

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336110

JUSTIFICATION OF A DUAL VENTILATION SYSTEM FOR THE COMPLETE BURIAL OF HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE IN SPENT OPEN MINES (p. 6–27)**Talgat Kaiym**International IT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3806-5606>**Amandyk Tuleshov**Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after Academician U. A. Dzholdasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9775-3049>**Askar Seidakhmet**Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after Academician U. A. Dzholdasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1174-1547>**Suleimen Kaimov**Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after Academician U. A. Dzholdasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4255-6926>**Aidarkhan Kaimov**Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-9605>**Abylay Kaimov**Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after Academician U. A. Dzholdasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4363-142X>**Zamanbek Azil**Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5120-4130>**Yelaman Abussagatov**Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5929-2362>**Aliman Alibek**International IT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1671-0034>**Kaiyrtay Issabayev**Military Engineering Institute of Radio Electronics and Communications, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5183-3668>

The complete burial of high-level radioactive waste (HLW) in spent open mines presents a promising solution to long-term waste isolation. This study presents the justification and design of an innovative dual ventilation system aimed at regulating heat and removing gas-dust mixtures from such repositories. The ventilation system is designed to control dust-gas emissions and thermal loads through a two-chimney configuration, enabling efficient gas extraction and convective cooling. A system of main and additional chimneys is proposed: the main chimney channels the rising hot gas-dust mixture, while the additional chimney processes it through a staged treatment system before final disposal. Mathematical modeling, including Fourier's Law, Darcy's Law, and Fick's Law, supports the thermal, hydraulic, and gas dynamics simulations. The study demonstrates that with adequate ventilation flow and composite-layer insulation, internal repository temperatures can be reduced from 300°C to below 100°C within 30 years, significantly lowering the risk of container degradation and gas-induced particle

mobilization. The integrated system improves the safety, observability, and long-term reliability of HLW burial in open spent mines, offering a scalable and internationally compliant solution. Through a combination of temperature distribution modeling, structural analysis, and airflow simulations, the system's viability is demonstrated. The results show that the proposed ventilation configuration provides effective thermal regulation, structural resilience under stress, and compatibility with repurposed mining infrastructure. The study contributes a scalable, energy-efficient solution to HLW (High-level radioactive waste) repository management, paving the way for safer and more sustainable nuclear waste isolation.

Keywords: radioactive waste, spent mines, ventilation system, heat management, repository safety.

References

1. Lei, Z., Wang, Y., Zhang, Y., Gu, F., Zan, Z., Mei, Y. et al. (2024). Advanced Risk Assessment for Deep Excavation in Karst Regions Using Improved Dempster-Shafer and Dynamic Bayesian Networks. *Buildings*, 14 (9), 3022. <https://doi.org/10.3390/buildings14093022>
2. Beswick, A. J., Gibb, F. G. F., Travis, K. P. (2014). Deep borehole disposal of nuclear waste: engineering challenges. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 167 (2), 47–66. <https://doi.org/10.1680/ener.13.00016>
3. Bharath Kumar, T., Lingaraju, M. P. (2019). Nuclear waste management: Innovative techniques for long-term storage. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 3 (2), 136–146. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.3.2.0114>
4. Gorin, N. V., Kuchinov, V. P., Usanov, S. V., Vasiliev, A. P. (2023). Use underground mines for disposal of radioactive waste of the 3rd and 4th classes. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering*, 334 (9), 128–136. <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/9/4159>
5. Lee, J., Choi, H., Cho, D. (2022). A Study on Thermal Load Management in a Deep Geological Repository for Efficient Disposal of High Level Radioactive Waste. *Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology(JNFCWT)*, 20 (4), 469–488. <https://doi.org/10.7733/jnfcwt.2022.032>
6. Ratiko, R., Sumarbagiono, R., Aisyah, A., Wati, W., Heriyanto, K., Mirawaty, M. et al. (2022). Theoretical and Experimental Analysis on Influence of Natural Airflow on Spent Fuel Heat Removal in Dry Cask Storage. *Sustainability*, 14 (3), 1859. <https://doi.org/10.3390/su14031859>
7. Jiang, J., Wang, S., Lei, Q., Zhu, Z., Liu, Z., Xu, C., Liu, X. (2022). A study on the clearance of metal frames of waste filters from ventilation system in nuclear power plant. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 331 (3), 1261–1266. <https://doi.org/10.1007/s10967-022-08211-6>
8. Kim, Y.-M., Kwon, O.-S., Yoon, C.-H., Kwon, S.-K., Kim, J. (2007). A Study on Ventilation System of Underground Low-Intermediate Radioactive Waste Repository. *Journal of the Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology(JNFCWT)*, 5 (1), 65–78. Available at: https://www.researchgate.net/publication/264107313_A_Study_on_Ventilation_System_of_Underground_Low-Intermediate_Radioactive_Waste_Repository
9. Mansfield, D., Montazeri, A. (2024). A survey on autonomous environmental monitoring approaches: towards unifying active sensing and reinforcement learning. *Frontiers in Robotics and AI*, 11. <https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1336612>
10. Sung, Y., Chen, Z., Das, J., Tokekar, P. (2023). A Survey of Decision-Theoretic Approaches for Robotic Environmental Monitoring. *Foundations and Trends® in Robotics*, 11 (4), 225–315. <https://doi.org/10.1561/23000000073>

11. Andersson, J. (2020). Science underpinning the safety case of deep geological repositories – challenges in the past and in the future and how to maintain knowledge and competence during operation. *EPJ Nuclear Sciences & Technologies*, 6, 24. <https://doi.org/10.1051/epjn/2019037>
12. Kuzmin, E. V., Kalakutsky, A. V., Morozov, A. A. (2021). Method for Radioactive Waste Disposal in Underground Mines. *Radioactive Waste*, 15 (2), 49–62. <https://doi.org/10.25283/2587-9707-2021-2-49-62>
13. Kaimov, A., Kaiym, T., Kaimov, S., Kaimov, A., Kanagatova, N. (2024). Justification of an innovative system for the complete burial of solid, high-level radioactive waste (HLW) in spent open-pit mines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (131)), 6–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311832>
14. Kaimov, A., Kaimov, A., Kaimov, S., Kaiym, T., Primbetova, A., Mamyrbaev, O. et al. (2022). Development of intelligent and expert system for automation of processes of mining and transport works on the basis of satellite navigation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (116)), 13–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255720>
15. Kaimov, A., Syrgaliyev, Y., Tuleshov, A., Kaimov, S., Kaiym, T., Kaimov, A., Primbetova, A. (2022). Creation of an innovative robot with a gripper for moving plant microshoots from the in vitro transport tank to the working tank with soil ground at the stage of their adaptation in soil ground during microclonal reproduction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (115)), 48–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253135>
16. Kaimov, S. (2019). Pat. No. 4729 KZ. Flue gas recovery system of a thermal power plant. Available at: <https://drive.google.com/drive/folders/1xiiPdeSg-crQWbofDMB0cHIP6OouPgfx?usp=sharing>
17. Kaimov, S. (2024). Pat. No. 9444 KZ. System of dust and gas mixture extraction devices from a chimney of a thermal power plant for separation of solid particles from gases and their complete processing into useful products. Available at: <https://drive.google.com/drive/folders/1xiiPdeSg-crQWbofDMB0cHIP6OouPgfx>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338119

EVALUATING ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND ECOSYSTEM DISRUPTION CAUSED BY CONSTRUCTION DEMOLITION WASTE IN A UNIVERSITY PRECINCT: A CASE STUDY FROM MALANG, SOUTHEAST ASIA (p. 28–36)

Ketut Sugiharto

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6742-8786>

Marjono

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6886-0141>

Gatot Ciptadi

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7806-7411>

Wisnumurti

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2939-2170>

This research focuses on evaluating the ecological potential of reusing construction and demolition waste (CDW) from brick wall debris in Malang City, East Java, Indonesia, as a sustainable substitute for natural fine aggregate in construction. The problem addressed is the increasing volume of CDW driven by rapid urban growth, especially in student-dominated districts, which poses environmental risks through landfill overuse, and soil degradation. The study employs field surveys, structured interviews, SEM-EDX analysis, and gradation testing to assess the physical and chemical suitability of recycled CDW. The results demonstrate that brick-based CDW ex-

hibits stable particle gradation, an acceptable fineness modulus, with approximately 12.71% of the material passing through the 0.075 mm sieve, and contains no hazardous levels of leachable chemicals, making it suitable for reuse as a construction sand substitute.

These findings are explained by the inherent mineral stability of fired clay bricks and the controlled processing methods used, which reduce impurities and optimize particle distribution. A distinctive feature of the results is the integration of chemical safety verification via SEM-EDX with practical gradation analysis, ensuring both environmental safety and material performance in a single evaluation framework. The results can be practically applied in the manufacture of urban construction materials under conditions where local CDW. Implementation is most effective in medium-sized cities with high construction activity and limited natural sand resources, particularly where municipal waste management systems can support material sorting and processing. By applying these findings, urban areas can reduce environmental pressure from CDW, promote circular economy practices, and advance sustainable construction technology.

Keywords: waste management, sustainable material, urban ecosystem, soil hazard, circular construction.

References

1. Yu, B., Wang, J., Li, J., Zhang, J., Lai, Y., Xu, X. (2019). Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method. *Waste Management*, 89, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.063>
2. Cha, G.-W., Moon, H. J., Kim, Y.-C., Hong, W.-H., Jeon, G.-Y., Yoon, Y. R. et al. (2020). Evaluating recycling potential of demolition waste considering building structure types: A study in South Korea. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120385>
3. Esa, M. R., Halog, A., Rigamonti, L. (2017). Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 219–229. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.014>
4. Molla, A. S., Tang, P., Sher, W., Bekele, D. N. (2021). Chemicals of concern in construction and demolition waste fine residues: A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 299, 113654. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113654>
5. Li, Y., Yao, N., Ye, Y., Wu, M., Chen, G., Guan, W. (2023). Leaching toxicity and deformation failure characteristics of phosphogypsum-based cemented paste backfill under chemical solution erosion. *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (40), 92451–92468. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28707-2>
6. Yilmaz, T., Ercikdi, B. (2022). Effect of construction and demolition waste on the long-term geo-environmental behaviour of cemented paste backfill. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (5), 3701–3714. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03359-2>
7. Paula Junior, A. C., Jacinto, C., Turco, C., Fernandes, J., Teixeira, E., Mateus, R. (2022). Analysis of the effect of incorporating construction and demolition waste on the environmental and mechanical performance of earth-based mixtures. *Construction and Building Materials*, 330, 127244. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127244>
8. Diotti, A., Perèz Galvin, A., Piccinali, A., Plizzari, G., Sorlini, S. (2020). Chemical and Leaching Behavior of Construction and Demolition Wastes and Recycled Aggregates. *Sustainability*, 12 (24), 10326. <https://doi.org/10.3390/su122410326>
9. Al-kroom, H., Atyia, M. M., Mahdy, M. G., Abd Elrahman, M. (2022). The Effect of Finely-Grinded Crushed Brick Powder on Physical and Microstructural Characteristics of Lightweight Concrete. *Minerals*, 12 (2), 159. <https://doi.org/10.3390/min12020159>
10. Caneda-Martínez, L., Monasterio, M., Moreno-Juez, J., Martínez-Ramírez, S., García, R., Frías, M. (2021). Behaviour and Properties of Eco-Cement Pastes Elaborated with Recycled Concrete Powder from

Construction and Demolition Wastes. *Materials*, 14 (5), 1299. <https://doi.org/10.3390/ma14051299>

11. Zhu, L., Zhu, Z. (2020). Reuse of Clay Brick Waste in Mortar and Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020 (1). <https://doi.org/10.1155/2020/6326178>
12. Marchenko, V., Osetskyi, V., Hrechko, A., Dergaliuk, B., Kavtysh, O., Shutuk, V. (2022). Creating incentives for managing construction waste generated during the war. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (13 (119)), 32–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265646>
13. Benduih, V., Markina, L., Matsai, N., Kyrpychova, I., Boichenko, S., Priadko, S. et al. (2023). Integrated method for planning waste management based on the material flow analysis and life cycle assessment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (121)), 6–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273930>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337919

DEVELOPMENT OF POLYADSORBENTS BASED ON POLYETHYLENIMINE AND LOW MOLECULAR WEIGHT LIGANDS FOR THE EXTRACTION OF GROUP II METAL IONS FROM WASTEWATER (p. 37–46)

Nazgul Ashimkhan

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

Manshuk Murzagaliyeva

Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov,
Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4553-2324>

Gulnur Daribayeua

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

Ardak Sapiyeva

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

The object of this study is the physicochemical processes of interaction between Group II metal ions and polyethyleneimine (PEI) and low-molecular-weight ligands (salicylic acid, sulfosalicylic acid, EDTA) with the aim of developing polyadsorbents for the selective extraction of toxic ions from aqueous media. The problem to be solved is the development of effective and selective polyadsorbents for removing toxic metal ions from wastewater.

Potentiometric, conductometric, and viscometric analysis methods have established that in binary PEI- M^{2+} systems, coordination complexes are formed with a molar ratio of $PEI:M^{2+} = 2:1$. For systems with Sr^{2+} and Ba^{2+} ions, stepwise complexation was identified, with particles of composition 6:1 and 4:1 being formed at the initial stage, respectively. The stability of the complexes formed was established in the following order: $Be^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+} > Mg^{2+}$.

Thermodynamic parameters showed that the complexation processes are spontaneous and exothermic, with the decrease in entropy being associated with an increase in order within the system. Stability constants ($\lg \beta_0$) range from 5.4 (Mg^{2+}) to 10.16 (Be^{2+}).

Quantum chemical calculations have shown that the reaction centers in the ligand molecules are: the oxygen atoms of the carbonyl group (H_2Sal), the sulfonate group (H_3Ssal), and the carboxyl group (H_2edta^{2-}). It has been established that donor-acceptor interactions predominate in PEI- M^{2+} - H_2Sal / H_3Ssal ternary systems, while electrostatic interactions dominate in PEI- Zn^{2+} / Cd^{2+} - H_2Sal and PEI- Be^{2+} - H_2edta^{2-} systems.

In sorption tests in model solutions, the ternary complexes PEI- Be^{2+} - H_3Ssal and PEI- Hg^{2+} - H_3Ssal demonstrated the highest ef-

ficiency: the degree of removal of Be^{2+} reached 97.1%, Hg^{2+} – 93.4%, while for Mg^{2+} and Ba^{2+} it was less than 70%. Modified PEI with H_3sal proved to be the most effective adsorbent among those studied. In industrial trials, the developed adsorbents reduced the concentrations of Be^{2+} and Hg^{2+} in wastewater to 0.004 and 0.002 mg/l, respectively, which meets the maximum permissible concentrations for discharge into water bodies.

Keywords: metal, ion, complexation, polyethyleneimine, ligand, wastewater, titration, thermodynamics, adsorption.

References

1. Ayalew, Z. M., Guo, X., Zhang, X. (2022). Synthesis and application of polyethyleneimine (PEI)-based composite/nanocomposite material for heavy metals removal from wastewater: A critical review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 8, 100158. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100158>
2. Bertagnolli, C., Grishin, A., Vincent, T., Guibal, E. (2016). Recovering Heavy Metal Ions from Complex Solutions Using Polyethylenimine Derivatives Encapsulated in Alginate Matrix. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55 (8), 2461–2470. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04683>
3. Semenova, A., Vidallon, M. L. P., Follink, B., Brown, P. L., Tabor, R. F. (2021). Synthesis and Characterization of Polyethylenimine–Silica Nanocomposite Microparticles. *Langmuir*, 38 (1), 191–202. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c02393>
4. Yoo, S.-H., Lee, S.-C., Ko, M., Yoon, S., Lee, J., Park, J.-A., Kim, S.-B. (2023). Adsorption of $Hg(II)$ on polyethyleneimine-functionalized carboxymethylcellulose beads: Characterization, toxicity tests, and adsorption experiments. *International Journal of Biological Macromolecules*, 241, 124516. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124516>
5. Larsson, M., Nosrati, A., Kaur, S., Wagner, J., Baus, U., Nydén, M. (2018). Copper removal from acid mine drainage-polluted water using glutaraldehyde-polyethyleneimine modified diatomaceous earth particles. *Heliyon*, 4 (2), e00520. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00520>
6. Tran, A. T.-K., Hoang, N. T.-T., Nguyen, P. T. (2023). Optimizing sulfonation process of polystyrene waste for hardness and heavy metal removal. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2023.100396>
7. Houari, B., Louhibi, S., Tizaoui, K., Boukli-hacene, L., Benguella, B., Roisnel, T., Dorcet, V. (2019). New synthetic material removing heavy metals from aqueous solutions and wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 12 (8), 5040–5048. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.11.010>
8. Zhang, D., Wu, B., Wang, T., Yilmaz, M., Sharma, G., Kumar, A., Shi, H. (2025). Multi-mechanism synergistic adsorption of lead and cadmium in water by structure-functionally adapted modified biochar: A review. *Desalination and Water Treatment*, 322, 101156. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101156>
9. Verma, M., Ahmad, W., Park, J.-H., Kumar, V., Vlaskin, M. S., Vaya, D., Kim, H. (2022). One-step functionalization of chitosan using EDTA: Kinetics and isotherms modeling for multiple heavy metals adsorption and their mechanism. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 102989. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102989>
10. Ma, J., Zhou, G., Chu, L., Liu, Y., Liu, C., Luo, S., Wei, Y. (2016). Efficient Removal of Heavy Metal Ions with An EDTA Functionalized Chitosan/Polyacrylamide Double Network Hydrogel. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5 (1), 843–851. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02181>
11. Qasem, N. A. A., Mohammed, R. H., Lawal, D. U. (2021). Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *Npj Clean Water*, 4 (1). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
12. Sharma, K., Choudhary, P., Majeed, A., Guleria, S., Kumar, M., Rana, A. K., Rajauria, G. (2025). Cellulose based membranes, hydrogels and aerogels for water treatment application. *Industrial Crops and Products*, 225, 120474. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120474>

13. López-Maldonado, E. A., Abdellaoui, Y., Abu Elella, M. H., Abdallah, H. M., Pandey, M., Anthony, E. T. et al. (2024). Innovative biopolyelectrolytes-based technologies for wastewater treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 273, 132895. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132895>
14. Sheraz, N., Shah, A., Haleem, A., Iftikhar, F. J. (2024). Comprehensive assessment of carbon-, biomaterial- and inorganic-based adsorbents for the removal of the most hazardous heavy metal ions from wastewater. *RSC Advances*, 14 (16), 11284–11310. <https://doi.org/10.1039/d4ra00976b>
15. Danouche, M., El Ghachtouli, N., El Arroussi, H. (2021). Phycoremediation mechanisms of heavy metals using living green microalgae: physicochemical and molecular approaches for enhancing selectivity and removal capacity. *Heliyon*, 7 (7), e07609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07609>
16. Shi, H., He, Y., Pan, Y., Di, H., Zeng, G., Zhang, L., Zhang, C. (2016). A modified mussel-inspired method to fabricate TiO₂ decorated superhydrophilic PVDF membrane for oil/water separation. *Journal of Membrane Science*, 506, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2016.01.053>
17. Zhu, Y., Xie, W., Li, J., Xing, T., Jin, J. (2015). pH-Induced non-fouling membrane for effective separation of oil-in-water emulsion. *Journal of Membrane Science*, 477, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.12.026>
18. Yuan, X., Li, W., Liu, H., Han, N., Zhang, X. (2016). A novel PVDF/graphene composite membrane based on electrospun nanofibrous film for oil/water emulsion separation. *Composites Communications*, 2, 5–8. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2016.10.001>
19. Venault, A., Chiang, C.-H., Chang, H.-Y., Hung, W.-S., Chang, Y. (2018). Graphene oxide/PVDF VIPS membranes for switchable, versatile and gravity-driven separation of oil and water. *Journal of Membrane Science*, 565, 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.08.018>
20. Alaba, P. A., Oladoja, N. A., Sani, Y. M., Ayodele, O. B., Mohammed, I. Y., Olupinla, S. F., Daud, W. M. W. (2018). Insight into wastewater decontamination using polymeric adsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (2), 1651–1672. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.019>
21. Liu, C., Zhang, H.-X. (2022). Modified-biochar adsorbents (MBAs) for heavy-metal ions adsorption: A critical review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10 (2), 107393. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107393>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337917

DEVISING THE TECHNOLOGY FOR THICKENING AND DEHYDRATION OF ACTIVATED SLUDGE FROM MUNICIPAL TREATMENT PLANTS IN SEDIMENTATION CENTRIFUGES (p. 47–55)

Andrii Shkop

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1974-0290>

Oleksii Shestopalov

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6268-8638>

Alona Bosiuk

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5254-2272>

Alla Abramova

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3475-8584>

Andrii Titov

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9330-8829>

Andrii Romanchyk

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1660-4676>

The object of this study is the process of thickening and dewatering excess activated sludge from municipal wastewater treatment plants in sedimentation centrifuges. The subject of the study is the conditions and factors that affect the efficiency of sludge dewatering, taking into account environmental safety, energy efficiency, and the possibility of reusing resources. The study is aimed at solving the problem of the efficiency and environmental safety of dewatering excess activated sludge.

The results of studies on the centrifugation of samples of excess and stabilized activated sludge in a laboratory centrifuge showed that effective separation into sediment and clarified liquid is achieved at a separation factor of 200–600 with the use of a flocculant. In an industrial centrifuge under a flow mode, the best results were obtained at a separation factor of 450 and a flow rate of 9.4 m³/h: the solid phase content in the thickened product was 12.8 g/l, at an input concentration of 4.2 g/l and the residual in the clarified liquid – 0.3 g/l.

The proposed scheme for thickening and dewatering sludge stabilizes the process and improves the quality of the product for further use or disposal. For effective dewatering, mixing the thickened sludge with thickened activated sludge is recommended due to the need for a mineral component. It has been established that thickening of activated sludge is possible using centrifuges in a weak centrifugal field ($Fr = 200–600$), with a cationic flocculant consumption of 5 kg/t. The second stage – dehydration – is implemented using sedimentation centrifuges.

The results could be used at municipal treatment plants to optimize the processes of thickening and dewatering of excess activated sludge, taking into account energy efficiency and environmental safety. The proposed centrifuge operating modes and the technological scheme enable process stability, reduce sludge volumes, and improve the quality of the final product for further use or disposal.

Keywords: activated sludge, activated sludge dewatering, centrifugal units, thickening of excess sludge, environmental safety, fermented sludge, stabilized sludge.

References

1. Pradel, M. (2019). Survey data of sewage sludge treatment and disposal routes originated from activated sludge water treatment in France. *Data in Brief*, 26, 104541. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104541>
2. Zhang, Q., Hu, J., Lee, D.-J., Chang, Y., Lee, Y.-J. (2017). Sludge treatment: Current research trends. *Bioresource Technology*, 243, 1159–1172. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.070>
3. Xiao, T., Wang, H., Wang, X., Wu, H., Yuan, S., Dai, X., Dong, B. (2023). New strategy of drinking water sludge as conditioner to enhance waste activated sludge dewaterability: Collaborative disposal. *Water Research*, 233, 119761. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119761>
4. Czarnota, J., Masłoń, A., Pajura, R. (2023). Wastewater Treatment Plants as a Source of Malodorous Substances Hazardous to Health, Including a Case Study from Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (7), 5379. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075379>
5. González, D., Colón, J., Sánchez, A., Gabriel, D. (2019). A systematic study on the VOCs characterization and odour emissions in a full-scale sewage sludge composting plant. *Journal of Hazardous Materials*, 373, 733–740. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.131>

6. Li, K., Zhou, F., Fu, S., Zhang, Y., Dai, C., Yuan, H., Yu, S. (2023). Study on the separation performance of a decanter centrifuge used for dewatering coal water slurry. *Chemical Engineering Research and Design*, 195, 711–720. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.06.013>
7. Takdastan, A., Talepour, N., Taherian, M. (2024). A review of the oxic-settling-anaerobic (OSA) process for sustainable sludge minimisation from biological treatment of wastewater. *Environmental Technology Reviews*, 14 (1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/21622515.2024.2439068>
8. Takabe, Y., Ida, K. (2023). Simultaneous phosphorus precipitation and sludge thickening by electrolysis with an anode covered by bivalve shells. *Water Research*, 247, 120789. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120789>
9. Shestopalov, O., Briankin, O., Rykusova, N., Hetta, O., Raiko, V., Tseitlin, M. (2020). Optimization of floccular cleaning and drainage of thin dispersed sludges. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 75–86. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001239>
10. Shkop, A., Shestopalov, O., Sakun, A., Tseitlin, M., Ponomarova, N. et al. (2025). Research of efficiency of cleaning and dehydration of coal slimes in centrifuges. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 19 (1), 112–121. <https://doi.org/10.17683/ijomam/issue19.13>
11. Wu, B., Dai, X., Chai, X. (2020). Critical review on dewatering of sewage sludge: Influential mechanism, conditioning technologies and implications to sludge re-utilizations. *Water Research*, 180, 115912. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115912>
12. Mariñelarena, A. J., Di Giorgi, H., Donadelli, J. (2021). Dewatering, Stabilization, and Final Disposal of Waste Activated Sludge in Constructed Wetlands. *Ingeniería y Universidad*, 25. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ued25.dsfd>
13. Nega, R. (2018). Microbial Environmental Risks Associated Sewage Sludge Disposal. *Open Access Journal of Microbiology & Biotechnology*, 3 (2). <https://doi.org/10.23880/oajmb-16000131>
14. Shkop, A., Trembitskyi, D., Shestopalov, O., Bosiuk, A., Loboiko, V., Sakun, A. (2025). Study of the process of mechanical dewatering of liquid waste from municipal wastewater treatment plants in sedimentation centrifuges. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 1 (20). <https://doi.org/10.17683/ijomam/issue20.38>
15. Karahiaur, A., Airapetian, T., Novokhatniy, V., Matyash, O. (2020). The Influence of Oxygen Regime on Aerotank-Displacer with Fixed Biocenosis Operation. *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations*, 591–599. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_58
16. Chub, I., Airapetian, T., Karahiaur, A., Zabara, I. (2023). The use of biological activation of microorganisms of activated sludge to increase the efficiency of wastewater treatment. *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022*, 2928, 060033. <https://doi.org/10.1063/5.0123327>
17. Tang, Q., Xing, J., Sun, Z., Gan, M., Fan, X., Ji, Z. et al. (2022). Enhancing the Dewaterability of Oily Cold Rolling Mill Sludge Using Quicklime as a Conditioning Agent. *ACS Omega*, 7 (48), 44278–44286. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05771>
18. Wang, S., Ma, C., Zhu, Y., Yang, Y., Du, G., Li, J. (2018). Deep dewatering process of sludge by chemical conditioning and its potential influence on wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (33), 33838–33846. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2351-1>
19. Hamraoui, L., Bergani, A., Ettoumi, M., Aboulaich, A., Taha, Y., Khalil, A. et al. (2024). Towards a Circular Economy in the Mining Industry: Possible Solutions for Water Recovery through Advanced Mineral Tailings Dewatering. *Minerals*, 14 (3), 319. <https://doi.org/10.3390/min14030319>
20. MVV No. 081/12-0785-11. Grunty ta vidkhody. Metodyka vykonannia vymiriuvan volohosti metodom vysushuvannia do postyinoi masy. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76615
21. Shkop, A. O., Ponomarova, N. G., Bosiuk, A. S., Shestopalov, O. V. (2025). Study of the process of purifying potassium humate suspension from suspended particles using industrial centrifuges. *EAI Endorsed Transactions on Digital Transformation of Industrial Processes*, 1 (2). Available at: <https://publications.eai.eu/index.php/dtip/article/view/9678/3655>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337401

ESTABLISHING PATTERNS IN THE FORMATION OF BIOCOMPOSITES FOR THERMAL INSULATION OF BUILDING STRUCTURES (p. 56–64)

Yuriy Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Aleksii Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

Vasyl Lomaha

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

Pavlo Illiuchenko

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6687-6388>

Oksana Berdnyk

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>

Ruslan Likhnyovskiy

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>

Kseniia Bielikova

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7475-2115>

Nataliia Dyuzhilova

State Inspectorate of Architecture and Urban Planning of Ukraine,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8602-1563>

This study's object is the process that forms fire-resistant biocomposites based on wood chips and inorganic and organic binders. The task addressed relates to the need to enable resistance to high-temperature flames. This is important for the technology of application and production of environmentally friendly biocomposites obtained from natural and renewable sources for construction.

It has been proven that when determining the thermal insulation properties of the resulting materials, the temperature conductivity of the biocomposite on an inorganic basis was $0.22 \cdot 10^6$ m²/s while the thermal conductivity of the sample did not exceed 0.132 W/(m·K). In contrast, for an organic-based biocomposite, the thermal conductivity value decreases by more than 6 times, the temperature conductivity – by more than 7 times.

In addition, the heat capacity of the product based on inorganic binder corresponds to a value within 1.6 kJ/(kg·K), and the heat capacity value for the product made of biocomposite based on organic basis was 7.66 kJ/(kg·K), respectively.

When a radiation panel was applied to the biocomposite samples, the temperature of the gaseous combustion products increased to 96°C, and the sample did not ignite. A study of the compressive strength of biocomposites showed that the product formed on the basis of wood and inorganic binder is more fragile; the tensile strength corresponds to an average value of 0.5 MPa. In contrast, for the biocomposite formed on the basis of chips and organic binder, the average tensile strength is 2.4 MPa, which is more than 4.7 times higher than the product based on inorganic basis.

The practical importance relates to the fact that the results were taken into account when developing a thermal insulation product for construction. Thus, there are grounds for the production of biocomposites for thermal insulation.

Keywords: biocomposites, thermal insulation products, thermo-physical properties, fire resistance, foam coke layer, coating swelling.

References

- Anannya, F. R., Mahmud, Md. A. (2019). Developments in Flame-Retardant Bio-composite Material Production. *Advances in Civil Engineering Materials*, 8 (1), 9–22. <https://doi.org/10.1520/acem20180025>
- Rashid, M., Chetehouna, K., Lemée, L., Roudaut, C., Gascoin, N. (2022). Study of flame retardancy effect on the thermal degradation of a new green biocomposite and estimation of lower flammability limits of the gaseous emissions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147 (17), 9367–9382. <https://doi.org/10.1007/s10973-022-11233-7>
- Podkościelna, B., Wnuczek, K., Goliszek, M., Klepka, T., Dziuba, K. (2020). Flammability Tests and Investigations of Properties of Lignin-Containing Polymer Composites Based on Acrylates. *Molecules*, 25 (24), 5947. <https://doi.org/10.3390/molecules25245947>
- Giancaspro, J., Papakonstantinou, C., Balaguru, P. (2009). Mechanical behavior of fire-resistant biocomposite. *Composites Part B: Engineering*, 40 (3), 206–211. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2008.11.008>
- Feng, J., Lu, Y., Xie, H., Zhang, Y., Huo, S., Liu, X. et al. (2023). Atom-economic synthesis of an oligomeric P/N-containing fire retardant towards fire-retarding and mechanically robust polylactide biocomposites. *Journal of Materials Science & Technology*, 160, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2023.04.003>
- Prabhakar, M. N., Cabo, M. C., Yu, R., Gebrekstos Weldemhret, T., Dong Woo, L., Jung-il, S. (2024). Surface flame retardancy of clay mineral powder infused onto the top of the layer of vinyl ester/bamboo composites through a modified VARTM process. *Polymer Testing*, 132, 108367. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2024.108367>
- Rajeshkumar, L., Kumar, P. S., Boonyasopon, P., Rangappa, S. M., Siengchin, S. (2024). Flame retardance behaviour and degradation of plant-based natural fiber composites – A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 432, 136552. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136552>
- Madyaratri, E., Ridho, M., Aristri, M., Lubis, M., Iswanto, A., Nawawi, D. et al. (2022). Recent Advances in the Development of Fire-Resistant Biocomposites – A Review. *Polymers*, 14 (3), 362. <https://doi.org/10.3390/polym14030362>
- Zambaldi, E., Magalhães, R. R., Dias, M. C., Mendes, L. M., Tonoli, G. H. D. (2022). Numerical simulation of poly(lactic acid) polymeric composites reinforced with nanofibrillated cellulose for industrial applications. *Polymer Engineering & Science*, 62 (12), 4043–4054. <https://doi.org/10.1002/pen.26165>
- Vitola, L., Gendelis, S., Sinka, M., Pundiene, I., Bajare, D. (2022). Assessment of Plant Origin By-Products as Lightweight Aggregates for Bio-Composite Bounded by Starch Binder. *Energies*, 15 (15), 5330. <https://doi.org/10.3390/en15155330>
- Moussa, T., Maalouf, C., Bliard, C., Abbès, B., Badouard, C., Lachi, M. et al. (2022). Spent Coffee Grounds as Building Material for Non-Load-Bearing Structures. *Materials*, 15 (5), 1689. <https://doi.org/10.3390/ma15051689>
- Hegyi, A. (2017). Biocomposites Materials For Sustainable Construction. *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings*. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/62/s26.004>
- Liukko, S., Dimic-Misic, K., Janackovic, A., Gasik, M. (2025). Improving Mechanical and Thermal Properties of Cellulose Foam with Alumina Nanofibers. *Polymers*, 17 (8), 1043. <https://doi.org/10.3390/polym17081043>
- Zare, R., Hassan Pour, F., Bacchus, A., Fatehi, P. (2025). Lignin containing aerogel biocomposites. *Biocomposites and the Circular Economy*, 59–105. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-23718-8.00004-1>
- Ansari, K. H., Routroy, S., Samyal, R., Kaushik, S. (2025). Development and optimization of pearl millet waste biocomposite ceiling tiles: a waste management approach. *Scientific Reports*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08351-1>
- Tsapko, Y., Zavialov, D., Bondarenko, O., Marchenko, N., Mazurchuk, S., Horbachova, O. (2019). Determination of thermal and physical characteristics of dead pine wood thermal insulation products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 37–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175346>
- 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>
- ISO 13061-3:2014. Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 3: Determination of ultimate strength in static bending. Available at: <https://cdn.standards.itech.ai/samples/60065/5c53a08bc6694318d5a7d2c31e9869f/ISO-13061-3-2014.pdf>
- Tsapko, Y., Kasianchuk, I., Likhnyovskiy, R., Tsapko, A., Kovalenko, V., Nizhnyk, V. et al. (2023). Determining thermal and physical characteristics of wood polymer material for pipeline thermal insulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (125)), 63–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289341>
- Horbachova, O., Tsapko, Y., Tsarenko, Y., Mazurchuk, S., Kasianchuk, I. (2023). Justification of the Wood Polymer Material Application Conditions. *Journal of Engineering Sciences*, 10 (2), C49–C55. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).c6](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).c6)
- Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2020). Modeling the process of moisture diffusion by a flame-retardant coating for wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (103)), 14–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192687>
- Tsapko, Y. V., 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>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336110

ОБГРУНТУВАННЯ ПОДВІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ПОВНОГО ЗАХОПЛЕННЯ ВИСОКОРАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ВІДКРИТИХ ШАХТАХ (с. 6–27)**Talgat Kaiym, Amandyk Tuleshov, Askar Seidakhmet, Suleimen Kaimov, Aidarkhan Kaimov, Abylay Kaimov, Zamanbek Azil, Yelaman Abussagatov, Aliman Alibek, Kaiyrtay Issabayev**

Повне захоронення високоактивних радіоактивних відходів (ВРВ) у відпрацьованих відкритих шахтах є перспективним рішенням для довгострокової ізоляції відходів. У цьому дослідженні представлено обґрунтування та проектування інноваційної подвійної вентиляційної системи, спрямованої на регулювання тепла та видалення газопилових сумішей з таких сховищ. Вентиляційна система призначена для контролю пилогазових викидів та теплових навантажень завдяки конфігурації з двома димарями, що забезпечує ефективне відведення газу та конвективне охолодження. Запропоновано систему основного та додаткового димарів: основний димар направляє піднімається гарячу газопилову суміш, а додатковий димар обробляє її за допомогою поетапної системи очищення перед остаточним захороненням. Математичне моделювання, включаючи закон Фур'є, закон Дарсі та закон Фіка, підтверджує теплове, гідравлічне та газодинамічне моделювання. Дослідження демонструє, що за умови належного вентиляційного потоку та ізоляції з композитного шару внутрішню температуру сховища можна знизити з 300°C до нижче 100°C протягом 30 років, що значно знижує ризик деградації контейнера та мобілізації частинок, викликаної газом. Інтегрована система покращує безпеку, спостережуваність та довгострокову надійність захоронення високоактивних радіоактивних відходів (ВРВ) у відкритих відпрацьованих шахтах, пропонуючи масштабоване та міжнародно сумісне рішення. Завдяки поєднанню моделювання розподілу температури, структурного аналізу та моделювання потоку повітря демонструється життєздатність системи. Результати показують, що запропонована конфігурація вентиляції забезпечує ефективне регулювання температури, структурну стійкість під навантаженням та сумісність з перепрофільованою гірничою інфраструктурою. Дослідження пропонує масштабоване, енергоефективне рішення для управління сховищем ВРВ (високоактивних радіоактивних відходів), прокладаючи шлях для безпечнішої та більш сталої ізоляції ядерних відходів.

Ключові слова: радіоактивні відходи, відпрацьовані шахти, система вентиляції, управління теплом, безпека сховища.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338119

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ПОРУШЕНЬ ЕКОСИСТЕМИ, СПРИЧИНЕНИХ БУДІВЕЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ ВІД ЗНЕСЕННЯ В УНІВЕРСИТЕТСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ: ТЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ З МАЛАНГА, ПІВДЕННО-СХІДНА АЗІЯ (с. 28–36)**Ketut Sugiharto, Marjono, Gatot Ciptadi, Wisnumurti**

Це дослідження зосереджено на оцінці екологічного потенціалу повторного використання будівельних та знесених відходів (БЗВ) з уламків цегляних стін у місті Маланг, Східна Ява, Індонезія, як сталої заміни природного дрібного заповнювача в будівництві. Розглянута проблема полягає в зростанні обсягу БЗВ, спричиненому швидким зростанням міст, особливо в районах, де переважно проживають студенти, що створює екологічні ризики через надмірне використання звалищ та деградацію ґрунту. Використовуються польові дослідження, структуровані інтерв'ю, SEM-EDX аналіз та градаційні випробування для оцінки фізичної та хімічної придатності перероблених БЗВ. Результати показують, що БЗВ на основі цегли демонструють стабільну градацію частинок, прийнятний модуль крупності, приблизно 12,71% матеріалу проходить через сито 0,075 мм, і не містять небезпечних рівнів вилуговуваних хімічних речовин, що робить їх придатними для повторного використання як заміниacza будівельного піску.

Ці результати пояснюються притаманною мінеральною стабільністю обпаленої глиняної цегли та контрольованими методами обробки, які зменшують кількість домішок та оптимізують розподіл частинок. Відмінною особливістю результатів є інтеграція перевірки хімічної безпеки за допомогою SEM-EDX з практичним градаційним аналізом, що забезпечує як екологічну безпеку, так і характеристики матеріалів в єдиній системі оцінки. Результати можуть бути практично застосовані у виробництві міських будівельних матеріалів в умовах локального утворення БЗВ. Впровадження є найефективнішим у містах середнього розміру з високою будівельною активністю та обмеженими природними ресурсами піску, особливо там, де системи управління муніципальними відходами можуть підтримувати сортування та переробку матеріалів. Застосовуючи ці результати, міські райони можуть зменшити навантаження на навколишнє середовище від БЗВ, сприяти практиці циркулярної економіки та розвивати технології сталого будівництва.

Ключові слова: управління відходами, сталий матеріал, міська екосистема, безпека ґрунту, циркулярне будівництво.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337919

РОЗРОБКА ПОЛІАДСОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНІМІНУ ТА НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ЛІГАНДІВ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ МЕТАЛІВ ІІ ГРУПИ ЗІ СТІЧНИХ ВОД (с. 37–46)**Nazgul Ashimkhan, Manshuk Murzagaliyeva, Gulnur Daribayeva, Ardak Sapiyeva**

Об'єктом дослідження є фізико-хімічні процеси комплексоутворення іонів металів ІІ групи з поліетиленіміном (ПЕІ) та низькомолекулярними органічними лігандами. Розв'язувана проблема пов'язана з розробкою ефективних і селективних поліадсорбентів для вилучення токсичних іонів металів зі стічних вод.

Методами потенціометричного, кондуктометричного та в'язкісного аналізу встановлено, що у бінарних системах PEI-M^{2+} формуються координаційні комплекси з мольним співвідношенням $\text{PEI:M}^{2+} = 2:1$. Для систем з іонами Sr^{2+} і Ba^{2+} виявлено ступінчасте комплексоутворення, на початковому етапі якого утворюються частинки складу 6:1 та 4:1 відповідно. Встановлено ряд стійкості утворених комплексів у такій послідовності: $\text{Be}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Термодинамічні параметри показали, що процеси комплексоутворення відбуваються самочинно й екзотермічно, при цьому зниження ентропії пов'язане з підвищенням упорядкованості в системі. Константи стійкості ($\lg\beta_0$) варіюються від 5,4 (Mg^{2+}) до 10,16 (Be^{2+}).

Квантово-хімічні розрахунки показали, що реакційними центрами в молекулах лігандів є: атоми кисню карбонільної групи (H_2Sal), сульфогрупи (H_3Ssal), карбоксильної групи ($\text{H}_2\text{edta}^{2-}$). Встановлено, що донорно-акцепторні взаємодії переважають у потрібних системах $\text{PEI-M}^{2+}\text{-H}_2\text{Sal}/\text{H}_3\text{Ssal}$, електростатичні взаємодії домінують у системах $\text{PEI-Zn}^{2+}/\text{Cd}^{2+}\text{-H}_2\text{Sal}$ та $\text{PEI-Be}^{2+}\text{-H}_2\text{edta}^{2-}$.

У сорбційних тестах у модельних розчинах потрібні комплекси $\text{PEI-Be}^{2+}\text{-H}_3\text{Ssal}$ і $\text{PEI-Hg}^{2+}\text{-H}_3\text{Ssal}$ продемонстрували найвищу ефективність: ступінь вилучення Be^{2+} досягала 97,1%, Hg^{2+} – 93,4%, для Mg^{2+} і Ba^{2+} – менше 70%. Модифікований PEI з H_3Ssal виявився найефективнішим адсорбентом серед досліджених. У промислових випробуваннях розроблені адсорбенти знизили концентрації Be^{2+} і Hg^{2+} у стічних водах до 0,004 і 0,002 мг/л, що відповідає вимогам ГДК для скидання у водойми.

Ключові слова: метал, іон, комплексоутворення, поліетиленімін, ліганд, стічні води, титрування, термодинаміка, адсорбція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337917

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗГУЩЕННЯ І ЗНЕВОДНЕННЯ АКТИВНОГО МУЛУ МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД В ОСАДЖУВАЛЬНИХ ЦЕНТРИФУГАХ (с. 47–55)

А. О. Шкоп, О. В. Шестопапов, А. С. Босюк, А. О. Абрамова, А. А. Тітов, А. В. Романчик

Об'єктом дослідження є процес згушення та зневоднення надлишкового активного мулу міських очисних споруд в осаджувальних центрифугах. Предмет дослідження – умови та фактори, що впливають на ефективність зневоднення мулу, з урахуванням екологічної безпеки, енергоефективності та можливостей повторного використання ресурсів. Дослідження спрямоване на вирішення проблеми ефективності та екологічної безпеки зневоднення надлишкового активного мулу.

Результати досліджень центрифугування зразків надлишкового та стабілізованого активного мулу у лабораторній центрифугі показали, що ефективне розділення на осад і освітлену рідину досягається при факторі розділення 200–600 із застосуванням флокулянту. У промисловій центрифугі в проточному режимі найкращі результати отримано при факторі розділення 450 та витраті 9,4 м³/год: вміст твердої фази в згущеному продукті становив 12,8 г/л, при вхідній концентрації 4,2 г/л та залишковій у освітленій рідині – 0,3 г/л.

Запропонована схема згушення та зневоднення мулів стабілізує процес і покращує якість продукту для подальшого використання або утилізації. Для ефективного зневоднення рекомендовано змішування збрижених осадів із згущеним активним мулом через необхідність мінеральної складової. Встановлено, що згушення активного мулу можливо з використанням центрифуг в слабкому відцентрованому полі ($Fr = 200\text{--}600$), із витратою катіонного флокулянту 5 кг/т. Друга стадія – зневоднення – реалізується за допомогою осаджувальних центрифуг.

Отримані результати можуть бути використані на міських очисних спорудах для оптимізації процесів згушення та зневоднення надлишкового активного мулу з урахуванням енергоефективності та екологічної безпеки. Запропоновані режими роботи центрифуг і технологічна схема забезпечують стабільність процесу, зменшення обсягів осаду та підвищення якості кінцевого продукту для подальшого використання або утилізації.

Ключові слова: активний мул, зневоднення активного мулу, центрифугальні установки, згушення надлишкового мулу, екологічна безпека, збрижений осад, стабілізований мул.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337401

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ БІОКОМПЗИТІВ ДЛЯ ТЕПЛОІЗОЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (с. 56–64)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, В. В. Ломага, П. О. Ілюченко, О. Ю. Бердник, Р. В. Ліхньовський, К. Г. Белікова, Н. О. Дюжилова

Об'єктом досліджень є процес формування вогнестійких біокомпозитів на основі деревної стружки і неорганічних та органічних в'язучих речовин. Проблема, що вирішувалась, полягає у необхідності забезпечення стійкості до дії високотемпературного полум'я. Це важливо для технологією нанесення і виробництва екологічно-чистих біокомпозитів, отриманих з природних та відновлюваних джерел для будівництва. Доведено, що під час визначення теплоізоляційних властивостей отриманих матеріалів температуропровідність біокомпозиту на неорганічній основі склала $0,22 \cdot 10^6$ м²/с, теплопровідність зразка не перевищила 0,132 Вт/(м·К). Натомість для біокомпозиту на органічній основі значення теплопровідності знижується понад в 6 разів, температуропровідність понад в 7 разів. Окрім того, теплоємність виробу на неорганічному в'язучому відповідає значенню в межах 1,6 кДж/(кг·К), а значення теплоємності для виробу з біокомпозиту на органічній основі склало 7,66 кДж/(кг·К) відповідно. При дії радіаційної панелі на зразки біокомпозитів температура газоподібних продуктів горіння підвищилась до 96°C, займання зразка не відбулося. Дослідження міцності на стиск біокомпозитів показало, що виріб, сформований на основі деревини і неорганічного в'язучого, є більш крихким, межа міцності відповідає середньому значенню 0,5 МПа. Натомість, для біокомпозиту, сформованого на основі стружки і органічного в'язучого, середня межа міцності становить 2,4 МПа, що у понад 4,7 рази більше порівняно з виробом на неорганічній основі. Практичне значення полягає у тому, що отримані результати враховано під час розроблення теплоізоляційного виробу для будівництва. Таким чином, є підстави виготовлення біокомпозитів для теплоізолювання.

Ключові слова: біокомпозити, теплоізоляційні вироби, теплофізичні властивості, вогнестійкість, шар пінококсу, спучення покриття.