

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298430

IDENTIFYING THE RISKS OF ARMED CONFLICT IMPACT ON THE ECOSYSTEM (p. 6–14)**Iryna Kyrpychova**

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4633-9379>**Kateryna Berezenko**

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

Public Organization «Balanced Development – East»,

Sloviansk, Ukraine

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

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0710-1758>**Serhii Skakovskiy**

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0521-7765>**Nadiia Sopova**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0597-5598>**Yuliia Chupryna**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0294-131X>**Serhii Liubyt'skyi**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9377-7290>**Bohdana Komarysta**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-6597>**Vladyslav Bendiih**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

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

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,

Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4089-3336>

The object of the study is the territory that became the object of the influence of hostilities. The study is dedicated to finding ways to assess the state of ecosystems and ensure their stability in the conditions of military conflicts.

The impact of military conflict on the environment is highlighted through the analysis of risks and losses in ecosystems.

It has been studied that the intensity of armed conflicts determines the scale and degree of damage to ecosystems, and the use of destructive weapons leads to the direct destruction of natural environments and their components.

It has been determined by an expert survey that the most significant changes in natural ecosystems are the biodiversity losses, deforestation, territorial changes and the destruction of natural objects (scores ≥ 9.0). Factors of low impact (score < 6.75) are air pollution, erosion due to air pollution, biodiversity losses due to water pollution.

The interrelationships between military actions and environmental pollution are studied for the importance of understanding these processes for effective management of environmental security during military conflicts.

A mathematical and graphic model of material flows has been developed, which allows taking into account resource flows, pollution and losses in the ecosystem during armed conflicts.

The model, tested in the Kyiv region, made it possible to determine the priorities of conservation and risk management. Analysis of 9,000 km² revealed contaminated areas, in particular, in the south-western and western directions.

The practical use of the research results is in the development of strategies for minimizing and restoring the ecological consequences of armed conflicts. This can help improve the management of natural resources in the context of military operations and increase the resilience of ecosystems.

Keywords: military conflict, risks, sustainability, ecosystem, mathematical model, material flows, geoinformation systems.

References

1. Wenning, R. J., Tomasi, T. D. (2023). Using US Natural Resource Damage Assessment to understand the environmental consequences of the war in Ukraine. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19 (2), 366–375. <https://doi.org/10.1002/ieam.4716>
2. Hanson, T. (2018). Biodiversity conservation and armed conflict: a warfare ecology perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1429 (1), 50–65. <https://doi.org/10.1111/nyas.13689>
3. Gardashuk, T. (2022). Environmental Threats of War in Ukraine. *Envigogika*, 17 (1). <https://doi.org/10.14712/18023061.639>
4. Sasmoko, Imran, M., Khan, S., Khan, H. ur R., Jambari, H., Musah, M. B., Zaman, K. (2023). War psychology: The global carbon emissions impact of the Ukraine-Russia conflict. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1065301>
5. Mobaied, S., Rudant, J.-P. (2019). New method for environmental monitoring in armed conflict zones: a case study of Syria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (11). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7805-5>
6. Almohamad, H. (2020). Impact of Land Cover Change Due to Armed Conflicts on Soil Erosion in the Basin of the Northern Al-Kabeer River in Syria Using the RUSLE Model. *Water*, 12 (12), 3323. <https://doi.org/10.3390/w12123323>
7. Qayyum, U., Anjum, S., Samina Sabir (2021). Armed conflict, militarization and ecological footprint: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125299>
8. Aung, T. S. (2021). Satellite analysis of the environmental impacts of armed-conflict in Rakhine, Myanmar. *Science of The Total Environment*, 781, 146758. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146758>
9. Ma, Y., Lyu, D., Sun, K., Li, S., Zhu, B., Zhao, R. et al. (2022). Spatiotemporal Analysis and War Impact Assessment of Agricultural Land in Ukraine Using RS and GIS Technology. *Land*, 11 (10), 1810. <https://doi.org/10.3390/land11101810>
10. Mohamed, M., Anders, J., Schneider, C. (2020). Monitoring of Changes in Land Use/Land Cover in Syria from 2010 to 2018 Using Multitemporal Landsat Imagery and GIS. *Land*, 9 (7), 226. <https://doi.org/10.3390/land9070226>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.297718

ASSESSING THE DEPOSITION OF HEAVY METALS IN EDAPHOTOPES AND SYNANTROPHY VEGETATION UNDER THE CONDITIONS OF TECHNOLOGICAL POLLUTION OF THE CITY (p. 15–26)

Oksana Yehorova

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-5582>

Liudmyla Zhytska

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4013-7936>

Volodymyr Bakharev

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>

Olga Mislyuk

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0401-9836>

Elena Khomenko

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-0577>

The object of this study is a regional center with a developed industry and a significant traffic load. The study provides an assessment of the impact of the urbanization process on the conditions of development of urban edaphotopes and their role in the functioning of urban ecosystems. It was determined that the geochemistry of the soils of urban ecosystems is significantly different from natural landscapes, which is due to the symbiosis of natural and anthropogenic factors. The content of mobile forms of heavy metals in the soil of 14 localities of different functional zones within the city was investigated. A comparative assessment of the spatial heterogeneity of the content of heavy metals in the vegetative organs (root, shoot) of the diagnostic species *Polygonum aviculare* L. was performed. Based on the sources of emission of heavy metals and the formed geochemical anomalies, a direct dependence was established on their accumulation by the vegetative organs of *Polygonum aviculare* L. According to the calculated biological absorption coefficient (BAC), high bioavailability for the accumulation of man-made toxicants Cu, Zn, Pb, Cd by the phytomass of *Polygonum aviculare* L. was proven. It was determined that the content of heavy metals in different parts of the test object is due to their physiological ability to accumulate these toxicants in the root and above ground mass. Active translocation of toxicants from the soil to the roots is characteristic of localities with intense influence of man-made factors, for which the value of the bioavailability coefficient varies within $0.6 > \text{BAC} < 0.85$. Correlation coefficients between the content of heavy metals in the atmosphere, soil, and vegetative organs of the plant were determined. The research allows us to evaluate the prospects for using *Polygonum aviculare* L. as a cumulative indicator of metal pollution in urban technogenic ecosystems and their high phytoremediation value under conditions of environmental pollution with heavy metals.

Keywords: heavy metals, deposition, *Polygonum aviculare* L., urban edaphotopes, synanthropic plants, phyto indication.

References

- Zhao, H., Cui, B., Zhang, K. (2010). The distribution of heavy metal in surface soils and their uptake by plants along roadside slopes in longitudinal range gorge region, China. *Environmental Earth Sciences*, 61 (5), 1013–1023. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0422-9>
- Randelović, D., Jakovljević, K., Mihailović, N., Jovanović, S. (2018). Metal accumulation in populations of *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth from diverse anthropogenically degraded sites (SE Europe, Serbia). *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (4). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6514-9>
- Liang, J., Fang, H. L., Zhang, T. L., Wang, X. X., Liu, Y. D. (2017). Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.006>
- El-Khatib, A. A., Barakat, N. A., Youssef, N. A., Samir, N. A. (2019). Bioaccumulation of heavy metals air pollutants by urban trees. *International Journal of Phytoremediation*, 22 (2), 210–222. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1652883>
- Singh, H., Yadav, M., Kumar, N., Kumar, A., Kumar, M. (2020). Assessing adaptation and mitigation potential of roadside trees under the influence of vehicular emissions: A case study of *Grevillea robusta* and *Mangifera indica* planted in an urban city of India. *PLOS ONE*, 15 (1), e0227380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227380>
- Grbović, F., Stanković, S. M., Vukajlović, F., Branković, S., Simić, Z., Topuzović, M. (2016). Comparative study of the accumulation of metals in the plant *Polygonum aviculare* L. from different sites in the city of Kragujevac. *Biologia Serbica*, 38 (1), 12–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.216054>
- Dambiec, M., Wojtuń, B., Samecka-Cymerman, A., Polechońska, L., Rudecki, A., Kempers, A. J. (2017). Fluorine and metals in *Polygonum arenastrum* Bor. from areas influenced by various types of industry. *Ecological Indicators*, 82, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.053>
- Dambiec, M., Klink, A., Polechońska, L. (2022). Concentration and translocation of trace metals in *Solidago gigantea* in urban areas: a potential bioindicator. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (12), 11729–11740. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-03932-3>
- Korneliuk, N. M., Mysliuk, O. O. (2007). Pryrodni faktory aerotekhnohennoho zabrudnennia m. Cherkasy vazhkymy metalamy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*, 590, 260–269. Available at: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/2967>
- Gololobova, E. (2011). Assessment of soil contamination polyelement areas of different levels anthropogenic load. *Liudyna ta dovkilia. Problemy neoekolohiyi*, 1-2, 118–125. Available at: <http://ludovk.univer.kharkov.ua/sites/default/files/Papers/Gololob.pdf>
- Yakovyshyna, T. F. (2016). Indeks antropohennoho navantazhennia na hrunt urboekosystem vnaslidok zabrudnennia vazhkymy metalamy. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Forum hirnykiv – 2016»*. Dnipro, 224–229. Available at: <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/149875/1/224-229.pdf>
- Denchilja-Sakal, H., Nikolaychuk, V., Kolesnik, A., Vakerich, M., Tkach, O. (2012). The peculiarities of the accumulation of heavy metals in plants *Trifolium pretense* L. *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)*, 33, 189–191. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvuu_2012_33_31
- Systema monitoringnyhu miskoho klimatu. Available at: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/cherkasy_ukraine_710791
- Asabere, S. B., Zeppenfeld, T., Nketia, K. A., Sauer, D. (2018). Urbanization Leads to Increases in pH, Carbonate, and Soil Organic Matter Stocks of Arable Soils of Kumasi, Ghana (West Africa). *Frontiers in Environmental Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00119>
- Serrani, D., Ajmone-Marsan, F., Corti, G., Cocco, S., Cardelli, V., Adamo, P. (2021). Heavy metal load and effects on biochemical properties in urban soils of a medium-sized city, Ancona, Italy. *Environmental Geochemistry and Health*, 44 (10), 3425–3449. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01105-8>
- Zewd, I., Sibani, M. (2021). The effects of alkalinity on physical and chemical properties of soil. *J. Plant. Biol. Agric. Sci.*, 3 (2), 1–5.

Available at: <https://www.pulsus.com/scholarly-articles/the-effects-of-alkalinity-on-physical-and-chemical-properties-of-soil-9338.html>

17. Mysliuk, O. O., Korneliuk, N. M. (2008). Ekologichni aspekty funktsionuvannia Cherkaskoi TETs. Visnyk Kremenchuts'koho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho, 1 (48), 111–115. Available at: <http://visnikkrrnu.kdu.edu.ua/statti/2008-1/111.pdf>
18. Madzhd, S., Bovsunovskyy, Y., Tagachinska, O. (2016). Quality control of soils as indicators of environmental hazards of urban areas by scientific methods. Visnyk Kremenchuts'koho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho, 2 (1), 115–121. Available at: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/23334>
19. Biliavskiy, Yu. A. (2012). Vmist svyntsiu ta kadmiu v likarskykh roslynakh Zhytomyrskoho Polissia. Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu, 2 (1), 44–55. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%281%29__8
20. Gorban, V. A. (2008). Ecological soil characteristics and their correlations. Hruntoznavstvo, 9 (1-2), 124–127. Available at: <http://geobotany.dp.ua/wp-content/uploads/Gorban2008-2.pdf>
21. Linde, M., Bengtsson, H., Öborn, I. (2001). Concentrations and Pools of Heavy Metals in Urban Soils in Stockholm, Sweden. Water, Air and Soil Pollution: Focus, 1 (3/4), 83–101. <https://doi.org/10.1023/a:1017599920280>
22. Thuy, H. T. T., Tobschall, H. J., An, P. V. (2000). Distribution of heavy metals in urban soils - a case study of Danang-Hoian Area (Vietnam). Environmental Geology, 39 (6), 603–610. <https://doi.org/10.1007/s002540050472>
23. Świercz, A., Zajęcka, E. (2017). Bioaccumulation of copper, lead and zinc by Taraxacum Officinale agg. growing on urban soils of different land-use types, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4 (1), 1373–1385. <https://doi.org/10.14597/infraeco.2017.4.1.105>
24. Kleckerova, A., Dočekalova, H. (2014). Dandelion plants as a biomonitor of urban area contamination by heavy metals. International Journal of Environmental Research and Public Health, 8 (1), 157–164. Available at: https://ijer.ut.ac.ir/article_705_e01cb6f1cb216a9e192020f023b3c81b.pdf
25. Ciarkowska, K. (2018). Assessment of heavy metal pollution risks and enzyme activity of meadow soils in urban area under tourism load: a case study from Zakopane (Poland). Environmental Science and Pollution Research, 25 (14), 13709–13718. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1589-y>
26. Zajęcka, E., Świercz, A. (2021). Biomonitoring of the Urban Environment of Kielce and Olsztyn (Poland) Based on Studies of Total and Bioavailable Lead Content in Soils and Common Dandelion (Taraxacum officinale agg.). Minerals, 11 (1), 52. <https://doi.org/10.3390/min11010052>
27. Baker, A. J. M. (1981). Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. Journal of Plant Nutrition, 3 (1-4), 643–654. <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298913

PHYSICO – CHEMICAL STUDY OF THE ADSORPTION PROPERTIES OF NATURAL MINERALS FOR SORPTION TREATMENT OF WASTEWATER FROM Pb⁺², Ni⁺², Zn⁺² IONS (p. 27–35)

Manshuk Murzagaliyeva

Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9671-0610>

Nazgul Ashimkhan

Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3614-9010>

Ardak Sapiyeva

Astana Medical University, Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7038-1740>

Gulnur Daribayeva

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-5272>

One of the urgent challenges is to clean up industrial wastewater from toxic and heavy metal ions in a more efficient and environmentally friendly way.

Bentonite montmorillonite, bentonite red, zeolite and diatomite of the Almaty region were selected as the materials of the study.

In this study was investigated the adsorption properties of natural minerals by physico-chemical methods for the sorption treatment of wastewater from Pb⁺², Ni⁺², Zn⁺² ions.

X-ray phase analysis determines the chemical composition of the materials studied. The main component of diatomite is SiO₂, in zeolite – Laumontite composition Ca₄Al₈Si₁₆O₄₈·14H₂O (51.3 %). The base of bentonites is bedellite – montmorillonite, which has an amorphous structure. The method of atomic absorption spectrometry was used to investigate the sorption of heavy metal ions (Pb⁺², Ni⁺², Zn⁺²) by the natural adsorbents under investigation. Bentonites, Mukra and Medium Tentec have the best sorption properties. Here, the content of lead, nickel and zinc ions is reduced by an average of 82–85 %. In the case of diatomite, the ion content of the same metals is reduced by approximately 74–76 %, and for zeolite by 64 %. Generally speaking, the adsorption properties of these minerals are expected to be achieved by the high porosity in the case of diatomite and zeolite or the penetration of ions into the interpackage space between the bentonite layers. Mixing adsorbents, increasing their mass percentages and increasing the mass of the mixture leads to increased efficiency of the degree of cleaning from these ions.

In conclusion of the study, natural minerals of the Almaty region have sorption properties that can be used for practical purposes, in particular for wastewater treatment.

Keywords: water, adsorbent, metal, bentonite, diatomite, sorption, purification, minerals, extraction, kinetics.

References

1. Politaeva, N., Taranovskaya, E., Mukhametova, L., Ilyashenko, S., Atamanyuk, I., Afif, R. A., Pfeifer, C. (2020). Cotton Fiber and Carbon Materials Filters for Efficient Wastewater Purification. International Journal of Technology, 11 (8), 1608. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i8.4538>
2. Carolin, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., Naushad, Mu. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. Journal of Environmental Chemical Engineering, 5 (3), 2782–2799. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
3. Wadhawan, S., Jain, A., Nayyar, J., Mehta, S. K. (2020). Role of nanomaterials as adsorbents in heavy metal ion removal from waste water: A review. Journal of Water Process Engineering, 33, 101038. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101038>
4. Atamanova, O. V., Tichomirova, E. I., Politayeva, N. A., Podolsky, A. L., Istrashkina, M. V. (2019). Innovative technologies for industrial wastewater treatment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 288 (1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/288/1/012001>
5. Kuznetsova, E., Akulova, A., Motovilov, A. (2016). Problems and solutions for processing and disposal of sewage galvanic production. Eurasian Union of Scientists, 3 (24), 109–112.
6. Atamanova, O., Tichomirova, E., Koshelev, A., Istrashkina, M., Politayeva, N., Podolsky, A. (2019). Wastewater treatment of industrial enterprises via adsorption method. IOP Conference Series:

- Earth and Environmental Science, 337 (1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/337/1/012010>
7. Boriskov, D., Efremova, S., Komarova, N., Tikhomirova, E., Boudrov, A. (2021). Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals. E3S Web of Conferences, 247, 01052. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701052>
 8. Obuzdina, M., Rush, E. (2019). New sorption materials based on modification of natural zeolites in metal wastewater treatment processes. E3S Web of Conferences, 140, 08001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914008001>
 9. Veprikova, E. V., Tereshchenko, E. A., Chesnokova, N. V., Shchepkova, M. L., Kuznetsova, B. N. (2010). Features of water purification from petroleum products using petroleum sorbents, filter materials and active carbons. Filtering Materials and Active Coals Journal of Siberian Federal University, 3 (3), 285–304.
 10. Feofanov, Yu. A., Mishukov, B. G., Podporin, A. V., Feofanov, M. Yu. (2017). Evaluation of the effectiveness of the use of various sorption materials for cleaning of oil-containing water. Water Magazine, 5 (117).
 11. Petukhova, Yu. N., Ilyina, S. I., Fursenko, A. V., Nosyrev, M. A. (2019). Ochistka stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov s pomoshch'yu sorbentov. EurasianUnionScientists, 6 (64). <https://doi.org/10.31618/esu.2413-9335.2019.6.64.254>
 12. Kurilina, T. A., Andreeva, S. A., Kurilin, S. S. (2016). Sorption of heavy metal ions from aqueous solutions with a modified sorbent. Eurasian Union of Scientists, 1 (22), 26–29.
 13. Surkova, T., Abdikerim, B., Berkinbayeva, A., Azlan, M. N., Baltabekova, Zh. A. (2022). Obtaining modified sorbents based on natural raw materials of Kazakhstan and research of their properties. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'ya/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu, 322 (3), 23–32. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.25>
 14. Dehmani, Y., Ba Mohammed, B., Oukhrib, R., Dehbi, A., Lamhasni, T., Brahmi, Y. et al. (2024). Adsorption of various inorganic and organic pollutants by natural and synthetic zeolites: A critical review. Arabian Journal of Chemistry, 17 (1), 105474. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105474>
 15. Mudaber, S Batur, J. (2023). Differences in Heavy Metals Adsorption on Natural, Modified, and Synthetic Zeolites-A Review. Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry, 10 (3), 847–860. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.1263041>
 16. Bikulova, V. Zh., Latypova, F. M., Mukhametdinova, L. Kh. (2013). Adsorption treatment of industrial wastewater from zinc ions. Technologies of Industrial and Domestic Water Treatment, 3, 37–39.
 17. Gholikandi, G. B., Baneshi, M. M., Dehghanifard, E., Salehi, S., Yari, A. R. (2010). Natural zeolites application as sustainable adsorbent for heavy metals removal from drinking water. Iranian J. of Toxicology, 3 (3), 302–310. Available at: <http://ijt.arakmu.ac.ir/article-1-53-en.html>
 18. Ju, O., Ibe, E. (2014). Adsorption studies of heavy metals by low-cost adsorbents. J. Appl. Sci. Environ. Manage, 18 (3), 443–448. Available at: <http://www.bioline.org.br/pdf?ja14060>
 19. Surchi, K. M. S. (2011). Agricultural Wastes as Low Cost Adsorbents for Pb Removal: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics. International Journal of Chemistry, 3 (3). <https://doi.org/10.5539/ijc.v3n3p103>
 20. Khadhraoui, M., Watanabe, T., Kuroda, M. (2002). The effect of the physical structure of a porous Ca-based sorbent on its phosphorus removal capacity. Water Research, 36 (15), 3711–3718. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00096-9](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00096-9)
 21. Khraisheh, M. A. M., Al-Ghouthi, M. A., Allen, S. J., Ahmad, M. N. M. (2004). The Effect of pH, Temperature, and Molecular Size on the Removal of Dyes from Textile Effluent Using Manganese Oxides-Modified Diatomite. Water Environment Research, 76 (7), 2655–2663. <https://doi.org/10.1002/j.1554-7531.2004.tb00227.x>
 22. Zhao, G. (2011). Sorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions: A Review. The Open Colloid Science Journal, 4 (1), 19–31. <https://doi.org/10.2174/1876530001104010019>
 23. Bokiev, B., Khujaev, P., Sharipov, Sh., Murodov, P. (2018). Sorption method for purification of industrial wastewater waters. Bulletin of Science and Practice, 4 (7), 203–209.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.299130

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED APPROACH TO THE ANALYSIS AND FORECAST OF HYDROGRAPHIC AND BATHYMETRIC DATA OF WATER BODIES AND TAILINGS PONDS (p. 36–46)

Makpal Zhartybayeva

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3987-9353>

Serik Nurzhan

KazZinc, Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4477-7543>

Aizhan Nurzhanova

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9871-9823>

Ruslan Rakhimov

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6305-2193>

Symbat Tulegenova

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5527-2175>

There is a need for an effective monitoring solution for water quality control in tailings dumps and adjacent water bodies in order to prevent environmental pollution. This article highlights the importance of water quality monitoring and surveillance to prevent pollution. It is proposed to develop a mobile robotic complex equipped with sensors for monitoring water bodies and tailings, which is also capable of measuring underwater topographic data. The objects of study were a tailings pond and water bodies.

The authors analyzed existing technical monitoring solutions, designed and developed a robotic complex, echolocation device, tested them on specific sites (the tailings dump of the Zhayrem Mining and Processing Plant and the Ishim River), conducted laboratory analysis of water samples, classified the results. Additionally, they obtained 2D and 3D maps of the bottom, and entered all collected data into a developed database and software.

The developed complex demonstrated high accuracy of movement (an error of about 0.2 m on the x axis and 0.1 m on the y axis) and the ability to register environmental parameters such as temperature, humidity, PH. Data analysis for 2021–2023 showed a significant excess of recycled water discharged into the evaporator pond, which emphasizes the importance of monitoring and management of water resources.

The research applies ARIMA models, neural networks to predict water body parameters. The results obtained indicate the high efficiency of the developed robotic complex and methods for analyzing data on water resources. These methods can be used in industry, scientific research and environmental projects to regularly monitor water quality and take measures to protect it.

Keywords: radio-controlled robotic complex, monitoring, tailings, echolocation device, forecasting, neural networks.

References

- Melo, M., Mota, F., Albuquerque, V., Alexandria, A. (2019). Development of a Robotic Airboat for Online Water Quality Monitoring in Lakes. *Robotics*, 8 (1), 19. <https://doi.org/10.3390/robotics8010019>
- Araujo, F., Taborda-Llano, I., Nunes, E., Santos, R. (2022). Recycling and Reuse of Mine Tailings: A Review of Advancements and Their Implications. *Geosciences*, 12 (9), 319. <https://doi.org/10.3390/geosciences12090319>
- Matinde, E. (2018). Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 118 (8). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n8a5>
- Le, T. M. K., Dehaine, Q., Musuku, B., Schreithofer, N., Dahl, O. (2021). Sustainable water management in mineral processing by using multivariate variography to improve sampling procedures. *Minerals Engineering*, 172, 107136. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.107136>
- Le, T. M. K., Miettinen, H., Bomberg, M., Schreithofer, N., Dahl, O. (2020). Challenges in the Assessment of Mining Process Water Quality. *Minerals*, 10 (11), 940. <https://doi.org/10.3390/min10110940>
- Agboola, O., Babatunde, D. E., Isaac Fayomi, O. S., Sadiku, E. R., Popoola, P., Moropeng, L. et al. (2020). A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*, 8, 100181. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>
- Zhartybayeva, M., Muntayev, N., Tulegenova, S., Oralbekova, Z., Lamasheva, Z., Iskakov, K. (2023). Monitoring and Forecasting of Water Pollution by Heavy Metals. *IEEE Access*, 11, 1593–1602. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3233298>
- Handa, B. K. (1964). Modified classification procedure for rating irrigation waters. *Soil Science*, 98 (4), 264–269. <https://doi.org/10.1097/00010694-196410000-00008>
- Ubah, J. I., Orakwe, L. C., Ogbu, K. N., Awu, J. I., Ahaneku, I. E., Chukwuma, E. C. (2021). Forecasting water quality parameters using artificial neural network for irrigation purposes. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04062-5>
- Franks, D. M., Stringer, M., Torres-Cruz, L. A., Baker, E., Valenta, R., Thygesen, K. et al. (2021). Tailings facility disclosures reveal stability risks. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84897-0>
- Olmedo, N. A., Lipsett, M. G. (2016). Design and field experimentation of a robotic system for tailings characterization. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4 (3), 169–192. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0034>
- Kucharczyk, M., Hugenholtz, C. H. (2021). Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 264, 112577. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112577>
- Sørensen, A. J., Ludvigsen, M. (2018). Underwater Technology Platforms. *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*, 1–11. <https://doi.org/10.1002/9781118476406.emoe323>
- Zhang, Y., Zhang, F., Wang, Z., Zhang, X. (2023). Localization Uncertainty Estimation for Autonomous Underwater Vehicle Navigation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11 (8), 1540. <https://doi.org/10.3390/jmse11081540>
- Corrigan, B. C., Tay, Z. Y., Konovessis, D. (2023). Real-Time Instance Segmentation for Detection of Underwater Litter as a Plastic Source. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11 (8), 1532. <https://doi.org/10.3390/jmse11081532>
- Zhou, H., Qiu, J., Lu, H.-L., Li, F.-F. (2023). Intelligent monitoring of water quality based on image analytics. *Journal of Contaminant Hydrology*, 258, 104234. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104234>
- Kaizu, Y., Iio, M., Yamada, H., Noguchi, N. (2011). Development of unmanned airboat for water-quality mapping. *Biosystems Engineering*, 109 (4), 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemeng.2011.04.013>
- Oralbekova, Z., Khassenova, Z., Mynbayeva, B., Zhartybayeva, M., Iskakov, K. (2021). Information system for monitoring of urban air pollution by heavy metals. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22 (3), 1590. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1590-1600>
- Oralbekova, Z., Zhukabayeva, T., Iskakov, K., Zhartybayeva, M., Yessimova, N., Zakirova, A., Kussainova, A. (2021). A New Approach to Solving the Problem of Atmospheric Air Pollution in the Industrial City. *Scientific Programming*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/8970949>
- Krolczyk, R. G. (1990). Pat. No. US5042411A. Collapsible catamaran sailboat. Available at: <https://patents.google.com/patent/US5042411>
- Elder, Q. J. (1987). Pat. No. 4813366 US. Methods and apparatus for providing an improved sailboat and hull structure therefor. Available at: <https://www.freepatentsonline.com/4813366.html>
- Chang, H. (1987). Pat. No. US4796555A US. Knockdown type inflatable sailboat. Available at: <https://patents.google.com/patent/US4915047A/en>
- Doublehanded Knockdown. Available at: <https://www.sailmagazine.com/cruising/double-handed-knockdown>
- Roberson, R. F. (1988). Pat. No. US4823717A US. Deck connection system for a boat. Available at: <https://patents.google.com/patent/US4823717A/en>
- Lindstrom, A. K., Kirkham, J. R. (1998). Pat. No. US6216622B1 US. Boat hull with center V-hull and spousons. Available at: <https://patents.google.com/patent/US6216622B1/en>
- Shinn, G. P., Melvin, P. (2019). Pat. No. US20200361579A1 US. Rotatable hull and multidirectional vessel. Available at: <https://patents.google.com/patent/US20200361579A1/en>
- Grall, S. (2019). Pat. No. US20210237838A1 US. System for deploying and recovering an autonomous underwater device, method of use. Available at: <https://patents.google.com/patent/US20210237838A1/en>
- Zhartybayeva, M., Ibragim, A., Oralbekova, Z., Muntayev, N. (2021). Development of a Mockup of a Mobile Radio-Controlled Swimming Apparatus for Environmental Monitoring. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). <https://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9465894>
- Yan, Z.-L., Qin, L.-L., Wang, R., Li, J., Wang, X.-M., Tang, X.-L., An, R.-D. (2018). The Application of a Multi-Beam Echo-Sounder in the Analysis of the Sedimentation Situation of a Large Reservoir after an Earthquake. *Water*, 10 (5), 557. <https://doi.org/10.3390/w10050557>
- Van Liefveringe, B., Pattyn, F. (2013). Using ice-flow models to evaluate potential sites of million year-old ice in Antarctica. *Climate of the Past*, 9 (5), 2335–2345. <https://doi.org/10.5194/cp-9-2335-2013>
- Fujita, S., Mae, S. (1994). Causes and nature of ice-sheet radio-echo internal reflections estimated from the dielectric properties of ice. *Annals of Glaciology*, 20, 80–86. <https://doi.org/10.3189/1994aog20-1-80-86>
- Pasanisi, F., Tebano, C., Zarlenga, F. (2016). A Survey near Tambara along the Lower Zambezi River. *Environments*, 3 (1), 6. <https://doi.org/10.3390/environments3010006>
- Sotelo-Torres, F., Alvarez, L. V., Roberts, R. C. (2023). An Unmanned Surface Vehicle (USV): Development of an Autonomous Boat with a Sensor Integration System for Bathymetric Surveys. *Sensors*, 23 (9), 4420. <https://doi.org/10.3390/s23094420>
- Niethammer, U., James, M. R., Rothmund, S., Travelletti, J., Joswig, M. (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology*, 128, 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.03.012>
- Temiz, F., Durduran, S. S. (2016). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technology: A case study of Acıgöl

- Lake, Turkey. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44, 042033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/44/4/042033>
36. Mohsan, S. A. H., Othman, N. Q. H., Li, Y., Alsharif, M. H., Khan, M. A. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*. <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4>
37. McKinney, W. (2010). Data Structures for Statistical Computing in Python. Proceedings of the 9th Python in Science Conference. <https://doi.org/10.25080/majora-92bf1922-00a>
38. McKinney, W. (2017). Python for Data Analysis. O'Reilly, 522. Available at: https://inprogrammer.com/wp-content/uploads/2023/02/Wes-McKinney-Python-for-Data-Analysis_-Data-Wrangling-with-Pandas-NumPy-and-IPython.pdf
39. VanderPlas, J. (2016). Python Data Science Handbook. O'Reilly, 548. Available at: <https://jakevdp.github.io/PythonDataScience-Handbook/>
40. Sanjay Kumar, S., Giridharadhayalan, M. (2023). Web Application Using HTML, CSS, Java script and Java. *International Journal of Innovative Research in Engineering*, 124–127. <https://doi.org/10.59256/ijire.2023040363>
41. Ishim-and-Zhayrem. Available at: <https://github.com/makkenskii/Ishim-and-Zhayrem>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298266

ESTABLISHING PATTERNS IN REDUCING FIRE-DANGEROUS PROPERTIES OF SIP PANELS FIRE-PROTECTED WITH REACTIVE COATING (p. 47–54)

Yuriy Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resurs”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resurs”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

Ruslan Likhnyovskiy

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

Maryna Sukhanevych

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

Leonid Zapolskiy

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-2933>

Pavlo Illiuchenko

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6687-6388>

Olga Bedratiuk

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0642-9399>

An issue related to using SIP panels for building structures is to ensure their stability and durability during operation in wide ranges. Therefore, the object of research was the change in the properties of wood-polymer material in case of fire and its protection when applied with a reactive coating capable of forming a pinocoke layer under the influence of high temperature on the coating. It has been proven that in the process of thermal action on the fire-resistant coating, the heat insulation process of SIP panels involves the forma-

tion of soot-like products on the surface of the material. Thus, under the action of the radiation panel on the surface of the OSB sample, after 120 s of thermal exposure, the process of intensive formation of a layer of foam coke, which thermally insulated the wood-polymer material, began; instead, after the radiation panel was exposed to the fire-resistant polystyrene foam sample, the process of destruction began at a temperature of about 100 °C polystyrene foam. When determining the flammability of a fire-resistant SIP panel, it was established that the temperature of the flue gases during the tests was no more than 110 °C, the length of the damaged sample did not exceed 460 mm. At the same time, the mass loss did not exceed 200 g, and independent combustion of the SIP panel sample did not occur despite the high temperature. According to these data, the SIP panel, fire-resistant with a reaction coating, belongs to group G1 (low flammability) and is a non-flammable material. The practical significance is that the results were taken into account during the design of buildings from SIP panels. So, there are reasons to assert the possibility of targeted regulation of the fire protection processes of SIP panels through the use of reactive coatings capable of forming a protective layer on the surface of the material that inhibits the rate of heat transfer.

Keywords: fire retardants, structures from SIP panels, thermal destruction of the surface, fire protection of SIP panels, swelling of the coating.

References

1. Wi, S., Kim, Y. U., Choi, J. Y., Shin, B., Kim, S. (2024). Active protection against fire: Enhancing the flame retardancy of sandwich panels using an expandable graphite layer formation. *International Journal of Thermal Sciences*, 195, 108658. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2023.108658>
2. Murillo A, M., Acosta P, A., Quesada Q, C., Abisambra G, V., Tutikian, B. F., Christ, R. (2022). Comparative experimental analysis of the fire resistance of sandwich panels with polyisocyanurate core reinforced with fiberglass fabric. *Case Studies in Thermal Engineering*, 40, 102550. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102550>
3. Proença, M., Garrido, M., Correia, J. R., Gomes, M. G. (2021). Fire resistance behaviour of GFRP-polyurethane composite sandwich panels for building floors. *Composites Part B: Engineering*, 224, 109171. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109171>
4. Ma, Z., Havula, J., Wald, E., Cabova, K. (2020). Temperature analysis of steel structures protected by intumescent paint with steel claddings in fire. *Fire and Materials*, 44 (7), 897–908. <https://doi.org/10.1002/fam.2890>
5. Beh, J. H., Yew, M. C., Saw, L. H. (2020). Development of light-weight fire resistant sandwich panel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 476 (1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/476/1/012031>
6. Schartel, B., Humphrey, J. K., Gibson, A. G., Hörold, A., Trappe, V., Gettwert, V. (2019). Assessing the structural integrity of carbon-fibre sandwich panels in fire: Bench-scale approach. *Composites Part B: Engineering*, 164, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.11.077>
7. Soloveiko, S., Pulkis, K., Skujans, J., Aboltins, A. (2018). Composite sandwich-type panel made of foamgypsum. *Engineering for Rural Development*. <https://doi.org/10.22616/erdev2018.17.n347>
8. Giunta d'Albani, A. W., de Kluiver, L. L., de Korte, A. C. J., van Herpen, R. A. P., Weewer, R., Brouwers, H. J. H. (2017). Mass loss and flammability of insulation materials used in sandwich panels during the pre-flashover phase of fire. *Fire and Materials*, 41 (6), 779–796. <https://doi.org/10.1002/fam.2418>
9. Michel Murillo, A., Valery Abisambra, G., Aura Acosta, P., Claudia Quesada, Q., Tutikian, B. F., Ehrenbring, H. Z. (2021). Comparison

- of the fire resistance behaviour of structural insulated panels with expanded polystyrene core treated with intumescent coating. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 1958–1969. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.079>
10. Hopkin, D. J., Lennon, T., El-Rimawi, J., Silberschmidt, V. (2011). Full-scale natural fire tests on gypsum lined structural insulated panel (SIP) and engineered floor joist assemblies. *Fire Safety Journal*, 46 (8), 528–542. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2011.07.009>
 11. ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials. Available at: <https://www.intertek.com/building/standards/astm-e119/>
 12. Tsapko, Y., Tsapko, A. (2018). Establishment of fire protective effectiveness of reed treated with an impregnating solution and coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (94)), 62–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141030>
 13. DBN V.1.1-7:2016. Fire safety of construction. General requirements. Kyiv. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456
 14. Tsapko, Y., Lomaha, V., Vasylyshyn, R., Melnyk, O., Balanyuk, V., Tsapko, A. et al. (2022). Establishing regularities in the reduction of flammable properties of wood protected with two-component intumescent varnish. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 63–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259582>
 15. 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 (1), 012112. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012112>
 16. Ghoshal, T., Parmar, P. R., Bhuyan, T., Bandyopadhyay, D. (2023). Polystyrene Foams: Materials, Technology, and Applications. *Polymeric Foams: Fundamentals and Types of Foams (Volume 1)*, 121–141. <https://doi.org/10.1021/bk-2023-1439.ch006>
 17. Tsapko, Y., Sukhanevych, M., Bondarenko, O., Tsapko, O., Sarapin, Y. (2023). Investigation of changes in the process of thermal-oxidative destruction of fire-retardant fabric. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0168781>
 18. Tsapko, Y., Bondarenko, O., Horbachova, O., Mazurchuk, S. (2023). Research of the process of fire protection of cellulose-containing material with intumescent coatings. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0120446>
 19. Tsapko, Y., Likhnyovskiy, R., Tsapko, A., Kovalenko, V., Slutska, O., Illiuchenko, P. et al. (2023). Determining the thermal-physical characteristics of a coke foam layer in the fire protection of cable articles with foaming coating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (122)), 22–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275550>
 20. Pielichowska, K., Paprota, N., Pielichowski, K. (2023). Fire Retardant Phase Change Materials—Recent Developments and Future Perspectives. *Materials*, 16 (12), 4391. <https://doi.org/10.3390/ma16124391>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.299001

METHOD FOR EARLY IGNITION DETECTION BASED ON THE SAMPLING DISPERSION OF DANGEROUS PARAMETER (p. 55–63)

Boris Pospelov

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

Evgeniy Rybka

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

Oleksii Krainiukov

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

Vasyl Fedyna

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7099-2549>

Yuliia Bezuhla

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

Andrii Melnychenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7229-6926>

Pavlo Borodych

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9933-8498>

Svitlana Hryshko

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

Svyatoslav Manzhuza

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9258-9320>

Olha Yesipova

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7068-0545>

The object of the study is the selective dispersion of dangerous parameters of the gas environment during material fires. The practical importance of research consists in using the difference of sample dispersions of dangerous parameters of the gas environment on the intervals of absence and presence of ignition of materials for detection of ignition. The theoretical substantiation of the method of detecting fires in premises based on sample dispersions of current measurements of an arbitrary dangerous parameter of the gas environment, corresponding to the general populations of reliable absence and presence of fire, has been carried out. The method, at a given level of significance, determines the unbiased uniformly most powerful fire detection rule. This makes it possible to determine how much differences in sample variances are significant with a given level of significance and are caused by ignition or are random factors. Laboratory experiments were conducted to verify the proposed method. It was established that the influence of ignition on the value of the difference in the sample dispersion at the corresponding intervals of monitoring the carbon monoxide concentration, smoke density, and temperature of the gaseous environment of the laboratory chamber is different and depends on the type of ignition material. At the same time, the minimum difference of the sample dispersions is characteristic for observing the smoke density for all the studied materials. However, early detection of ignition of alcohol, paper, wood, and textiles when observing the smoke density is carried out when the threshold is exceeded by 9.01, 5.31, 2.13 and 2.55 times, respectively. It is shown that the method of early detection of fires, which is based on the detection of significant differences in sample dispersions of data from the relevant general populations.

Keywords: early detection of fire, ignition materials, selective dispersion, hazardous parameters, gas environment.

References

1. 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. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>

2. 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). <https://doi.org/10.6001/energetika.v6i4i.3893>
3. Popov, O., Ivaschenko, T., Markina, L., Yatsyshyn, T., Iatsyshyn, A., Lytvynenko, O. (2023). Peculiarities of Specialized Software Tools Used for Consequences Assessment of Accidents at Chemically Hazardous Facilities. *Systems, Decision and Control in Energy V*, 779–798. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_45
4. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Iatsyshyn, A., Neklonskyi, I., Zakora, A. (2023). Is There a Future for Small Modular Reactors in Ukraine? Comparative Analysis with Large Capacity Reactors. *Systems, Decision and Control in Energy V*, 453–469. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_24
5. 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. <https://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
6. Barannik, V., Babenko, Y., Kulitsa, O., Barannik, V., Khimenko, A., Matviichuk-Yudina, O. (2020). Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349256>
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 hightemperature radiation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (91), 27–33. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.9654>
8. 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. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.179>
9. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductivity. *Ecology, Environment and Conservation*, 22 (3), 1171–1176.
10. Kondratenko, O., Vambol, S., Stokov, O., Avramenko, A. (2015). Mathematical model of the efficiency of diesel particulate matter filter. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 55–61.
11. Pospelov, B., Kovrehin, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Petukhova, O., Butenko, T. et al. (2020). Development of a method for detecting dangerous states of polluted atmospheric air based on the current recurrence of the combined risk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (107)), 49–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213892>
12. World Fire Statistics (2022). Center for Fire Statistics of CTIF, 27, 65. Available at: https://ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG.pdf
13. Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
14. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
15. Davie County, NC: Fire Marshal's Office, revision date. Standard operating guidelines. 6/5/2018. Stages of fire growth. Available at: <https://www.daviecountync.gov/DocumentCenter/View/5942/500-006-Stages-of-Fire-Growth-PDF>
16. Gaur, A., Singh, A., Kumar, A., Kulkarni, K. S., Lala, S., Kapoor, K. et al. (2019). Fire Sensing Technologies: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 19 (9), 3191–3202. <https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2894665>
17. Zhang, G., Li, H., Zhu, G., Li, J. (2020). Temperature fields for fire resistance analysis of structures exposed to natural fires in large space buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 29 (4). <https://doi.org/10.1002/tal.1708>
18. Oswald, D. (2021). Homeowner vulnerability in residential buildings with flammable cladding. *Safety Science*, 136, 105185. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105185>
19. Snoonian, D. (2003). Smart buildings. *IEEE Spectrum*, 40 (8), 18–23. <https://doi.org/10.1109/mspec.2003.1222043>
20. Xu, Z., Guo, Y., Saleh, J. H. (2021). Advances Toward the Next Generation Fire Detection: Deep LSTM Variational Autoencoder for Improved Sensitivity and Reliability. *IEEE Access*, 9, 30636–30653. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3060338>
21. Liu, Z. (2003). Review of Recent Developments in Fire Detection Technologies. *Journal of Fire Protection Engineering*, 13 (2), 129–151. <https://doi.org/10.1177/1042391503013002003>
22. Jadon, A., Omama, M., Varshney, A., Ansari, M. S., Sharma, R. (2019). FireNet: a specialized lightweight fire & smoke detection model for real-time IoT applications. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11922>
23. Fire and rescue incident statistics, England, year ending December 2020. Available at: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/609a533fe90e07357a9e250c/fire-and-rescue-incident-dec20-hosb1021.pdf>
24. Pospelov, B., Rybka, E., Savchenko, A., Dashkovska, O., Harbuz, S., Naden, E. et al. (2022). Peculiarities of amplitude spectra of the third order for the early detection of indoor fires. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (119)), 49–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265781>
25. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
26. Çetin, A. E., Dimitropoulos, K., Gouverneur, B., Grammalidis, N., Günay, O., Habiboğlu, Y. H. et al. (2013). Video fire detection – Review. *Digital Signal Processing*, 23 (6), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2013.07.003>
27. Li, P., Zhao, W. (2020). Image fire detection algorithms based on convolutional neural networks. *Case Studies in Thermal Engineering*, 19, 100625. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100625>
28. Ayyubi, S., Miao, Y., Shi, H. (2014). Automating standalone smoke alarms for early remote notifications. 2014 13th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV). <https://doi.org/10.1109/icarcv.2014.7064385>
29. Mao, W., Wang, W., Dou, Z., Li, Y. (2018). Fire Recognition Based On Multi-Channel Convolutional Neural Network. *Fire Technology*, 54 (2), 531–554. <https://doi.org/10.1007/s10694-017-0695-6>
30. Wen, Z., Xie, L., Feng, H., Tan, Y. (2019). Robust fusion algorithm based on RBF neural network with TS fuzzy model and its application to infrared flame detection problem. *Applied Soft Computing*, 76, 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.12.019>
31. Geetha, S., Abhishek, C. S., Akshayanat, C. S. (2020). Machine Vision Based Fire Detection Techniques: A Survey. *Fire Technology*, 57 (2), 591–623. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01064-z>
32. Wu, Y., Harada, T. (2004). Study on the Burning Behaviour of Plantation Wood. *Scientia Silvae Sinicae*, 40, 131.
33. Ji, J., Yang, L., Fan, W. (2003). Experimental Study on Effects of Burning Behaviours of Materials Caused by External Heat Radiation. *Journal of Combustion Science and Technology*, 9, 139.
34. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental Analysis on Heat Release Rate of Materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.

35. Cheng, C., Sun, F., Zhou, X. (2011). One fire detection method using neural networks. *Tsinghua Science and Technology*, 16 (1), 31–35. [https://doi.org/10.1016/s1007-0214\(11\)70005-0](https://doi.org/10.1016/s1007-0214(11)70005-0)
36. Ding, Q., Peng, Z., Liu, T., Tong, Q. (2014). Multi-Sensor Building Fire Alarm System with Information Fusion Technology Based on D-S Evidence Theory. *Algorithms*, 7 (4), 523–537. <https://doi.org/10.3390/a7040523>
37. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Rybka, E., Kremynskyi, B., Yashchenko, O., Bezuhla, Y. et al. (2022). Development of a method for assessing the reliability of fire detection in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 56–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259493>
38. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
39. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125926>
40. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
41. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
42. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Rud, A. et al. (2020). Construction of a method for detecting arbitrary hazard pollutants in the atmospheric air based on the structural function of the current pollutant concentrations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218714>
43. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Chubko, L., Bezuhla, Y., Gordichuk, S. et al. (2023). Revealing the peculiarities of average bicoherence of frequencies in the spectra of dangerous parameters of the gas environment during fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (121)), 46–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272949>
44. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Bezuhla, Y., Liashevska, O., Butenko, T. et al. (2022). Empirical cumulative distribution function of the characteristic sign of the gas environment during fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 60–66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263194>
45. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilo, M., Krainiukov, 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
46. Dubinin, D., Cherkashyn, O., Maksymov, A., Beliuchenko, D., Hovalenkov, S., Shevchenko, S., Avetisyan, V. (2020). Investigation of the effect of carbon monoxide on people in case of fire in a building. *Sigurnost*, 62 (4), 347–357. <https://doi.org/10.31306/s.62.4.2>
47. Passport. Spovishchuvach pozhezhnyi teplovyi tochkovyi. Arton. Available at: <https://ua.arton.com.ua/files/passports/%D0%A2%D0%9F%D0%A2-4-UA.pdf>
48. Passport. Spovishchuvach pozhezhnyi dymovyi tochkovyi optychnyi. Arton. Available at: https://ua.arton.com.ua/files/passports/spd-32_new_pas_ua.pdf
49. Optical/Heat Multisensor Detector (2019). Discovery. Available at: <https://www.nsc-hellas.gr/pdf/APOLLO/discovery/B02704-00%20Discovery%20Multisensor%20Heat-%20Optical.pdf>
50. Pospelov, B., Rybka, E., Samoilo, M., Morozov, I., Bezuhla, Y., Butenko, T. et al. (2022). Defining the features of amplitude and phase spectra of dangerous factors of gas medium during the ignition of materials in the premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (116)), 57–65. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254500>
51. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide*. Vol. 3. National Institute of Standards and Technology.
52. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). *Fire Dynamics Simulator (Version 6) User's Guide*. Vol. 1. National Institute of Standard and Technology.
53. Hogg, R. V., McKean, J. W., Craig, A. T. (2019). *Introduction to mathematical statistics*. Pearson, 746. Available at: <https://minerva.it.manchester.ac.uk/~saralees/statbook2.pdf>
54. Van de Geer, S. (2010). *Mathematical Statistics*. Available at: <https://people.math.ethz.ch/~geer/mathstat.pdf>
55. Ling, S. (2020). *Lecture Notes on Mathematical Statistics*. Available at: https://cims.nyu.edu/~sling/Math_Stats_Lecture_2020F.pdf
56. Lehmann, E. L. (Ed.) (1999). *Elements of Large-Sample Theory*. Springer, 632. <https://doi.org/10.1007/b98855>
57. Levin, B. R. (1966). *Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki*. Moscow: Sovetskoe radio.
58. Cramér, H. (1999). *Mathematical methods of statistics*. Vol. 26. Princeton University Press.
59. 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. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
60. Otrosh, Y., Rybka, Y., Danilin, O., Zhuravskiy, M. (2019). Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. *E3S Web of Conferences*, 123, 01012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301012>
61. 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. <https://doi.org/10.3233/ajw-170035>
62. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2 (87), 77–84. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
63. Pospelov, B., Rybka, E., Krainiukov, O., Yashchenko, O., Bezuhla, Y., Bielai, S. et al. (2021). Short-term forecast of fire in the premises based on modification of the Brown's zero-order model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 52–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238555>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298916

EXPERIMENTAL STUDY OF WATER SPREADING PARAMETERS WHEN EXTINGUISHING FIRES USING AIRCRAFT SPRINKLERS (p. 64–73)

Serhii Panchenko

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-3935>

Artem Bychenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3788-3268>

Vadym Nizhnyk

Institute of Public Administration
 and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

This paper reports results of an experimental study on hydrodynamic processes when water is dropped from a height, as well as their influence on the movement of liquid, in order to optimize the processes of aviation firefighting.

The main parameters of water dispersion were determined based on a series of experiments. It was established that the average diameter of drops when dropped from a height of 10 meters is 2.5 mm, with a maximum spraying distance of up to 15 meters. The size distribution of the droplets showed that 30 % of the droplets have a diameter of less than 2 mm, 50 % are between 2 and 5 mm, and 20 % are more than 5 mm.

During the experiments, it was measured that the time for pouring water from the container is 3 seconds, and the speed of movement of water fractions when dropped from a height of 10 meters is 9.8 m/s. With an increase in the discharge height by 5 meters, the speed of water movement increased by 20 %.

One of the key points of the study is the improvement of the Torricelli equation by introducing the coefficient K (0.85), which takes into account the viscosity and density of water, which improved the accuracy of calculations by 15 % compared to the standard equation.

Python was used to process and interpret the video data, along with libraries such as OpenCV for image processing, NumPy for high-performance mathematical computations, and Matplotlib for data visualization. The resulting data open up new prospects for devising aerial firefighting strategies, providing a 20 % increase in coverage area, and a 25 % reduction in firefighting time.

Torricelli's equation was improved; a new procedure was devised for the experimental determination of water dispersion parameters, which has an important practical application in the field of fire safety.

In the field of fire safety, the data obtained could be used to improve aviation firefighting strategies, which would allow for greater efficiency and safety.

Keywords: air fire extinguishing, parameters of water dispersion, modeling of textile tanks, Python script.

References

- Panchenko, S., Nizhnyk, V., Bychenko, A. (2021) Tendentsiyi zasto-suvannia aviatsiynoi tekhniki dlia hasinnia pozhezh. *Nadzvychni sytuatsiyi ta likvidatsiya*, 5 (1), 104–114. Available at: <https://fire-journal.ck.ua/index.php/fire/article/view/92>
- Panchenko, S., Nizhnyk, V., Bychenko, A. (2023). Alhorytmy vykorystannia pozhezhnoi aviatsiyi dlia hasinnia lisovykh pozhezh. *Nadzvychni sytuatsiyi ta likvidatsiya*, 7 (1), 77–88. Available at: <https://fire-journal.ck.ua/index.php/fire/article/view/149>
- Panchenko, S., Nizhnyk, V., Bychenko, A., Lutsenko, Yu. (2022). Analysis of research on the influence of surface tension forces on the dispersity of droplets during extinguishing forest fires by aviation equipment. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1 (13), 55–63. [https://doi.org/10.33269/nvz.2022.1\(13\).55-63](https://doi.org/10.33269/nvz.2022.1(13).55-63)
- Meleschenko, R. G., Muntyan, V. K., Tarasenko, A. A. (2016). Evaluating the effectiveness of fire aircraft An-32P and feasibility test of their involvement in the localization of wildfires. *Problemy pozhezhnoi bezpeky*, 39, 171–178. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2016_39_29
- Meleschenko, R. G., Muntyan, V. K. (2014). Statistical analysis of model parameters discharge of water from a fire plane An-32F. *Problemy pozhezhnoi bezpeky*, 35, 151–162. Available at: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol35/meleschenko.pdf>
- Carriere, T., Butz, J., Naha, S., Brewer, A., Abbud-Madrid, A. (2012). Fire Suppression Tests Using a Handheld Water Mist Extinguisher Designed for the International Space Station. 42nd International Conference on Environmental Systems. <https://doi.org/10.2514/6.2012-3513>
- Rodriguez, B. R. (2013). Development of the International Space Station (ISS) Fine Water Mist (FWM) Portable Fire Extinguisher. 43rd International Conference on Environmental Systems. <https://doi.org/10.2514/6.2013-3413>
- Volkov, R. S., Kuznetsov, G. V., Strizhak, P. A. (2012). Numerical Estimation of Optimum Sizes for Water Drops at the Conditions of Its Dispersion by Firefighting Devices at Placements. *Fire and Explosion Safety*, 21 (5), 74–78. <https://doi.org/10.18322/pvb.2012.21.05.74-78>
- Strizhak, P. A. (2013). Numerical Investigation of Evaporation Conditions for Set of Water Drops at the Moving after High Temperature Gas Mixture. *Fire and Explosion Safety*, 21 (8), 26–31. <https://doi.org/10.18322/pvb.2012.21.08.26-31>
- Strizhak, P. A. (2013). Numerical Analysis of Evaporation Process for Droplet Moving at the Water Jet Through High Temperature Combustion Products. *Fire and Explosion Safety*, 21 (9), 17–22. <https://doi.org/10.18322/pvb.2012.21.09.17-22>
- Vysokomornaya, O. V., Kuznetsov, G. V., Strizhak, P. A. (2013). Heat and mass transfer in the process of movement of water drops in a high-temperature gas medium. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 86 (1), 62–68. <https://doi.org/10.1007/s10891-013-0805-3>
- Shaw, A. R., Smith Sawyer, H., LeBoeuf, E. J., McDonald, M. P., Hadjerioua, B. (2017). Hydropower Optimization Using Artificial Neural Network Surrogate Models of a High-Fidelity Hydrodynamics and Water Quality Model. *Water Resources Research*, 53 (11), 9444–9461. <https://doi.org/10.1002/2017wr021039>
- Meacham, J. M., Varady, M. J., Degertekin, F. L., Fedorov, A. G. (2005). Droplet formation and ejection from a micromachined ultrasonic droplet generator: Visualization and scaling. *Physics of Fluids*, 17 (10). <https://doi.org/10.1063/1.1921249>
- James, A. J., Smith, M. K., Glezer, A. (2003). Vibration-induced drop atomization and the numerical simulation of low-frequency single-droplet ejection. *Journal of Fluid Mechanics*, 476, 29–62. <https://doi.org/10.1017/s0022112002002860>
- Riboux, G., Gordillo, J. M. (2015). The diameters and velocities of the droplets ejected after splashing. *Journal of Fluid Mechanics*, 772, 630–648. <https://doi.org/10.1017/jfm.2015.223>
- Shrigondekar, H., Chowdhury, A., Prabhu, S. V. (2021). Performance of water mist system with base injection in extinguishing small container fires. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 71, 104448. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104448>
- Das, B. K., Jha, D. N., Sahu, S. K., Yadav, A. K., Raman, R. K., Kartikeyan, M. (2022). Analysis of Variance (ANOVA) and Design of Experiments. *Concept Building in Fisheries Data Analysis*, 119–136. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4411-6_7
- Airbus successfully tests firefighting kit on A400M. Available at: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2022-07-airbus-successfully-tests-firefighting-kit-on-a400m>
- Holubiev, S. O., Lebid, O. H., Cherniy, D. I. (2019). Zasoby kompiuternoho modeliuвання v haluzi obchysluvalnoi hidrodynamiky. *Matematychno modeliuвання v ekonomitsi*, 2, 21–39. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mmve_2019_2_4

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298430

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ВПЛИВУ ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТІВ НА ЕКОСИСТЕМУ (с. 6–14)**І. В. Кирпичова, К. С. Березенко, О. І. Бордюгова, С. І. Скаковський, Н. В. Сопова, Ю. Ю. Чуприна, С. С. Любичський, Б. М. Комариста, В. І. Бендюг, О. О. Носирев**

Об'єктом дослідження є територія, яка стала об'єктом впливу бойових дій. Дослідження присвячено пошуку шляхів оцінки стану екосистем та забезпечення їх стійкості в умовах воєнних конфліктів.

Висвітлено вплив військового конфлікту на довкілля через аналіз ризиків та втрат в екосистемах.

Досліджено, що інтенсивність збройних конфліктів визначає масштаб та ступінь пошкодження екосистем, а застосування руйнівної зброї призводить до безпосереднього знищення природних середовищ та їхніх компонентів.

Визначено шляхом експертного опитування, що найвагоміше на зміну природних екосистем втрати біорізноманіття, дефорестація, територіальні зміни та руйнування природних об'єктів (бальні оцінки $\geq 9,0$). Факторами низького впливу (бальні оцінки $< 6,75$) є забруднення повітря, ерозія через забруднення атмосфери, втрати біорізноманіття через забруднення води.

Досліджено взаємозв'язки між військовими діями та забрудненням довкілля задля важливості розуміння цих процесів для ефективного управління екологічною безпекою під час воєнних конфліктів.

Розроблена математично-графічну модель матеріальних потоків, яка дозволяє врахувати потоки ресурсів, забруднення та втрати в екосистемі під час збройних конфліктів.

Модель, протестована у Київській області та дозволила визначати пріоритети збереження та управління ризиками. Аналіз 9 тис.км² виявив забруднені ділянки, зокрема, на південно-західному та західному напрямку.

Практичне використання результатів дослідження полягає в розробці стратегій мінімізації та відновлення екологічних наслідків збройних конфліктів. Це може сприяти покращенню управління природними ресурсами в умовах воєнних дій та підвищенню стійкості екосистем.

Ключові слова: військовий конфлікт, ризики, стійкість, екосистема, математична модель, матеріальні потоки, геоінформаційні системи.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.297718

ОЦІНКА ДЕПОНАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЕДАФОТОПАХ ТА СІНАНТРОПНІЙ РОСЛИННОСТІ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСТА (с. 15–26)**О. В. Єгорова, Л. І. Жицька, В.С. Бахарев, О. О. Мислюк, О. М. Хоменко**

Об'єктом дослідження є обласний центр з розвинутою промисловістю і значним транспортним навантаженням. У дослідженні дана оцінка впливу процесу урбанізації на умови розвитку міських едафотопів та їх ролі у функціонуванні урбоекосистем. Визначено, що геохімія ґрунтів урбоекосистем суттєво відрізняється від природних ландшафтів, що зумовлено симбіозом природних та антропогенних факторів. Досліджено вміст рухомих форм важких металів у ґрунті 14 локалітетів різних функціональних зон міста. Проведена порівняльна оцінка просторової гетерогенності вмісту важких металів у вегетативних органах (корінь, пагон) діагностичного виду *Polygonum aviculare L.* Відповідно до джерел емісії важких металів та сформованих геохімічних аномалій виявлена пряма залежність щодо їх акумулювання вегетативними органами *Polygonum aviculare L.* За розрахованим коефіцієнтом біологічного поглинання (ВАС), доведено високу біологічну доступність щодо акумулювання токсикантів техногенного походження Cu, Zn, Pb, Cd фітомасою *Polygonum aviculare L.* Визначено, що вміст важких металів у різних частинах тест-об'єкту зумовлений їх фізіологічною здатністю до не однакового нагромадження цих токсикантів у кореневій і надземній масі. Активний транслокаційний перехід токсикантів з ґрунту в коріння характерний для локалітетів з інтенсивним впливом техногенного фактору, для яких значення коефіцієнту біодоступності варіює в межах $0,6 > \text{ВАС} < 0,85$. Визначено коефіцієнти кореляції між вмістом важких металів у атмосфері, ґрунті і вегетативних органах рослини. Проведене дослідження дозволяє оцінити перспективність використання *Polygonum aviculare L.* як кумулятивного індикатора металічного забруднення урботехногенних екосистем та їх високу фітомеліоративну цінність в умовах забруднення довкілля важкими металами.

Ключові слова: важкі метали, депонація, *Polygonum aviculare L.*, міські едафотопи, синантропні рослини, фітоіндикація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298913

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ ДЛЯ СОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ Pb⁺², Ni⁺², Zn⁺² (с. 27–35)**Manshuk Murzagaliyeva, Nazgul Ashimkhan, Ardak Sapiyeva, Gulnur Daribayeva**

Однією з актуальних проблем є очищення промислових стічних вод від іонів токсичних та важких металів більш ефективним та екологічним способом.

Як матеріали дослідження були обрані бентоніт монтморилоніт, бентоніт червоний, цеоліт і діатоміт Алматинської області.

У цій роботі досліджувалися адсорбційні властивості природних мінералів фізико-хімічними методами для сорбційного очищення стічних вод від іонів Pb^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2} .

Рентгенофазовим аналізом визначено хімічний склад досліджуваних матеріалів. Основним компонентом діатоміту є SiO_2 , цеоліту – ломонтит складу $Ca_4Al_8Si_{16}O_{48} \cdot 14H_2O$ (51.3 %). Основою бентонітів є бейделліт-монтморилоніт, що має аморфну структуру. Методом атомно-абсорбційної спектрометрії було проведено дослідження з сорбції іонів важких металів (Pb^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2}) досліджуваними природними адсорбентами. Кращими сорбційними властивостями мають бентоніти родовищ Мукри та Середній Тентек. Тут вміст іонів свинцю, нікелю та цинку зменшується в середньому на 82–85 %. У разі використання діатоміту вміст іонів цих же металів зменшується приблизно на 74–76 %, для цеоліту на 64 %.

Загалом очікується прояв адсорбційних властивостей цих мінералів, які мають забезпечуватися внаслідок високої пористості у разі діатоміту та цеоліту або проникнення іонів у міжпакетний простір між шарами бентонітів. Змішування адсорбентів, збільшення їх масових часток та підвищення маси суміші призводить до підвищення ефективності ступеня очищення цих іонів.

Визначено, що природні мінерали родовищ Алматинської області мають сорбційні властивості, які можна використовувати в практичних цілях, зокрема для очищення стічних вод.

Ключові слова: вода, адсорбент, метал, бентоніт, діатоміт, сорбція, очищення, мінерали, вилучення, кінетика.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.299130

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУ ГІДРОГРАФІЧНИХ ТА БАТИМЕТРИЧНИХ ДАНИХ ВОДОЙМ ТА ХВОСТОСХОВИЩ (с. 36–46)

Makpal Zhartybayeva, Nurzhan Serik, Aizhan Nurzhanova, Ruslan Rakhimov, Symbat Tulegenova

Існує потреба в ефективному моніторинговому рішенні для контролю якості води в хвостосховищах і прилеглих водоймах з метою запобігання забрудненню навколишнього середовища. У цій статті підкреслюється важливість моніторингу та спостереження за якістю води для запобігання забрудненню. Пропонується розробити мобільний роботизований комплекс, оснащений датчиками для моніторингу водойм і хвостосховищ, який також здатний вимірювати підводні топографічні дані. Об'єктами дослідження були хвостосховище та водойми.

Проаналізовані існуючі рішення технічного моніторингу, спроектували та розробили роботизований комплекс, ехолокаційний пристрій, випробували їх на конкретних майданчиках (хвостосховище Жайремського гірничо-збагачувального комбінату та р. Ішим), провели лабораторний аналіз проб води, класифікували результати. Крім того, було отримано 2D і 3D карти дна і внесли всі зібрані дані в розроблену базу даних і програмне забезпечення.

Розроблений комплекс продемонстрував високу точність руху (похибка близько 0,2 м по осі x і 0,1 м по осі y) і здатність реєструвати такі параметри середовища, як температура, вологість, рН. Аналіз даних за 2021–2023 роки показав значний надлишок оборотної води, що скидається у басейн випарника, що підкреслює важливість моніторингу та управління водними ресурсами.

Дослідження застосовує моделі ARIMA, нейронні мережі для прогнозування параметрів водойми. Отримані результати свідчать про високу ефективність розробленого роботизованого комплексу та методів аналізу даних про водні ресурси. Ці методи можна використовувати в промисловості, наукових дослідженнях та екологічних проектах для регулярного моніторингу якості води та вживання заходів щодо її захисту.

Ключові слова: радіокерований роботизований комплекс, моніторинг, хвостосховища, ехолокаційний пристрій, прогнозування, нейронні мережі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298266

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ SIP-ПАНЕЛЕЙ ПРИ ВОГНЕЗАХИСТІ РЕАКЦІЙНИМ ПОКРИТТЯМ (с. 47–54)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, Р. В. Ліхнівський, М. В. Суханевич, Л. Л. Запольський, П. О., Іллученко, О. І. Бедратюк

Проблема застосування SIP-панелей для будівельних конструкцій полягає в забезпеченні їх стійкості і довговічності при експлуатації в широких межах. Тому об'єктом досліджень була зміна властивостей дерева полімерного матеріалу при пожежі та захисті його при застосуванні реактивним покриттям, що здатне до утворення шару пінококсу під впливом високої температури на покриття. Доведено, що в процесі термічної дії на вогнезахисне покриття процес теплоізолювання SIP-панелей полягає в утворенні сажоподібних продуктів на поверхні матеріалу. Так саме під дією радіаційної панелі на поверхні зразка OSB, після 120 с термічного впливу, розпочався процес інтенсивного утворення шару пінококсу, який теплоізолював деревополімерний матеріал, натомість, після впливу радіаційної панелі, на вогнезахисний зразок пінополістиролу, за температури близько 100 °C розпочався процес руйнування пінополістиролу. Під час визначення горючості вогнезахисної SIP-панелі встановлено, що температура димових газів при випробуваннях складала не більше 110 °C, довжина пошкодження зразка не перевищила 460 мм. При цьому втрата маси не перевищила 200 г, а самостійне горіння зразка SIP-панелі не відбулося незважаючи що на високу температуру. За цими даними SIP-панель, вогнезахисна реакційним покриттям, відноситься до групи Г1 (низької горючості) і є важкозаймистим матеріалом. Практичне значення полягає в тому що, отримані результати було враховано під час проектування будівель із SIP-панелей. Отже, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту SIP-панелей шляхом застосування реактивних покриттів, здатних утворювати на поверхні матеріалу захисний шар, який гальмує швидкість передавання тепла.

Ключові слова: вогнезахисні засоби, конструкції з SIP-панелей, термічне руйнування поверхні, вогнезахист SIP-панелей, спучення покриття.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.299001**МЕТОД РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАГОРЯНЬ НА ОСНОВІ ВИБІРКОВОЇ ДИСПЕРСІЇ НЕБЕЗПЕЧНОГО ПАРАМЕТРУ (с. 55–63)****Б. Б. Поспелов, Є. О. Рибка, О. М. Крайнюков, В. П. Федина, Ю. С. Безугла, А. С. Мельниченко, П. Ю. Бородич, С. В. Гришко, С. А. Манжура, О. О. Єсіпова**

Об'єктом дослідження є вибірка дисперсія небезпечних параметрів газового середовища при загорянні матеріалів. Виконано теоретичне обґрунтування методу виявлення загорянь у приміщеннях на основі вибіркової дисперсії поточних вимірювань довільного небезпечного параметра газового середовища, що відповідають генеральним сукупностям достовірної відсутності та наявності загоряння. Метод при заданому рівні значущості визначає незміщене рівномірне найпотужніше правило виявлення загорянь. Це дозволяє встановлювати, наскільки відмінності вибіркової дисперсії суттєві із заданим рівнем значущості та обумовлені загорянням або є випадковими факторами. Проведено лабораторні експерименти з перевірки запропонованого методу. Встановлено, що вплив загоряння на величину відмінності вибіркової дисперсії на відповідних інтервалах спостереження концентрації чадного газу, щільності диму та температури газового середовища лабораторної камери виявляється різним і залежить від типу матеріалу загоряння. При цьому мінімальна відмінність вибіркової дисперсії є характерною для спостереження щільності диму для всіх досліджуваних матеріалів. Однак раннє виявлення загоряння спирту, паперу, деревини та текстилю при спостереженні щільності диму здійснюється при перевищенні порогу в 9,01, 5,31, 2,13 та 2,55 рази відповідно. Показано, що метод раннього виявлення загорянь, що ґрунтується на виявленні суттєвих відмінностей вибіркової дисперсії даних із відповідних генеральних сукупностей, є достовірним. На практиці результати досліджень можуть використовуватися для виявлення загорянь за умови обчислення вибіркової дисперсії небезпечних параметрів газового середовища на інтервалах відсутності та наявності загорянь.

Ключові слова: раннє виявлення пожежі, загоряння матеріалів, вибірка дисперсія, небезпечні параметри, газове середовище.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298916**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСПЕРГУВАННЯ ВОДИ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ АВІАЦІЙНИМИ ЗАСОБАМИ (с. 64–73)****С. О. Панченко, А. О. Биченко, В. В. Ніжник**

Представлено результати експериментального дослідження гідродинамічних процесів при скиданні води з висоти та їх вплив на рух рідини з метою оптимізації процесів авіаційного гасіння пожеж.

Основні параметри диспергування води визначалися на основі серії експериментів. Встановлено, що середній діаметр крапель при скиданні з висоти 10 метрів становить 2,5 мм, з максимальною відстанню розпилю до 15 метрів. Розподіл крапель за розмірами показав, що 30 % крапель мають діаметр менше 2 мм, 50 % – від 2 до 5 мм, та 20 % – більше 5 мм.

Під час експериментів було визначено, що час вилу води з ємності становить 3 секунди, а швидкість руху водяних фракцій при скиданні з висоти 10 метрів – 9,8 м/с. Зі збільшенням висоти скидання на 5 метрів швидкість руху води збільшувалася на 20 %.

Одним з ключових моментів дослідження є вдосконалення рівняння Торічеллі за допомогою введення коефіцієнта K (0.85), що враховує в'язкість та щільність води, що покращило точність розрахунків на 15 % порівняно зі стандартним рівнянням.

Для обробки та інтерпретації відеоданих було використано Python разом з бібліотеками, такими як OpenCV для обробки зображень, NumPy для високоефективних математичних обчислень та Matplotlib для візуалізації даних. Отримані дані відкривають нові перспективи для розробки стратегій авіаційного гасіння пожеж, забезпечуючи збільшення площі покриття на 20 % та зниження часу гасіння на 25 %.

Вдосконалено рівняння Торічеллі та розроблено нову методику для експериментального визначення параметрів диспергування води, яка має важливе практичне застосування у сфері пожежної безпеки.

У сфері пожежної безпеки отримані дані можуть бути використані для покращення стратегій авіаційного гасіння пожеж, що забезпечить більшу ефективність та безпеку.

Ключові слова: повітряне пожежогасіння, параметри дисперсності води, моделювання текстильних резервуарів, Python скрипт.