteorological or other information is not used. That is why the developed model is universal and can be used in any weather conditions and peculiarities of the urban infrastructure. The operation efficiency of the proposed model was tested experimentally using the example of measuring current concentrations of formaldehyde, nitrogen dioxide, and ammonia in the atmosphere of the typical urban infrastructure. It was established that the developed model makes it possible to determine the risk of immediate toxic effects and chronic intoxication for humans, caused by atmospheric pollution. It was proved experimentally that the proposed model makes it possible, together with the identification of relevant risks to human health, to detect hazardous states of the polluted atmosphere, in which pollutants are usually accumulated. It was established that determining the current probability of recurrent conditions of the polluted atmosphere makes it possible with various reliability degrees to detect the possible occurrence of negative effects of atmospheric pollution on human health 6–12 hours beforehand.

Keywords: air pollution, current concentrations of pollutants, risks to human health, recurrent states.

References

1. Egondi, T., Kyobutungi, C., Ng, N., Muindi, K., Oti, S., Vijver, S. et. al. (2013). Community Perceptions of Air Pollution and Related Health Risks in Nairobi Slums. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10 (10), 4851–4868. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph10104851>
2. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductivity. Ecology, Environment and Conservation, 22 (3), 1171–1176.
3. Ma, C. (2010). Who bears the environmental burden in China – An analysis of the distribution of industrial pollution sources? Ecological Economics, 69 (9), 1869–1876. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.005>
4. Goodman, A., Wilkinson, P., Stafford, M., Tonne, C. (2011). Characterising socio-economic inequalities in exposure to air pollution: A comparison of socio-economic markers and scales of measurement. Health & Place, 17 (3), 767–774. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.02.002>
5. Su, J. G., Jerrett, M., de Nazelle, A., Wolch, J. (2011). Does exposure to air pollution in urban parks have socioeconomic, racial or ethnic gradients? Environmental Research, 111 (3), 319–328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.002>

6. Zou, B., Peng, F., Wan, N., Wilson, J. G., Xiong, Y. (2014). Sulfur dioxide exposure and environmental justice: a multi-scale and source-specific perspective. *Atmospheric Pollution Research*, 5 (3), 491–499. doi: <https://doi.org/10.5094/apr.2014.058>
7. Zou, B., Wilson, J. G., Zhan, F. B., Zeng, Y. (2009). Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies. *Journal of Environmental Monitoring*, 11 (3), 475. doi: <https://doi.org/10.1039/b813889c>
8. Beckx, C., Int Panis, L., Arentze, T., Janssens, D., Torfs, R., Broekx, S., Wets, G. (2009). A dynamic activity-based population modelling approach to evaluate exposure to air pollution: Methods and application to a Dutch urban area. *Environmental Impact Assessment Review*, 29 (3), 179–185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.10.001>
9. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 11–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114504>
10. 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>
11. Kondratenko, O. M., Vambol, S. O., Strokov, O. P., Avramenko, A. M. (2015). Mathematical model of the efficiency of diesel particulate matter filter. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 55–61.
12. Bell, M. L., Ebisu, K., Belanger, K. (2007). Ambient Air Pollution and Low Birth Weight in Connecticut and Massachusetts. *Environmental Health Perspectives*, 115 (7), 1118–1124. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.9759>
13. Ballester, F. (2002). The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide. *Occupational and Environmental Medicine*, 59 (5), 300–308. doi: <https://doi.org/10.1136/oem.59.5.300>
14. 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>
15. Pascual, M., Ellner, S. P. (2000). Linking ecological patterns to environmental forcing via nonlinear time series models. *Ecology*, 81 (10), 2767–2780. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2767:leptef\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2767:leptef]2.0.co;2)
16. Parrott, L. (2004). Analysis of simulated long-term ecosystem dynamics using visual recurrence analysis. *Ecological Complexity*, 1 (2), 111–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2004.01.002>
17. Proulx, R. (2007). Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: A field ecologist's perspective. *Ecological Complexity*, 4 (3), 85–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.03.003>
18. Marwan, N., Kurths, J. (2002). Nonlinear analysis of bivariate data with cross recurrence plots. *Physics Letters A*, 302 (5-6), 299–307. doi: [https://doi.org/10.1016/s0375-9601\(02\)01170-2](https://doi.org/10.1016/s0375-9601(02)01170-2)
19. Kantz, H., Schreiber, T. (2003). *Nonlinear Time Series Analysis*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511755798>
20. Eckmann, J.-P., Kamphorst, S. O., Ruelle, D. (1987). Recurrence Plots of Dynamical Systems. *Europhysics Letters (EPL)*, 4 (9), 973–977. doi: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/4/9/004>
21. Webber, C. L., Zbilut, J. P.; Riley, M. A., Van Orden, G. (Eds.) (2004). Chap. 2. Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems. *Tutorials in Contemporary Nonlinear Methods for the Behavioral Sciences*, 26–94.
22. 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>
23. Turcotte, D. L. (1997). *Fractals and chaos in geology and geophysics*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139174695>
24. Poulsen, A., Jomaas, G. (2011). Experimental Study on the Burning Behavior of Pool Fires in Rooms with Different Wall Linings. *Fire Technology*, 48 (2), 419–439. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0230-0>
25. Zhang, D., Xue, W. (2010). Effect of heat radiation on combustion heat release rate of larch. *Journal of West China Forestry Science*, 39, 148.
26. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2017). Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 32–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96694>
27. 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>
28. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Romina, 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>
29. 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>
30. 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>
31. Bendat, J. S., Piersol, A. G. (2010). *Random data: analysis and measurement procedures*. John Wiley & Sons, 640.
32. 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*, 1. doi: <https://doi.org/10.1155/2009/673539>
33. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P., Gornostal, S. (2019). Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (97)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155027>

34. 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>
35. 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>
36. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et. al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
37. Singh, P. (2016). Time-frequency analysis via the fourier representation. HAL.
38. Stankovic, L., Dakovic, M., Thayaparan, T. (2014). Time-frequency signal analysis. Kindle edition, 655.
39. Avargel, Y., Cohen, I. (2010). Modeling and Identification of Nonlinear Systems in the Short-Time Fourier Transform Domain. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 58 (1), 291–304. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2009.2028978>
40. Giv, H. H. (2013). Directional short-time Fourier transform. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 399 (1), 100–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2012.09.053>
41. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequency-temporal 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>
42. Ferrante, M., Fiore, M., Copat, C., Morina, S., Ledda, C., Mauceri, C., Oliveri Conti, G. (2015). Air Pollution in High-Risk Sites—Risk Analysis and Health Impact. *Current Air Quality Issues*. doi: <https://doi.org/10.5772/60345>
43. Naydenko, V. V., Gubanov, L. N., Kosarikov, A. N., Afanas'eva, I. M., Ivanov, A. V. (2003). *Ekologo-ekonomicheskii monitoring okruzhayushchey sredy. Nizhniy Novgorod*, 186.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209841
COMPARISON OF FIRE RESISTANCE OF
POLYMERS IN INTUMESCENT COATINGS FOR
STEEL STRUCTURES (p. 45–54)

Kostyantyn Kalafat

Kyiv National University of
Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6165-0005>

Nadezhda Taran

L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry
and Coal Chemistry of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1043-5596>

Viktoriiia Plavan

Kyiv National University of
Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9559-8962>

Volodymyr Bessarabov

Kyiv National University of
Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0637-1729>

Glib Zagoriy

Kyiv National University of
Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9362-3121>

Liubov Vakhitova

L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry
and Coal Chemistry of the National Academy
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4727-9961>

Thermal destruction of fire-retardant intumescent coating of the composition of ammonium polyphosphate (APP)/melamine (MA)/pentaerythrite (PE)/titanium oxide (TiO₂)/polymer, which can be applied for fire protection of steel structures, was studied. The influence of polymers of different nature – ethylene-vinyl acetate (EVA), vinyl acetate versatate (VAVV), styrene acrylates, and vinyl toluene acrylate on the processes of formation of a coke layer and fire-retardant effectiveness of appropriate coatings was determined.

Chemical transformations of polymers EVA and styrene acrylate in the intumescent system of ARR/MA/PE/TiO₂ in the temperature range of 200–800 °C were studied. It was established that the processes of the thermal destruction of vinyl acetate polymer are more harmonized with chemical reactions of the components of the intumescent system than similar processes for acrylate aromatic polymers.

Thermal-oxidation destruction of intumescent compositions at the temperatures of 200–800 °C was explored. It was shown that basic chemical processes with polymers of EVA and VAVV begin after 300 °C and flow in the temperature range of 350–600 °C. It was found that the noticeable degradation of the carbon-phosphorus frame of intumescent compositions with styrene acrylate polymers begins at 450 °C, which is almost by 150 °C below the temperature of degradation of the compositions containing vinyl acetate binders.

The conducted fire tests demonstrate that intumescent compositions with the use of acrylate aromatic polymers are more effective at the low coating thickness in ensuring the fire resistance boundary of 30 min. In order to ensure higher values of fire resistance, it is necessary to use intumescent coatings containing vinyl acetate co-polymers as the polymer component.

The study of the impact of polymers of intumescent coatings on the boundary of fire resistance of steel structures has scientific and practical significance for the development of differentiated fire protection means, oriented to the given class of fire resistance. Fire-retardant intumescent compositions examined in this study can be used as the basis for the formulations of materials for fire protection of building structures under conditions of a standard fire.

Keywords: vinyl acetate, styrene acrylate, coefficient of swelling, intumescent coating, fire resistance boundary, standard fire.

References

1. Yasir, M., Ahmad, F., Yusoff, P. S. M. M., Ullah, S., Jimenez, M. (2019). Latest trends for structural steel protection by using

- intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*, 36 (4), 334–363. doi: <https://doi.org/10.1080/02670844.2019.1636536>
2. Puri, R. G., Khanna, A. S. (2016). Intumescent coatings: A review on recent progress. *Journal of Coatings Technology and Research*, 14 (1), 1–20. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-016-9815-3>
 3. Bilotta, A., de Silva, D., Nigro, E. (2016). Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel structures. *Construction and Building Materials*, 121, 410–422. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2016.05.144](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.144)
 4. Mariappan, T. (2016). Recent developments of intumescent fire protection coatings for structural steel: A review. *Journal of Fire Sciences*, 34 (2), 120–163. doi: <https://doi.org/10.1177/0734904115626720>
 5. Vakhitova, L., Drizhd, V., Taran, N., Kalafat, K., Bessarabov, V. (2016). The effect of organoclays on the fire-proof efficiency of intumescent coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (84)), 10–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.84391>
 6. Weil, E. D. (2011). Fire-Protective and Flame-Retardant Coatings – A State-of-the-Art Review. *Journal of Fire Sciences*, 29 (3), 259–296. doi: <https://doi.org/10.1177/0734904110395469>
 7. Riva, A., Camino, G., Fomperie, L., Amigouët, P. (2003). Fire retardant mechanism in intumescent ethylene vinyl acetate compositions. *Polymer Degradation and Stability*, 82 (2), 341–346. doi: [https://doi.org/10.1016/s0141-3910\(03\)00191-5](https://doi.org/10.1016/s0141-3910(03)00191-5)
 8. Magnet, S., Duquesne, S., Delobel, R., Jama, C. (2006). Pat. No. US7288588B2. Polymer binder for intumescent coatings. No. 11/473615; declared: 23.06.2006; published: 30.10.2007. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/2b/e8/1d/c98c4d5dee03a6/US7288588B2.pdf>
 9. EN 1993-1-1 (2005). Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.1.1.2005.pdf>
 10. Kalafat, K. V., Vakhytova, L. N. (2019). Analiticheskij obzor sredstv ognezashchity stal'nyh konstruktsiy 2019-2020. Kyiv: «UTsSS», 200. Available at: <https://uscc.ua/uploads/page/images/publications/ognezashchita/analiticheskij-obzor-sredstv-ognezashchity-stal'nyh-konstrukcij-2019-2020.pdf>
 11. Nenakhov, S. A., Pimenova, V. P. (2010). Physico-chemical foaming fire-retardant coatings based on ammonium polyphosphate (review of the literature). *Pozharovzryvobezopasnost'*, 19 (8), 11–58. doi: <https://doi.org/10.18322/pvb.2010.19.08.11-58>
 12. Pimenta, J. T., Gonçalves, C., Hiliou, L., Coelho, J. F. J., Magalhães, F. D. (2015). Effect of binder on performance of intumescent coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13 (2), 227–238. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-015-9737-5>
 13. Anees, S. M., Dasari, A. (2017). A review on the environmental durability of intumescent coatings for steels. *Journal of Materials Science*, 53 (1), 124–145. doi: <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1500-0>
 14. Duquesne, S., Magnet, S., Jama, C., Delobel, R. (2005). Thermoplastic resins for thin film intumescent coatings – towards a better understanding of their effect on intumescence efficiency. *Polymer Degradation and Stability*, 88 (1), 63–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.01.026>
 15. Canosa, G., Alfieri, P. V., Giudice, C. A. (2011). Hybrid Intumescent Coatings for Wood Protection against Fire Action. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50 (21), 11897–11905. doi: <https://doi.org/10.1021/ie200015k>
 16. Hu, Y., Wang, X., Li, J. (2016). Regulating Effect of Exfoliated Clay on Intumescent Char Structure and Flame Retardancy of Polypropylene Composites. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55 (20), 5892–5901. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b00480>
 17. Bourbigot, S., Sarazin, J., Samyn, F., Jimenez, M. (2019). Intumescent ethylene-vinyl acetate copolymer: Reaction to fire and mechanistic aspects. *Polymer Degradation and Stability*, 161, 235–244. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.01.029>
 18. Cai, Y., Hu, Y., Song, L., Lu, H., Chen, Z., Fan, W. (2006). Preparation and characterizations of HDPE–EVA alloy/OMT nanocomposites/paraffin compounds as a shape stabilized phase change thermal energy storage material. *Thermochimica Acta*, 451 (1-2), 44–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2006.08.015>
 19. Chuang, C.-S., Sheen, H.-J. (2019). Effects of added nanoclay for styrene-acrylic resin on intumescent fire retardancy and CO/CO₂ emission. *Journal of Coatings Technology and Research*, 17 (1), 115–125. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00246-x>
 20. Beh, J. H., Yew, M. C., Yew, M. K., Saw, L. H. (2019). Fire Protection Performance and Thermal Behavior of Thin Film Intumescent Coating. *Coatings*, 9 (8), 483. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings9080483>
 21. Grexa, O., Lübke, H. (2001). Flammability parameters of wood tested on a cone calorimeter. *Polymer Degradation and Stability*, 74 (3), 427–432. doi: [https://doi.org/10.1016/s0141-3910\(01\)00181-1](https://doi.org/10.1016/s0141-3910(01)00181-1)
 22. Bourbigot, S., Duquesne, S. (2007). Fire retardant polymers: recent developments and opportunities. *Journal of Materials Chemistry*, 17 (22), 2283. doi: <https://doi.org/10.1039/b702511d>
 23. Zanetti, M. (2001). Synthesis and thermal behaviour of layered silicate – EVA nanocomposites. *Polymer*, 42 (10), 4501–4507. doi: [https://doi.org/10.1016/s0032-3861\(00\)00775-8](https://doi.org/10.1016/s0032-3861(00)00775-8)
 24. Pielichowski, K., Njuguna, J. (2005). *Thermal Degradation of Polymeric Materials*. Shawbury: Rapra Technology.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210009

DETERMINATION OF REGULARITIES OF HEAT RESISTANCE UNDER FLAME ACTION ON WOOD WALL WITH FIRE-RETARDANT VARNISH (p. 55–60)

Yuriy Tsapko

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

Vasyl Lomaha

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0569-9987>

Aleksii Tsapko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

Serhii Mazurchuk

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

Oleksandra Horbachova

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

Denys Zavalov

Ukrainian State Research Institute «Resurs», Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9532-0060>

An analysis of fire-retardant materials for wooden building structures is carried out and the need to develop reliable methods for studying the process of ignition and flame propagation on the surface of a building structure, necessary for creating new types of fire-retardant materials, is found. Therefore, it is necessary to determine the conditions for forming a thermal conductivity barrier and find a mechanism for inhibiting heat transfer to the material. In this regard, a computational and analytical method for determining thermal conductivity when using a fire-retardant varnish as a coating is developed, which allows assessing the coefficient of thermal conductivity under high temperature action. According to experimental data and theoretical dependences, the coefficient of thermal conductivity of the fire-retardant coked foam layer of 0.36 W/(m·K) is calculated, which, accordingly, ensures the heat resistance of wood.

As a result of research, it is proved that the process of heat insulation of a wooden structure consists in the formation of soot-like products on the surface of natural combustible material. This made it possible to determine the conditions for fireproofing wood by forming a thermal conductivity barrier during the decomposition of varnish into foamed coke. Experimental studies confirmed that a sample of fireproof wood withstood the temperature effect of the heat flux for 900 s. The maximum possible temperature penetration through the coating is evaluated. It is found that under the temperature effect on the sample, which significantly exceeds the ignition temperature of wood, on the unheated surface of the sample, this value did not exceed 180 °C. Thus, there is reason to assert the possibility of directional regulation of wood fire protection processes using fire-retardant coatings that can form a protective layer on the material surface that inhibits wood burnout.

Keywords: protective agents, weight loss, surface treatment, wood burnout.

References

1. Tsapko, Y., Kyrycyok, V., Tsapko, A., Bondarenko, O., Guzii, S. (2018). Increase of fire resistance of coating wood with adding mineral fillers. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02034. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002034>
2. Tsapko, Y., Bondarenko, O. P., Tsapko, A. (2019). Research of the Efficiency of the Fire Fighting Roof Composition for Cane. *Materials Science Forum*, 968, 61–67. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.61>
3. Tsapko, Y. V., Yu Tsapko, A., Bondarenko, O. P., Sukhanevych, M. V., Kobryn, M. V. (2019). Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708, 012112. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012112>
4. Krüger, S., Gluth, G. J. G., Watolla, M.-B., Morys, M., Häßler, D., Schartel, B. (2016). Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen. *Bau-technik*, 93 (8), 531–542. doi: <https://doi.org/10.1002/bate.201600032>
5. Xiao, N., Zheng, X., Song, S., Pu, J. (2014). Effects of Complex Flame Retardant on the Thermal Decomposition of Natural Fiber. *BioResources*, 9 (3). doi: <https://doi.org/10.15376/biores.9.3.4924-4933>
6. Gaff, M., Kačík, F., Gašparík, M., Todaro, L., Jones, D., Corleto, R. et. al. (2019). The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. *Construction and Building Materials*, 200, 551–558. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.106>
7. Zhao, P., Guo, C., Li, L. (2018). Flame retardancy and thermal degradation properties of polypropylene/wood flour composite modified with aluminum hypophosphite/melamine cyanurate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 135 (6), 3085–3093. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7544-9>
8. Cirpici, B. K., Wang, Y. C., Rogers, B. (2016). Assessment of the thermal conductivity of intumescent coatings in fire. *Fire Safety Journal*, 81, 74–84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.01.011>
9. Nine, M. J., Tran, D. N. H., Tung, T. T., Kabiri, S., Losic, D. (2017). Graphene-Borate as an Efficient Fire Retardant for Cellulosic Materials with Multiple and Synergetic Modes of Action. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9 (11), 10160–10168. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.7b00572>
10. Carosio, F., Alongi, J. (2016). Ultra-Fast Layer-by-Layer Approach for Depositing Flame Retardant Coatings on Flexible PU Foams within Seconds. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8 (10), 6315–6319. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.6b00598>
11. Shi, X.-H., Chen, L., Zhao, Q., Long, J.-W., Li, Y.-M., Wang, Y.-Z. (2020). Epoxy resin composites reinforced and fire-retarded by surficially-treated carbon fibers via a tunable and facile process. *Composites Science and Technology*, 187, 107945. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.107945>
12. Md Nasir, K., Ramli Sulong, N. H., Johan, M. R., Afifi, A. M. (2018). An investigation into waterborne intumescent coating with different fillers for steel application. *Pigment & Resin Technology*, 47 (2), 142–153. doi: <https://doi.org/10.1108/prt-09-2016-0089>
13. Erdoğan, Y. (2016). Production of an insulation material from carpet and boron wastes. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 152, 197–202. doi: <https://doi.org/10.19111/bmre.74700>
14. Zhang, H., Li, Y.-M., Tao, W.-Q. (2017). Theoretical accuracy of anisotropic thermal conductivity determined by transient plane source method. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 108, 1634–1644. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.01.025>
15. Potter, M. C. (2019). *Engineering analysis*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91683-5>
16. Tsapko, Y., Zavalov, D., Bondarenko, O., Marchenco, 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209873**SOIL SAMPLING WHEN EXAMINING FORESTS FOR RADIOACTIVE CONTAMINATION (p. 6–17)****V. Melnyk, T. Kurbet, Z. Shelest, I. Davydova**

Лісові екосистеми є складними площами щодо реабілітації радіоактивно забруднених територій, тому проведення сучасних обстежень даних площ на радіоактивне забруднення є актуальним. В статті розглядається удосконалення методів відбору зразків ґрунту для отримання репрезентативних матеріалів при оцінці вертикальної міграції ^{137}Cs у ґрунтового профілі та рівнів забруднення ґрунту ^{137}Cs . Вивчення щільності радіоактивного забруднення ґрунту проводилося шляхом зменшення кількості відібраних зразків від 30-ти до 3-х у шарах 10, 20 та 30 см. Результати свідчать, що при зменшенні кількості відбору зразків ґрунту середні величини рівнів забруднення ґрунту ^{137}Cs суттєво не відрізняються в межах кожного аналізованого шару. Відмічено, що при відборі зразків у 10 см шарі досліджуваній показник був у 1,3–1,4 рази менше, ніж у 20 та 30 см шарах, а між останніми різниці не спостерігається. Для отримання достовірних рівнів радіоактивного забруднення території необхідно здійснювати 10-кратний відбір зразків у 30 см шарі лісових ґрунтів. При зменшенні кількості відбору зразків ґрунту з 10-ти до 3-х коливання середніх значень питомої активності ^{137}Cs у різних шарах ґрунтового профілю є низьким. Для отримання репрезентативних величин вмісту ^{137}Cs в кожному шарі ґрунтового профілю необхідно здійснювати різний відбір. Так, для всіх шарів лісової підстилки достатнім є 4-х кратний, а для гумусово-елювіального горизонту – 6-ти кратний відбір. Для елювіального та ілювіального горизонту необхідно здійснювати 8-ми кратний, а для ілювіального піску та материнської породи – 10-ти кратний відбір. Отримані результати дають можливість провести сучасне обстеження лісів на радіоактивне забруднення на основі оновленої методики та з використанням отриманих даних щодо міграції ^{137}Cs у лісових ґрунтах.

Ключові слова: ^{137}Cs , щільність радіоактивного забруднення ґрунту, лісові екосистеми, відбір зразків ґрунту.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210044**BIOCOLMATION AND THE FINITE ELEMENT MODELING OF ITS INFLUENCE ON CHANGES IN THE HEAD DROP IN A GEOBARRIER (p. 18–26)****O. Ulyanchuk-Martyniuk, O. Michuta, N. Ivanchuk**

Авторами досліджено вплив біо-кольматції геобар'єра сховища органічних відходів на значення стрибків напорів. Сформувано математичну модель фільтрації органічних речовин з урахуванням ефекту біо-кольматції. Математична модель містить рівняння фільтрації в умовах змінної пористості. Також в математичну модель входить рівняння перенесення органічних хімічних речовин в поровій рідині пористого середовища та рівняння динаміки біомаси бактерій в пористому середовищі на основі рівняння Моно. Розв'язання задачі в області з тонким включенням здійснено методом скінченних елементів. Наведено схематичний алгоритм відшукування наближеного розв'язку крайової задачі, включаючи схему дискретизації в часі. Проведено числові експерименти та здійснено їх аналіз. Зокрема, представлено таблиці значення напорів та їх стрибків на включенні при нехтуванні біо-кольматцією та значення напорів та їх стрибків на включенні при урахуванні біо-кольматції в конкретні моменти часу. Числові експерименти показали, що наявність мікроорганізмів у порах ґрунту значно впливає на значення напорів зверху та знизу геобар'єра. Зокрема, відносні зміни в стрибках напорів, в порівнянні із випадком нехтування впливом мікроорганізмів, можуть сягати 54,8 % в сторону збільшення. Такі відмінності, в свою чергу, призводять до змін у прогнозах розрахунків поширення забруднень зі сховища відходів у ґрунтові води. Також вони можуть спричинити негативні зміни напружено-деформованого стану масиву ґрунту в околі геобар'єра, як типу тонкого включення, та призвести до активізації зсувних процесів. При цьому, в силу нелінійності впливів та складної взаємозалежності процесів, спрогнозувати такі значення та їх відмінності без комп'ютерного та математичного моделювання неможливо.

Ключові слова: біо-кольматція, органічні відходи, геобар'єр, метод скінченних елементів, модель розвитку бактерій.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210096**APPLYING A MODIFIED ALUMINUM SULFATE SOLUTION IN THE PROCESSES OF DRINKING WATER PREPARATION (p. 26–36)****S. Dushkin, T. Shevchenko**

Наведено дослідження щодо застосування модифікованого магнітним полем і електрокоагуляцією розчину сульфату алюмінію в процесах підготовки питної води. Модифікація розчину коагулянту дозволяє інтенсифікувати процеси очищення води, скоротити витрату реагенту на 25–30 %. Встановлено, що при дозі модифікованого розчину сульфату алюмінію 28–30 мг/дм³ підвищується ефективність видалення завислих речовин і забарвленості на 35–40 %. Доза звичайного розчину реагенту була 40 мг/дм³ при досягненні тих же параметрів очищення.

Модифікація розчину сульфату алюмінію магнітним полем і електрокоагуляцією збільшує гідравлічну крупність коагульованої суспензії. Досліджено зміну гідравлічної крупності суспензії в різні періоди року. У зимовий період при обробці води модифікованим розчином сульфату алюмінію зменшується вміст суспензії з гідравлічною крупністю 0,1 мм/с і менше з 89 % до 22 %. При цьому вміст завислих речовин при відстоюванні зменшується з 8,5–12,5 мг/дм³ до 5,6–8,3 мг/дм³. Навесні при використанні модифікова-

ного розчину коагулянту вміст суспензії 0,1 мм/с і менше зменшився з 55 % до 15 %. Влітку збільшується вміст суспензії з розміром 0,3–0,5 мм/с з 58 % (звичайний розчин реагенту) до 66 % (модифікований розчин реагенту). Це свідчить про інтенсифікацію коагуляції домішок і прояснення води.

Дослідні дані свідчать про збільшення ефективності знебарвлення природних маломутних забарвлених вод до 63,3–63,9 % для модифікованого розчину реагенту при 45,5 % для звичайного розчину реагенту.

Встановлено зміну бактеріологічних показників: ефективність зниження мікробного числа зростає з 11,6–18,7 % до 18,6–25,1 %. За показником coli-index ефективність очищення зростає з 16,6–23,1 % до 23,0–29,5 %.

Ключові слова: якість питної води, модифікація розчину реагенту, коагуляція, сульфат алюмінію, гідравлічна крупність, забарвленість, завислі речовини, прояснення води, магнітне поле, анодно-розчинене залізо.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210059

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 (p. 37–44)

B. Pospelov, V. Andronov, E. Rybka, O. Krainiukov, N. Maksymenko, R. Meleshchenko, Yu. Bezuhla, I. Hrachova, R. Nesterenko, A. Shumilova

Розроблено математичну модель спільного визначення ризику здоров'ю людини та виявлення небезпечних станів забрудненої атмосфери міст на основі вимірювання поточних концентрацій забруднювачів. Структура моделі включає два структурних блоки. Вхідними даними для структурних блоків є результати вимірювання поточних концентрацій забруднювачів атмосфери в пункті контролю. У першому структурному блоці обчислюється поточний ризик здоров'ю людини, а в другому – визначаються рекурентні стани атмосфери для раннього виявлення небезпечних рівнів забруднення. Відмінною особливістю моделі є використання тільки вимірювань поточних концентрацій забруднювачів в атмосферному повітрі в пункті контролю. Метеорологічна або інша інформація не використовується. Тому розроблена модель є універсальною і може використовуватися при будь-яких метеорологічних умовах і особливостях міської інфраструктури. Проведена експериментальна перевірка працездатності запропонованої моделі на прикладі вимірювання поточних концентрацій формальдегіду, діоксиду азоту та аміаку в атмосферному повітрі типової міської інфраструктури. Встановлено, що розроблена модель дозволяє визначати ризик негайних токсичних ефектів і хронічної інтоксикації для людини, що наводяться атмосферними забрудненнями. Експериментально підтверджено, що запропонована модель дозволяє спільно з визначенням відповідних ризиків здоров'ю людини, виявляти небезпечні стани забрудненої атмосфери, в яких зазвичай накопичуються забруднювачі. Встановлено, що визначення поточної ймовірності рекурентних станів забрудненої атмосфери дозволяє з різним ступенем достовірності на 6–12 годин раніше виявляти можливу появу негативних впливів забруднень атмосферного повітря на здоров'я людини.

Ключові слова: забруднення атмосфери, поточні концентрації забруднювачів, ризику здоров'ю людини, рекурентні стани.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209841

COMPARISON OF FIRE RESISTANCE OF POLYMERS IN INTUMESCENT COATINGS FOR STEEL STRUCTURES (p. 45–54)

K. Kalafat, N. Taran, V. Plavan, V. Bessarabov, G. Zagoriy, L. Vakhitova

Досліджена термодеструкція вогнезахисного інтумесцентного покриття складу поліфосфат амонію (APP)/меламін (MA)/пен-таеритрит (PE)/оксид титану (TiO₂)/полімер, що може бути застосоване для вогнезахисту сталевих конструкцій. Визначено вплив полімерів різної природи – етиленвінілацетату (EVA), вінілацетатверсатату (VAVV), стирол акрилатів та вінілтолуолакрилату на процеси формування коксового шару та вогнезахисну ефективність відповідних покриттів.

Методами ІЧ-спектроскопії досліджені хімічні перетворення полімерів EVA та стиролакрилатів в інтумесцентній системі APP/MA/PE/TiO₂ в інтервалі температур 200–800 °С. Встановлено, що процеси термодеструкції вінілацетатного полімеру більш гармонізовані з хімічними реакціями компонентів інтумесцентної системи, ніж аналогічні процеси для акрилатних ароматичних полімерів.

Досліджена термоокислювальна деструкція інтумесцентних композицій при температурах 200–800 °С. Показано, що основні хімічні процеси з полімерами EVA та VAVV починаються після 300 °С та перебігають в інтервалі температур 350–600 °С. Встановлено, що помітна деградація вуглець-фосфорного каркасу інтумесцентних композицій зі стиролакрилатними полімерами починається при 450 °С, що майже на 150 °С нижче температури деструкції композицій, що містять вінілацетатні зв'язуючі.

Проведені вогневі дослідження демонструють, що інтумесцентні композиції із застосуванням акрилатних ароматичних полімерів є більш ефективними при малій товщині покриття в забезпеченні межі вогнестійкості 30 хв. А для забезпечення більш високих значень вогнестійкості слід використовувати інтумесцентні покриття, що містять як полімерну складову співполімери вінілацетату.

Дослідження впливу полімерів інтумесцентних покриттів на межу вогнестійкості сталевих конструкцій має наукове та практичне значення при розробці диференційованих засобів вогнезахисту, орієнтованих на заданий клас вогнестійкості. Вогнезахисні інтумесцентні композиції, розглянуті у цьому дослідженні, можуть бути використані як основи рецептур матеріалів для вогнезахисту будівельних конструкцій в умовах стандартної пожежі.

Ключові слова: вінілацетат, стиролакрилат, коефіцієнт спучення, інтумесцентне покриття, межа вогнестійкості, стандартна пожежа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210009**DETERMINATION OF REGULARITIES OF HEAT RESISTANCE UNDER FLAME ACTION ON WOOD WALL WITH FIRE-RETARDANT VARNISH (p. 55–60)****Yu. Tsapko, V. Lomaha, A. Tsapko, S. Mazurchuk, O. Horbachova, D. Zavialov**

Проведено аналіз вогнезахисних матеріалів для дерев'яних будівельних конструкцій і встановлено необхідність розробки надійних методів дослідження процесу займання та розповсюдження полум'я по поверхні будівельної конструкції, необхідних для створення нових типів вогнезахисних матеріалів. Тому виникає необхідність визначення умов утворення бар'єру для теплопровідності і встановлення механізму гальмування передачі тепла до матеріалу. У зв'язку з цим розроблено розрахунково-аналітичний метод визначення теплопровідності, при застосуванні вогнезахисного лаку в якості покриття, що дозволяє оцінити коефіцієнт теплопровідності при високотемпературній дії. За експериментальними даними та теоретичними залежностями розраховано коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного шару пінококсу, що становить 0,36 Вт/(м·К), що відповідно забезпечує телостійкість деревини.

У результаті досліджень доведено, що процес тепло ізолювання дерев'яної конструкції полягає в утворенні сажоподібних продуктів на поверхні природного горючого матеріалу. Завдяки цьому стало можливим визначення умов вогнезахисту деревини, шляхом утворення бар'єру для теплопровідності при розкладанні лаку на пінококс. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що зразок вогнезахисної деревини витримав температурний вплив дії теплового потоку протягом 900 с. Проведено оцінку максимально можливого проникнення температури через товщу покриття. Встановлено, що при температурній дії на зразок, яка значно перевищує температуру займання деревини, на необігрітій поверхні зразка це значення не перевищило 180 °С. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту деревини шляхом застосування вогнезахисних покриттів, здатних утворювати на поверхні матеріалу захисний шар, який гальмує швидкість вигорання деревини.

Ключові слова: захисні засоби, втрата маси, оброблення поверхні, вигорання деревини.