

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341368

DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION AND MODELING OF THE PROPERTIES OF THE BIOPOLYMER SYSTEM FOR GEL COSMETIC PRODUCTS WITH LONG-LASTING ACTION (p. 6–13)**Bogdan Putyatin**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-7628>**Olga Bliznjuk**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2595-8421>**Volodymyr Panasenko**

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3928-9473>**Anna Belinska**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineUkrainian Research Institute of Oils and Fats of the National
academy of agrarian sciences of Ukraine, Kharkiv, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5795-2799>**Yana Svishchova**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5358-8624>**Olena Zolotukhina**Separate Structural Unit «Kharkiv Trade and Economic Professional
College of State University of Trade and Economics»,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0732-7796>**Natalia Ashtaeva**Separate Structural Unit «Kharkiv Trade and Economic Professional
College of State University of Trade and Economics»,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8381-1593>**Nataliia Masalitina**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7347-2584>**Inna Zabrodina**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-9250>**Tetiana Kovalova**Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1250-2019>

The object of the study is the properties of a biopolymer system for prolonged delivery of cosmeceutical active ingredients based on natural polysaccharides (sodium hyaluronate and chitosan).

The work solves the problem of the lack of a methodology for predicting the properties of a biopolymer system at the design stage. This methodology should link its component composition with functional and structural-mechanical characteristics. The optimization criterion should be achieving a controlled release profile of

the hydrophilic active (dexpanthenol) without an initial “explosive” effect. It was established that the optimal ratio is 2.5% sodium hyaluronate and 1.2% chitosan, which ensures the release of 30–35% of dexpanthenol in 6 hours and 60–65% – in 24 hours. Structural and mechanical analysis confirmed the formation of a stable gel with a viscosity of 9800 ± 250 mPa·s and a storage modulus of 325 Pa. This is explained by the formation of a dense polyelectrolyte network due to electrostatic interactions between the anionic groups of sodium hyaluronate.

The results of the study of the biopolymer system include the development of approximation models. These models predict the release profile of dexpanthenol based on the concentration of polymers and evaluate the structural and mechanical properties of the biopolymer system. The results obtained can be used in the cosmeceutical industry to create gel products with prolonged action. The effectiveness of the system was confirmed in vitro in phosphate buffer solution (pH 7.4; 37°C). The criterion for effectiveness was the achievement of a controlled release profile: 30–35% of the active substance in 6 hours and 60–65% in 24 hours, which provides a long-term effect without an initial “explosive” effect.

Keywords: biopolymer system, prolonged delivery, release kinetics, structural and mechanical properties, polyelectrolyte complex.

References

- Putyatin, B., Bliznjuk, O., Masalitina, N., Bezpal'ko, V., Zhukova, L., Filenko, O. et al. (2024). Identifying the influence of the concentration of surfactants on the technological indicators of aerosol emulsion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (132)), 6–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317819>
- Felix-Sagaste, K. G., Garcia-Carrasco, M., Picos-Corrales, L. A., Gonzalez-Ruelas, T., Rodriguez-Mercado, J. A. (2023). Plant-animal extracts and biocompatible polymers forming oil-in-water emulsions: Formulations for food and pharmaceutical industries. *Hybrid Advances*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100072>
- Kunitsia, E., Popov, M., Gontar, T., Stankevych, S., Zabrodina, I., Stepankova, G. et al. (2024). Determination of the influence of hemp oil-based emulsion systems composition on the oxidation products content during storage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (129)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304466>
- Varanasi, S., Henzel, L., Mendoza, L., Prathapan, R., Batchelor, W., Tabor, R., Garnier, G. (2018). Pickering Emulsions Electrostatically Stabilized by Cellulose Nanocrystals. *Frontiers in Chemistry*, 6. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00409>
- Oleksy, M., Dynarowicz, K., Aebisher, D. (2023). Advances in Biodegradable Polymers and Biomaterials for Medical Applications – A Review. *Molecules*, 28 (17), 6213. <https://doi.org/10.3390/molecules28176213>
- Bhattacharjee, A., Chakraborty, A., Mukhopadhyay, G. (2018). Double emulsions – A review with emphasis on updated stability enhancement perspective. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7 (6), 475–493.
- Tang, J., He, H., Wan, R., Yang, Q., Luo, H., Li, L., Xiong, L. (2021). Cellulose Nanocrystals for Skin Barrier Protection by Preparing a

- Versatile Foundation Liquid. *ACS Omega*, 6 (4), 2906–2915. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05257>
8. Thy, L. T. M., Duy, H. K., Dat, N. M. (2025). Applications of lecithin in emulsion stabilization and advanced delivery systems in cosmetics: A mini-review. *Results in Surfaces and Interfaces*, 19, 100543. <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2025.100543>
 9. Leonida, M. D., Kumar, I., Song, J., Ocampo, A., Philip, S., Brazuna, R. P., Belbekhouche, S. (2025). Green ethanol-free antisolvent synthesis of zein–chitosan–gum arabic nanocomposites for controlled release of lupulone in topical antioxidant applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 726, 137817. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.137817>
 10. Aydin, T., Gok, B., Budama-Kilinc, Y., Kartal, M. (2025). Obtaining carvacrol from *Origanum onites* L. essential oil and developing carvacrol-loaded nanoformulation for use in cosmetics. *Industrial Crops and Products*, 226, 120652. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120652>
 11. Millao, S., Iturra, N., Contardo, I., Morales, E., Quilaqueo, M., Rubilar, M. (2023). Structuring of oils with high PUFA content: Evaluation of the formulation conditions on the oxidative stability and structural properties of ethylcellulose oleogels. *Food Chemistry*, 405, 134772. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134772>
 12. Pawar, V. U., Dessai, A. D., & Nayak, U. Y. (2024). Oleogels: Versatile Novel Semi-Solid System for Pharmaceuticals. *AAPS PharmSciTech*, 25 (6). <https://doi.org/10.1208/s12249-024-02854-2>
 13. Liu, C., Zheng, Z., Liu, Y. (2022). Effects of natural waxes on the interfacial behavior, structural properties and foam stabilization of aerated emulsions. *Food & Function*, 13 (17), 8860–8870. <https://doi.org/10.1039/d2fo01670b>
 14. Tamarkin, D., Gazal, E., Papiashvili, I., Hazot, Y., Schuz, D., Keynan, R. (2015). Surfactant-free water-free foamable compositions, breakable foams and gels and their uses (U.S. Patent No. US10238746B2). U.S. Patent and Trademark Office.
 15. Faria-Silva, C., Scavone, D., Marto, J., Carvalheiro, M., Simões, S. (2025). Topical foams containing natural saponins: a world of opportunities in pharmaceutical and cosmetic sciences. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 109, 106988. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2025.106988>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340608

CONSTRUCTION OF A MODEL FOR MEASUREMENT CONTROL OVER LIQUEFIED PETROLEUM GAS COMPONENTS BASED ON A MULTILAYER PERCEPTRON (p. 14–22)

Bogdan Knysh

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6779-4349>

Yaroslav Kulyk

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8327-8259>

This study's object is the process of measuring control over liquefied petroleum gas components using a multilayer perceptron. The problem considered is insufficient efficiency of existing methods for measuring control over liquefied petroleum gas components. It can be partially solved by remote measurement of components of liquefied petroleum gas and processing of the received data and, accordingly, control by a neural network. However, another issue arises, associated

with the complexity of using neural networks in combination with peripheral devices, in particular, means, sensors, gauges, etc., and the need for significant computing power.

This paper reports a model for measuring control over liquefied petroleum gas components, which takes into account its physical characteristics, using a multilayer perceptron, which provides communication with gas measurement devices. The mechanism for achieving these results involves training the model based on performance indicators derived from input data, taking into account the formed features. High generalization ability and efficiency are illustrated by the coefficient of determination, which is 0,845. High accuracy is illustrated by the low overall average value of the mean absolute error, which is 1,1%. That was made possible by the distinctive features of the proposed solution, namely the optimized architecture of the model in accordance with the object of study and its input features. These features are the areas of the light streaks, their logarithmic ratios, temperature, the sum and difference of densities of the components of liquefied petroleum gas.

The results can be applied practically to problems involving liquefied gas composition analysis, especially at gas filling stations, oil and gas processing plants, gas storage facilities, and similar sites.

Keywords: liquefied petroleum gas, multilayer perceptron, mean absolute error, coefficient of determination.

References

1. Bilynskyi, Y. Y., Knysh, B. P. (2017). Termootpychnyi metod i zasib vymiriuvalnoho kontroliu komponentiv skraplenoho naftovoho hazu. Vinnitsia: VNTU, 112. Available at: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/317>
2. ASTM D1835-20 (2022). Standard Specification for Liquefied Petroleum (LP) Gases. <https://doi.org/10.1520/D1835-20>
3. Chernova, O., Kryvenko, G. (2023). Analysis of hazards during storage of liquefied hydrocarbon gases. *Ecological Sciences*, 2 (47), 112–116. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.18>
4. Zhou, M., Wang, S., Li, J., Wei, Z., Shui, L. (2025). A Wireless Sensor Network-Based Combustible Gas Detection System Using PSO-DBO-Optimized BP Neural Network. *Sensors*, 25 (10), 3151. <https://doi.org/10.3390/s25103151>
5. Zhou, K., Liu, Y. (2021). Early-Stage Gas Identification Using Convolutional Long Short-Term Neural Network with Sensor Array Time Series Data. *Sensors*, 21 (14), 4826. <https://doi.org/10.3390/s21144826>
6. Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T. et al. (2017). MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861>
7. Zhang, X., Zhou, X., Lin, M., Sun, J. (2018). ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2018.00716>
8. Jia, T., Guo, T., Wang, X., Zhao, D., Wang, C., Zhang, Z. et al. (2019). Mixed Natural Gas Online Recognition Device Based on a Neural Network Algorithm Implemented by an FPGA. *Sensors*, 19 (9), 2090. <https://doi.org/10.3390/s19092090>
9. Badreldin, O. A., El Ela, M. A., El-Banbi, A. H. (2024). Development of Artificial Neural Network Model to Predict the Performance of the Fractionation Towers in Gas Processing Plant. *Mediterranean Off-shore Conference*. <https://doi.org/10.2118/223340-ms>
10. Renuka, G., Sai Manikanta, K., Uday Karthik, S., Ayyappa Naga Sekhara Reddy, K., Varma, B. V. S. (2023). Gas detection using 3D-

CNN and autoencoder on hyperspectral images. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 14 (4), 40–50.

11. Fan, H.-H., Wang, X.-L., Feng, J., Li, W.-Y. (2025). Comprehensive Quantitative Analysis of Coal-Based Liquids by Mask R-CNN-Assisted Two-Dimensional Gas Chromatography. *Separations*, 12 (2), 22. <https://doi.org/10.3390/separations12020022>
12. Moreira de Lima, J. M., Meneghetti Ugolino de Araújo, F. (2019). Deep learning based inference system for real-time estimation of lpg contaminants' molar fraction. *Proceedings of the 25th International Congress of Mechanical Engineering*. <https://doi.org/10.26678/abcm.cobem2019.cob2019-0225>
13. Lamamra, K., Rechem, D. (2016). Artificial neural network modelling of a gas sensor for liquefied petroleum gas detection. *2016 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)*, 163–168. <https://doi.org/10.1109/icmic.2016.7804292>
14. Sadighi, S., Mohaddecy, S. R. S., Abbasi, A. (2018). Modeling and Optimizing a Vacuum Gas Oil Hydrocracking Plant using an Artificial Neural Network. *International Journal of Technology*, 9 (1), 99. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i1.44>
15. Müller, A., Ersoy, V., Menser, J., Endres, T., Schulz, C. (2025). Real-time analysis of flame chemiluminescence spectra for equivalence ratio and gas composition using neural network approaches. *Applications in Energy and Combustion Science*, 23, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.jaecs.2025.100345>
16. Sifakis, N., Sarantinoudis, N., Tsinarakis, G., Politis, C., Arampatzis, G. (2023). Soft Sensing of LPG Processes Using Deep Learning. *Sensors*, 23 (18), 7858. <https://doi.org/10.3390/s23187858>
17. Bilynsky, Y. Y., Knysh, B. P., Ratushny, P. M., Wójcik, W., Grądz, Ż. M., Bainazarov, U. et al. (2017). Thermo-optical method and a means of measuring mass fraction control of liquefied petroleum gas components. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017*, 10445, 104450Q. <https://doi.org/10.1117/12.2280973>
18. Rožanec, J. M., Trajkova, E., Lu, J., Sarantinoudis, N., Arampatzis, G., Eirinakis, P. et al. (2021). Cyber-Physical LPG Debutanizer Distillation Columns: Machine-Learning-Based Soft Sensors for Product Quality Monitoring. *Applied Sciences*, 11 (24), 11790. <https://doi.org/10.3390/app112411790>
19. Dawod, R. G., Dobre, C. (2022). ResNet interpretation methods applied to the classification of foliar diseases in sunflower. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100323. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100323>
20. Zhan, C., He, J., Pan, M., Luo, D. (2021). Component Analysis of Gas Mixture Based on One-Dimensional Convolutional Neural Network. *Sensors*, 21 (2), 347. <https://doi.org/10.3390/s21020347>
21. Wang, Z., Yan, B., Wang, H. (2024). Application of Deep Learning in Predicting Particle Concentration of Gas–Solid Two-Phase Flow. *Fluids*, 9 (3), 59. <https://doi.org/10.3390/fluids9030059>
22. Szoplik, J., Muchel, P. (2023). Using an artificial neural network model for natural gas compositions forecasting. *Energy*, 263, 126001. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126001>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.342303

IDENTIFYING THE INFLUENCE OF ADDING PLASTIC AND PAPER WASTE ON STABILIZATION OF SUBGRADE FOR TOLL ROADS (p. 23–31)

Moch. Khamim

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3624-5704>

Raden Ajeng Mariyana

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2901-709X>

Roland Gasenda Suryaningrat

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6504-8177>

Mohamad Zenurianto

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3521-9869>

Sugeng Hadi Susilo

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3077-2039>

This paper discusses soil stability with high water content and low bearing capacity, which can damage the pavement and shorten the lifespan of the toll road. The problem is that high water content and low soil carrying capacity can trigger subgrade instability and decreased pavement performance. Experimental variations using plastic waste with a percentage of 7%, 10%, and 15%, paper waste with a percentage of 4%, 8%, and 10% into the original soil. The results showed that the addition of plastic and paper waste increases soil strength and CBR values significantly compared to conventional stabilizers. Plastic increases shear resistance and decreases development potential, while paper increases cohesion. A combination of 10% plastic waste and 8% paper waste provides optimal results that meet the subgrade stabilization criteria, with a CBR value reaching 10.5% on the 11th day. Excessive use of these materials decreases soil density and CBR. This result is caused by a complementary mechanism, where plastic acts as a binder that reduces soil moisture content and plasticity, while paper fibers strengthen the soil matrix through increased cohesion. The synergy of two types of waste in the optimum proportion produces reliable, sustainable, and more economical stabilization performance than traditional alternatives such as cement or lime. Use is suitable for regions with unstable subgrade and high water content, with prerequisites for the availability of waste material, controlling proportions ($\pm 10\%$ plastic, $\pm 8\%$ paper), homogeneous mixing, and compaction according to technical specifications. This approach offers practical, cost-effective and environmentally friendly solutions to improve road infrastructure.

Keywords: plastic waste, paper waste, soil stabilization, California bearing ratio, toll roads, environmental sustainability, subgrade stabilization.

References

1. Saeed, K. A., Kassim, K. A., Nur, H., Yunus, N. Z. M. (2015). Strength of lime-cement stabilized tropical lateritic clay contaminated by heavy metals. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19 (4), 887–892. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-0086-6>
2. Vilasini, P. P., Thangasamy, L. (2025). Comparative long-term stabilization of pond ash using lime and cement: FTIR characterization, strength optimization and sustainable utilization. *Next Materials*, 8, 100908. <https://doi.org/10.1016/j.nxmte.2025.100908>
3. Barman, D., Dash, S. K. (2022). Stabilization of expansive soils using chemical additives: A review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14 (4), 1319–1342. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.02.011>
4. Hatefi, M. H., Arabani, M., Payan, M., Ranjbar, P. Z. (2025). Impact of recycled macro-synthetic fibers on kaolin soil stabilized with lime

- kiln dust and volcanic ash. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04830. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04830>
5. Suhudi, S., Frida S, K., Damayanti, F. (2024). Analysis Of The Stability Plan For Kambaniru Weir, East Sumba District. *Journal of Evrimata: Engineering and Physics*, 2 (2), 138–143. <https://doi.org/10.70822/journalofevrmata.v2i02.65>
 6. Pahlavan, F., Kaur, H., Khodadaditirkolaei, H., Kabir, S. F., Lin, J. Y., Ackerman-Biegasiewicz, L. K. G., Fini, E. H. (2025). A novel adsorbent for efficient metal recovery from aqueous solutions: Carbon-coated oil-treated plastic granules as a sustainable approach to resource conservation. *Resources, Conservation and Recycling*, 223, 108521. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108521>
 7. Ahmad, A., Sutanto, M. H., Al-Bared, M. A. M., Harahap, I. S. H., Abad, S. V. A. N. K., Khan, M. A. (2021). Physio-Chemical Properties, Consolidation, and Stabilization of Tropical Peat Soil Using Traditional Soil Additives – A State of the Art Literature Review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25 (10), 3662–3678. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-1247-7>
 8. Rangaswamy, K., Mohan, R. P. (2025). Strengthening the subgrade clay soil using nano chemical stabilisation. *Soils and Foundations*, 65 (4), 101638. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2025.101638>
 9. Shooshpasha, I., Shirvani, R. A. (2015). Effect of cement stabilization on geotechnical properties of sandy soils. *Geomechanics and Engineering*, 8 (1), 17–31. <https://doi.org/10.12989/gae.2015.8.1.017>
 10. Guo, K., Yu, B., Ma, Q., Liu, S., Tao, K., Zhou, B., Jiang, N. (2024). Calcium carbide residue-based material for the stabilization of dredged sludge and its use in road subgrade construction. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e03452. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03452>
 11. Suhudi, S., Damayanti, F. (2024). Stability Analysis of Retaining Soil Walls Protecting Banu Canal, Ngantru Village, Ngantang District, Malang-Indonesia. *Journal of Evrimata: Engineering and Physics*, 2 (1), 95–103. <https://doi.org/10.70822/journalofevrmata.vi.37>
 12. Huang, M., Liu, J., Pokharell, S. K., Dagenais, T., Chatterjee, A., Lin, C. (2025). Full-scale testing and monitoring of geosynthetics-stabilized flexible pavement in Alberta, Canada. *Geotextiles and Geomembranes*, 53 (1), 427–444. <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2024.11.003>
 13. Ren, X., Sha, A., Jiang, W., Jiao, W., Guan, Y., Cao, Y., Li, J. (2025). Evolution of rheological performance and chemical composition in crumb rubber/recycled plastic composite-modified asphalt binder during long-term aging. *Chemical Engineering Journal*, 519, 165534. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.165534>
 14. Paul, S., Tasnim, A., Majumder, J. (2025). Enhancement of micro-mechanical characteristics of expansive soil through synergistic incorporation of jute and nylon fibers with cement. *Results in Engineering*, 26, 104685. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104685>
 15. Ningrum, D., Wijaya, H. S., Van, E. (2023). Effect of Treatment Age on Mechanical Properties of Geopolymer Concrete. *Asian Journal Science and Engineering*, 1 (2), 121. <https://doi.org/10.51278/ajse.v1i2.544>
 16. Singh, K., Gupta, S. (2025). Engineered char from waste plastic: A review on the physicochemical properties, carbon dioxide uptake, and application in construction materials. *Cleaner Materials*, 17, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2025.100321>
 17. Md. Isa, M. H., Koting, S., Hashim, H., Mo, K. H., Aziz, S. A. (2024). Utilising tile waste as an additive to enhance lime-based subgrade stabilisation. *Case Studies in Construction Materials*, 20, e03342. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03342>
 18. Chah, C. N., Sekharan, S., Katiyar, V. (2025). Geotechnical characterisation and sustainability assessment of plastic waste inclusions on a cement-treated fine-grained soil for pavement applications. *Transportation Geotechnics*, 51, 101515. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2025.101515>
 19. Cui, G., Duan, M., Lian, X., Xiao, X. (2025). From solid waste to subgrade stabilizer: lithium slag-calcium carbide residue geopolymer for silty clay subgrade stabilization. *Results in Engineering*, 27, 106409. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106409>
 20. Badiger, M., Mamatha, K. H., Dinesh, S. V. (2025). Laboratory study on the performance evaluation of RCA reinforced with geosynthetics for GSB layer application in low volume roads. *Sustainable Materials and Technologies*, 44, e01393. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01393>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.342421

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY AND SELECTIVITY OF ANODIC DISSOLUTION OF A HEAT-RESISTANT RHENIUM-CONTAINING SUPERALLOY IN CHLORIDE-CONTAINING MEDIA WITH SULFURIC OR METHANESULFONIC ACIDS (p. 32–40)

Valerii KotokUkrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-7189>**Yuri Sknar**Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1188-3684>**Tatyana Butyrina**Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0619-6783>**Irina Sknar**Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8433-1285>**Irina Sukha**Ukrainian State University of Chemical Technology,
Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-2047>**Oksana Demchyshyna**Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0828-3311>

The object of this study is the electrochemical anodic dissolution of a heat-resistant nickel-based superalloy containing rhenium and other alloying elements in acidic electrolytes containing sodium chloride. The investigated alloy was obtained from scrap of high-temperature equipment. The anodic dissolution of the superalloy was studied in two acidic media: sulfuric and methanesulfonic acids. A comparative analysis of cyclic voltammetry and galvanostatic experiments was carried out. In sulfuric acid electrolyte, anodic processes proceed more vigorously, as indicated by higher current densities. However, this method records not only the dissolution currents of metals but also side processes such as anodic oxygen evolution and re-oxidation of dissolved ions. Under galvanostatic conditions, which allow direct determination of alloy mass loss, it was shown that methanesulfonic acid with sodium chloride provides

a higher dissolution rate despite the medium's lower conductivity. This effect is explained by the higher solubility and stability of the methanesulfonates of the alloying components (Cr, Al, Nb, Ta, Re), which reduce the tendency of the surface to repassivate. In the $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$ medium, dissolution proceeds more uniformly but at lower mass efficiency, attributed to the formation of poorly soluble sulfates. In the methanesulfonate electrolyte, within the current density range of $1.5\text{--}2.5\text{ A}\cdot\text{dm}^{-2}$, the ratios of Ni, Cr, Co, W, and Re were closest to those in the original alloy, while rhenium was detected in solution, unlike in the sulfuric medium. The obtained results can be applied to optimize the initial stage of superalloy recycling and to develop electrochemical technologies for the recovery of strategically important metals from industrial waste.

Keywords: superalloy recycling, anodic dissolution, rhenium recovery, nickel-based superalloy.

References

- Miracle, D. B., Senkov, O. N. (2017). A critical review of high entropy alloys and related concepts. *Acta Materialia*, 122, 448–511. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2016.08.081>
- Pollock, T. M., Tin, S. (2006). Nickel-Based Superalloys for Advanced Turbine Engines: Chemistry, Microstructure and Properties. *Journal of Propulsion and Power*, 22 (2), 361–374. <https://doi.org/10.2514/1.18239>
- Chen, J., Zhou, X., Wang, W., Liu, B., Lv, Y., Yang, W. et al. (2018). A review on fundamental of high entropy alloys with promising high-temperature properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 760, 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.05.067>
- Diwahaar, D., Manivachakan, V., Syed, R. B. (2025). An Overview of Rare Earth-Doped Ceramic Thermal Barrier Coatings for High-Temperature Performance of Nickel-Based Superalloys. *High Temperature Corrosion of Materials*, 102 (4). <https://doi.org/10.1007/s11085-025-10340-8>
- Zhou, Y., Zhao, X., Fan, Y., Yue, Q., Xia, W., Pan, Q. et al. (2025). Composition Optimization in Alloy Design for Nickel-Based Single Crystal Superalloy: A Review. *Metals*, 15 (7), 793. <https://doi.org/10.3390/met15070793>
- Darolia, R. (2018). Development of strong, oxidation and corrosion resistant nickel-based superalloys: critical review of challenges, progress and prospects. *International Materials Reviews*, 64 (6), 355–380. <https://doi.org/10.1080/09506608.2018.1516713>
- Babiy, K. V., Bubnova, O. A., Malieiev, Ye. V., Riumina, D. M., Levchenko, K. S., Ikol, O. O. (2024). Resursy stratehichnykh korysnykh kopalyn Ukrainy. Dnipro: PBP «Ekonomika», 324. Available at: https://www.researchgate.net/publication/390199010_Resursi_strategicnih_korisnih_kopalin_Ukraini
- China hits back at US tariffs with export controls on key rare earths. Available at: <https://www.reuters.com/world/china-hits-back-us-tariffs-with-rare-earth-export-controls-2025-04-04/>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). A study of the effect of tungstate ions on the electrochromic properties of $\text{Ni}(\text{OH})_2$ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (95)), 18–24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145223>
- Lv, L., Meng, J., Liu, C., Zhang, J., Wang, X., Bu, C. et al. (2026). Up-cycling valuable metals of spent LIB cathode into high-performance catalysts for $\text{CO}_2\text{-CH}_4$ dry reforming. *Fuel*, 405, 136429. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.136429>
- Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Influence of the carbonate ion on characteristics of electrochemically synthesized layered ($\alpha+\beta$) nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (97)), 40–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155738>
- Solovov, V. A., Nikolenko, N. V., Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Burkov, A. A., Kondrat'ev, D. A. et al. (2018). Synthesis of $\text{Ni}(\text{II})\text{-Ti}(\text{IV})$ layered double hydroxides using coprecipitation at high supersaturation method. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (24), 9652–9656. Available at: https://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_1218_7500.pdf
- Sihai, L., Xiangfan, N., Liucheng, Z., Xi, Y., Weifeng, H., Yinghong, L. (2017). Thermal stability of surface nanostructure produced by laser shock peening in a Ni-based superalloy. *Surface and Coatings Technology*, 311, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.01.031>
- Zhang, Y., Fan, Y., Feng, K., Lu, C., Wang, Y., Shao, T. (2024). Evolution of high-temperature hardness of multimodal γ' nickel-based superalloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 29, 3771–3781. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.02.093>
- Wolf, A. (2022). Stockpiling of Critical Metals as a Risk Management Strategy for Importing Countries. *Journal of Resilient Economies* (ISSN: 2653-1917), 2 (2). <https://doi.org/10.25120/jre.2.2.2022.3931>
- Kotok, V., Butyrina, T., Sknar, Y., Demchyshyna, O., Liashenko, A., Sukha, I. (2024). Determination of processing conditions for a heat-resistant superalloy used in turbine elements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (131)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313452>
- Strivastava, R. R., Kim, M., Lee, J., Jha, M. K., Kim, B.-S. (2014). Resource recycling of superalloys and hydrometallurgical challenges. *Journal of Materials Science*, 49 (14), 4671–4686. <https://doi.org/10.1007/s10853-014-8219-y>
- Kovalenko, V., Kotok, V. (2020). Investigation of the anodic behavior of w-based superalloy for electrochemical selective treatment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (12 (108)), 55–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218355>
- Kovalenko, V., Kotok, V. (2017). Selective anodic treatment of W(WC)-based superalloy scrap. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (85)), 53–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91205>
- Kim, M.-S., Lee, J.-C., Park, H.-S., Jun, M.-J., Kim, B.-S. (2018). A multistep leaching of nickel-based superalloy scrap for selective dissolution of its constituent metals in hydrochloric acid solutions. *Hydrometallurgy*, 176, 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.02.002>
- Mamo, S. K., Elie, M., Baron, M. G., Simons, A. M., Gonzalez-Rodriguez, J. (2019). Leaching kinetics, separation, and recovery of rhenium and component metals from CMSX-4 superalloys using hydrometallurgical processes. *Separation and Purification Technology*, 212, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.11.023>
- Ali, I., Gaydukova, A., Kon'kova, T., ALOthman, Z. A., Sillanpää, M. (2023). Kinetics and Optimization of Metal Leaching from Heat-Resistant Nickel Alloy Solid Wastes. *Molecules*, 28 (14), 5545. <https://doi.org/10.3390/molecules28145545>
- Constantin, A. D., Hall, S., Pourhossein, F., Farnaud, S. (2025). Strategies for Nickel and Cobalt Mobilisation from Ni-Based Superalloy Residue Powders Using a Sustainable and Cost-Effective Bio-leaching Method. *Processes*, 13 (7), 2157. <https://doi.org/10.3390/pr13072157>
- Wang, S., Sun, F., Liu, X., Chen, X., Li, J., He, L., Zhao, Z. (2025). A decomposition method for nickel-based superalloys by sulfurization: Recycling valuable metals. *Journal of Alloys and Compounds*, 1025, 180359. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2025.180359>

25. Tian, Q., Gan, X., Cui, F., Yu, D., Guo, X. (2021). Selective Extraction of Ni from Superalloy Scraps by Molten Mg-Zn. *Metals*, 11 (6), 993. <https://doi.org/10.3390/met11060993>
26. Wang, L., Lu, S., Fan, J., Ma, Y., Zhang, J., Wang, S. et al. (2022). Recovery of Rare Metals from Superalloy Scraps by an Ultrasonic Leaching Method with a Two-Stage Separation Process. *Separations*, 9 (7), 184. <https://doi.org/10.3390/separations9070184>
27. Ge, Y., Zhu, Z., Wang, D. (2017). Electrochemical Dissolution Behavior of the Nickel-Based Cast Superalloy K423A in NaNO₃ Solution. *Electrochimica Acta*, 253, 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.elect-acta.2017.09.046>
28. Kovalenko, V., Kotok, V., Yeroshkina, A., Zaychuk, A. (2017). Synthesis and characterisation of dye-intercalated nickel-aluminum layered double hydroxide as a cosmetic pigment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (89)), 27–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109814>
29. Kovalenko, V., Kotok, V., Kovalenko, I. (2018). Activation of the nickel foam as a current collector for application in supercapacitors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (12 (93)), 56–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133472>
30. Kotok, V. A., Kovalenko, V. L. (2019). Non-Metallic Films Electroplating on the Low-Conductivity Substrates: The Conscious Selection of Conditions Using Ni(OH)₂ Deposition as an Example. *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (10), D395–D408. <https://doi.org/10.1149/2.0561910jes>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341720

DEVELOPMENT OF GEOPOLYMER CONCRETE FORMULATIONS BASED ON ACTIVATED STONE PROCESSING SLUDGE TO REDUCE NATURAL RESOURCE CONSUMPTION (p. 41–48)

Volodymyr Shamrai

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9441-9379>

Valentyn Korobiichuk

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-4025>

Iryna Leonets

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6572-681X>

Viktoriia Melnyk-Shamrai

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3551-5085>

Yaroslav Naumov

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3777-7814>

This study investigates concrete mixtures modified by partial or complete replacement of cement and sand with granite and gabbro sludge from stone-processing plants, activated with a 12M NaOH solution to improve their mechanical properties and microstructure.

The task addressed relates to the excessive accumulation of sludge waste from the stone-processing industry, which pollutes the environment and predetermines the need to reduce the consumption of natural resources (cement and sand) in concrete production. This production is accompanied by high CO₂ emissions and significant costs. All these factors necessitate designing environmentally friendly and economically viable construction materials.

The study investigated the effect of replacing cement (0–100%) and sand (0–100%) with a mixture of granite and gabbro sludge on compressive strength and ultrasonic pulse velocity after 7, 14, and 28 days of curing. Replacing up to 30% of sand provides a compressive strength of 45–50 MPa while replacing up to 20% of cement provides 30–32 MPa on day 28, meeting structural requirements (>10 MPa). The ultrasonic velocity (4200–4300 m/s at 30% sand replacement and 3800–4000 m/s at 20% cement replacement) indicates the preservation of a dense structure.

Distinguishing features of the results are attributed to the combination of granite and gabbro sludge activated with NaOH that produces a microfiller effect and enables pozzolanic activity. This makes it possible to reduce sand consumption by 30% and cement by 20% without a significant loss of strength. Unlike conventional mixtures or solutions using only one type of sludge, strength reduction proceeds more slowly due to fewer microcracks.

The results are suitable for producing environmentally friendly concrete for road and residential construction under moderately aggressive environmental conditions. The optimal replacement (30% sand or 20% cement) is effective under both laboratory and industrial conditions, provided that the sludge has a homogeneous composition and is activated with NaOH.

Keywords: stone-processing sludge, geopolymer concrete, waste utilization, mechanical strength, ultrasonic properties, material nano activation.

References

1. Lozano-Lunar, A., Dubchenko, I., Bashynskyi, S., Rodero, A., Fernández, J. M., Jiménez, J. R. (2020). Performance of self-compacting mortars with granite sludge as aggregate. *Construction and Building Materials*, 251, 118998. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118998>
2. Medina, G., Sáez del Bosque, I. F., Frias, M., Sánchez de Rojas, M. I., Medina, C. (2018). Durability of new recycled granite quarry dust-bearing cements. *Construction and Building Materials*, 187, 414–425. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.134>
3. Chajec, A. (2023). The use of granite powder waste in cementitious composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 25, 4761–4783. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.253>
4. Medina, G., Sáez del Bosque, I. F., Frias, M., Sánchez de Rojas, M. I., Medina, C. (2020). Sulfate Resistance in Cements Bearing Ornamental Granite Industry Sludge. *Materials*, 13 (18), 4081. <https://doi.org/10.3390/ma13184081>
5. Surra, E., Sousa, J., Correia, M., Carvalheiras, J., Labrincha, J. A., Marques, J. C. et al. (2023). Technical, Environmental, and Cost Assessment of Granite Sludge Valorisation. *Applied Sciences*, 13(7), 4513. <https://doi.org/10.3390/app13074513>
6. Duan, D., Liao, H., Wang, J., Cheng, F. (2023). Hydration characteristics of tailing mud–42.5 OPC composite cementitious system and its application to dry-mixed mortar. *Journal of Building Engineering*, 70, 106294. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106294>
7. Leonets, I., Kyrylenko, N., Mykytenko, S., Syroid, Y. (2024). Impact Assessment of Natural Stone Processing Techniques on the Grain Composition of Sludge Admixtures for Press Powder. *Geoheritage*, 16 (4). <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01030-z>
8. Korobiichuk, I., Shamrai, V., Korobiichuk, V., Kryvoruchko, A., Iskov, S.; Szweczyk, R., Zieliński, C., Kaliczńska, M. (Eds.) (2021). Dose Measurement of Flocculants in Water Treatment of Stone Processing Plants. *Automation 2021: Recent Achievements in Au-*

tation, Robotics and Measurement Techniques. Cham: Springer, 387–394. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7_34

9. Shamrai, V., Leonets, I., Melnyk-Shamrai, V., Patseva, I., Naumov, Y. (2024). Reuse of stone working enterprise slurry in geopolymer and concrete products. *Mining of Mineral Deposits*, 18 (4), 10–17. <https://doi.org/10.33271/mining18.04.010>
10. Sadek, D. M., El-Attar, M. M., Ali, H. A. (2016). Reusing of marble and granite powders in self-compacting concrete for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 121, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.044>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340832

MIX DESIGN OF THE COMPOSITION OF GENERAL CONSTRUCTION CONCRETE BASED ON RECYCLED AGGREGATES (p. 49–57)

Oleksandr Kovalchuk

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6337-0488>

Viktoriia Zozulynets

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8066-2033>

Petro Popruha

Kyiv Resource PE, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8319-8099>

Valentyna Grabovchak

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6315-9639>

This study's object is the concrete for general construction purposes that includes recycled aggregates formed from the processing and classification of residues from damaged or destroyed concrete buildings and structures, including those affected by military operations. The task addressed relates to the use of recycled concrete aggregates in conventional concrete, including the partial or complete replacement of natural aggregates. This area of research is aimed at devising a framework for the application of recycled concrete aggregates as a secondary raw material for the construction industry.

This paper describes the characteristics of recycled concrete aggregates from recycled concrete structures. It was found that these aggregates have significant structural defects such as cracks and pores of various origins. They are also characterized by compositional heterogeneity and an increased content of weak grains, at around 18%. Meanwhile, the content of fine fractions is almost 34%. This naturally worsens the physical and mechanical properties of concrete made with such aggregates.

However, a rational approach to using concrete mix components makes it possible to obtain concrete with appropriate performance characteristics, corresponding to class C20/25 (29.2 MPa) with 50% recycled concrete aggregate content.

Using this type of aggregate could conserve natural minerals, tackle the issue of disposing of large-tonnage industrial waste, as well as significantly improve the potential for large-scale reconstruction in Ukraine. This may be achieved by accelerating the construction of damaged and destroyed housing stock and by obtaining a substantial

raw material resource in the form of recycled aggregate as an alternative to local materials.

Keywords: recycled aggregate, granular composition, structural defects, physical and mechanical characteristics of concrete.

References

1. Ferronato, N., Fuentes Sirpa, R. C., Guisbert Lizarazu, E. G., Conti, F., Torretta, V. (2022). Construction and demolition waste recycling in developing cities: management and cost analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (9), 24377–24397. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23502-x>
2. de Andrade Salgado, F., de Andrade Silva, F. (2022). Recycled aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, 52, 104452. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104452>
3. Bu, C., Liu, L., Lu, X., Zhu, D., Sun, Y., Yu, L. et al. (2022). The Durability of Recycled Fine Aggregate Concrete: A Review. *Materials*, 15 (3), 1110. <https://doi.org/10.3390/ma15031110>
4. Kovalchuk, O., Zozulynets, V., Tomczak, A., Warsza, R., Ruvin, O., Grabovchak, V. (2024). Mix Design of Acid Resistant Alkali Activated Materials for Reconstruction of the Building Constructions Damaged by the War. *International Journal of Conservation Science*, 15 (SI), 43–52. <https://doi.org/10.36868/ijcs.2024.si.04>
5. Grabiec, A. M., Kim, J., Ubysz, A., Bilbao, P. (2021). Some Remarks towards a Better Understanding of the Use of Concrete Recycled Aggregate: A Review. *Sustainability*, 13 (23), 13336. <https://doi.org/10.3390/su132313336>
6. Millán, E. N., Planes, M. B., Bringa, E. M., Parisi, M. G. (2024). Construction of granular aggregates with different porosity, shape, and size distributions. *Granular Matter*, 27 (1). <https://doi.org/10.1007/s10035-024-01477-5>
7. Kovalchuk, O., Zozulynets, V. (2023). Influence of hardening conditions on the kinetics of strength gain in alkali activated concrete using active aggregates. *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022*, 2928, 050020. <https://doi.org/10.1063/5.0123361>
8. Krivenko, P. V., Kovalchuk, O., Zozulynets, V. (2023). Alternative binders – high volume bauxite red mud alkali activated cements and concretes. *Recycled Concrete*, 283–308. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85210-4.00001-1>
9. Pessoa, E. G. (2025). Utilizing recycled construction and demolition waste in permeable pavements for sustainable urban infrastructure. *Brazilian Journal of Development*, 11 (4), e79277. <https://doi.org/10.34117/bjdv11n4-046>
10. Vaičiukynienė, D., Nizevičienė, D., Kantautas, A., Tamošaitis, G., Fornés, I. V., Krivenko, P., Boiko, O. (2024). Production of an eco-friendly concrete by including high-volume zeolitic supplementary cementitious materials and quicklime. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50761-6>
11. Krivenko, P., Petropavlovskyi, O., Kovalchuk, O. (2018). A comparative study on the influence of metakaolin and kaolin additives on properties and structure of the alkaliactivated slag cement and concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (91)), 33–39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.119624>
12. Mazzetto, S. (2024). Comparative Life Cycle Assessment of Traditional and Modern Materials in Heritage Building Restoration: A Case Study from Ushaiger Village. *Sustainability*, 17 (1), 25. <https://doi.org/10.3390/su17010025>

13. Skazlić, M., Mešić, H., Gabrijel, I. (2025). Experimental Analysis of Creep and Shrinkage of Self-Compacting Concrete with Recycled Concrete Aggregates. *Applied Sciences*, 15 (8), 4309. <https://doi.org/10.3390/app15084309>
14. Defalla Abdel Hafez, R., Hadzima-Nyarko, M., Ahmed, S. M., Tayeh, B. A. (2023). Recycled Chicken Feather Sand as a Partial Replacement for Natural Sand for Producing Eco-Friendly Mortar. *Buildings*, 13 (2), 421. <https://doi.org/10.3390/buildings13020421>
15. Filali, S., Nasser, A., Kerkour-El Miad, A. (2025). Diminishing Environmental Impact in the Construction Industry: The Use of Brick Coarse Aggregates Instead of Natural Coarse Aggregates. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15 (1), 19583–19588. <https://doi.org/10.48084/etasr.9354>
16. Grabiec, A. M., Głodkowska, W. (2024). Some Remarks on New Trends in Using Waste Aggregates in Civil Engineering: An Overview. *Sustainability*, 17 (1), 233. <https://doi.org/10.3390/su17010233>
17. Almeida, F., Fernández-Jiménez, A., Vieira, C. S., Cristelo, N., Moreira, A. T., de Lurdes Lopes, M. (2025). Greener Concrete Paving Blocks with Hybrid Alkaline Cements and Recycled Aggregates. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 37 (2). <https://doi.org/10.1061/jmcee7.mteng-18753>
18. Arulkumar, V., Nguyen, T., Tran, N., Black, J., Zhang, Z., Liu, X., Ngo, T. (2025). Thermo-mechanical Treatment for Enhancing the Properties of Recycled Concrete Aggregate. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 23 (3), 168–183. <https://doi.org/10.3151/jact.23.168>
19. Purohit, B. D., Samaiya, N. K., Babu, V. (2024). A pragmatic review paper on the use of recycled aggregates in concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1327 (1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1327/1/012020>
20. Luo, H., Aguiar, J., Wan, X., Wang, Y., Cunha, S., Jia, Z. (2024). Application of Aggregates from Construction and Demolition Wastes in Concrete: Review. *Sustainability*, 16 (10), 4277. <https://doi.org/10.3390/su16104277>
21. Molodid, O., Skochko, V., Bogdan, S., Pabich, M., Wyszacki, K., Borowczyk, J. (2024). Certain aspects of research work in the restoration of the Kyiv Velodrome. *International Journal of Conservation Science*, 15 (3), 1389–1406. <https://doi.org/10.36868/ijcs.2024.03.15>
22. Pushpa, K., Jayakumar, S., Pannirselvam, N. (2025). Enhancing the mechanical performance of recycled aggregate concrete: the synergistic effects of micro titanium dioxide and steel fibres. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 10 (1). <https://doi.org/10.1007/s41024-025-00588-7>
23. Rama Rasagna, A. S., Siempu, R., Murali Krishna, B. (2024). Studies on the Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concrete using Treated Recycled Coarse Aggregates. *Journal of Physics: Conference Series*, 2779 (1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2779/1/012046>

АНОТАЦІЇ
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341368**РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОПОЛІМЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГЕЛЕВИХ КОСМЕЦЕВТИЧНИХ ЗАСОБІВ З ПРОЛОНГОВАНОЮ ДІЄЮ (с. 6–13)****Б. В. Путятін, О. М. Близнюк, В. В. Панасенко, А. П. Белінська, Я. О. Свіщова, О. О. Золотухіна, Н. Л. Аштаєва, Н. Ю. Масалігіна, І. В. Забродіна, Т. В. Ковальова**

Об'єктом дослідження є властивості біополімерної системи для пролонгованої доставки космецевтичних активних інгредієнтів на основі природних полісахаридів (гіалуронату натрію та хітозану).

У роботі вирішується проблема відсутності методології для прогнозування властивостей біополімерної системи на етапі проектування. Ця методологія має зв'язувати її компонентний склад із функціональними та структурно-механічними характеристиками. Критерієм оптимізації має бути досягнення контрольованого профілю вивільнення гідрофільного активу (декспантенолу) без початкового «вибухового» ефекту. Встановлено, що оптимальним є співвідношення 2,5% гіалуронату натрію та 1,2% хітозану, що забезпечує вивільнення 30–35% декспантенолу за 6 год. та 60–65% – за 24 год. Структурно-механічний аналіз підтвердив формування стабільного гелю з в'язкістю 9800 ± 250 мПа·с і модулем зберігання 325 Па. Це пояснюється утворенням щільної поліелектролітної мережі за рахунок електростатичних взаємодій між аніонними групами гіалуронату натрію.

Результати дослідження біополімерної системи включають розробку апроксимаційних моделей. Ці моделі прогнозують профіль вивільнення декспантенолу на основі концентрації полімерів і оцінюють структурно-механічні властивості біополімерної системи. Отримані результати можуть бути використані у космецевтичній промисловості для створення гелевих засобів із пролонгованою дією. Ефективність системи підтверджена *in vitro* у фосфатному буферному розчині (pH 7,4; 37°C). Критерієм ефективності виступило досягнення контрольованого профілю вивільнення: 30–35% активної речовини за 6 годин та 60–65% за 24 години, що забезпечує тривалу дію без початкового «вибухового» ефекту.

Ключові слова: біополімерна система, пролонгована доставка, кінетика вивільнення, структурно-механічні властивості, поліелектролітний комплекс.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340608**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ КОМПОНЕНТІВ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОШАРОВОГО ПЕРЦЕПТРОНА (с. 14–22)****Б. П. Книш, Я. А. Кулик**

Об'єктом дослідження є процес вимірювального контролю компонентів скрапленого нафтового газу з використанням багатошарового перцептрона. Розглядається проблема недостатньої ефективності існуючих методів вимірювального контролю компонентів скрапленого нафтового газу. Частково її можна вирішити шляхом дистанційного вимірювання компонентів скрапленого нафтового газу та обробки отриманих даних і, відповідно, контролю нейромережею. Проте виникає інша проблема, пов'язана з складністю використання нейронних мереж у поєднанні з периферійними пристроями, зокрема засобами, сенсорами, датчиками тощо, та потребою в значних обчислювальних потужностях.

В статті представлено модель вимірювального контролю компонентів скрапленого нафтового газу, яка враховує його фізичні особливості, з використанням багатошарового перцептрона, що забезпечує зв'язок з засобами вимірювання газу. Механізмом досягнення цих результатів є навчання моделі згідно показників ефективності на основі вхідних даних відповідно до сформованих ознак. Висока узагальнююча здатність та ефективність ілюструється коефіцієнтом детермінації, який склав 0,845. Висока точність ілюструється низьким загальним середнім значенням середньої абсолютної похибки, яка склала 1,1%. Це стало можливим завдяки відмінним особливостям запропонованого рішення, а саме оптимізованій архітектурі моделі відповідно до об'єкту дослідження та її вхідним ознакам. Цими ознаками є площі світлових смужок, їх логарифмічні співвідношення, температура, сума та різниця густин компонентів скрапленого нафтового газу.

Отримані результати можуть бути використані на практиці у прикладних задачах аналізу складу скрапленого газу, зокрема на газозаправних станціях, нафто- та газопереробних заводах, у газових сховищах тощо.

Ключові слова: скраплений нафтовий газ, багатошаровий перцептрон, середня абсолютна похибка, коефіцієнт детермінації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.342303**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАННЯ ПЛАСТИКОВИХ ТА ПАПЕРОВИХ ВІДХОДІВ НА СТАБІЛІЗАЦІЮ ОСНОВНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ПЛАТНИХ ДОРОГ (с. 23–31)****Moch. Khamim, Raden Ajeng Mariyana, Roland Gasenda Suryaningrat, Mohamad Zenurianto, Sugeng hadi Susilo**

У цій статті розглядається стабільність ґрунту з високим вмістом води та низькою несучою здатністю, що може пошкодити дорожнє покриття та скоротити термін служби платної дороги. Проблема полягає в тому, що високий вміст води та низька несуча здатність ґрунту можуть спричинити нестабільність земляного полотна та зниження експлуатаційних характеристик дорожнього покриття. Експериментальні варіації з використанням пластикових відходів з відсотком 7%, 10% та 15%, паперових відходів з відсотком 4%, 8% та 10% у початковий ґрунт. Результати показали, що додавання пластикових та паперових відходів значно підвищує міцність ґрунту

та значення каліфорнійського коефіцієнта несучості (ККН) порівняно зі звичайними стабілізаторами. Пластик підвищує опір зсуву та зменшує потенціал розвитку, тоді як папір підвищує когезію. Поеднання 10% пластикових відходів та 8% паперових відходів забезпечує оптимальні результати, які відповідають критеріям стабілізації земляного полотна, при цьому значення ККН досягає 10,5% на 11-й день. Надмірне використання цих матеріалів зменшує щільність ґрунту та ККН. Цей результат зумовлений додатковим механізмом, де пластик діє як сполучна речовина, що зменшує вміст вологи та пластичність ґрунту, тоді як паперові волокна зміцнюють ґрунтову матрицю завдяки підвищенню когезії. Синергія двох типів відходів в оптимальній пропорції забезпечує надійну, стійку та економічнішу стабілізацію, ніж традиційні альтернативи, такі як цемент або вапно. Використання підходить для регіонів з нестабільним ґрунтовим покриттям та високим вмістом води, з передумовами наявності відходів, контролю пропорцій ($\pm 10\%$ пластику, $\pm 8\%$ паперу), однорідного змішування та ущільнення відповідно до технічних вимог. Такий підхід пропонує практичні, економічно ефективні та екологічно чисті рішення для покращення дорожньої інфраструктури.

Ключові слова: пластикові відходи, паперові відходи, стабілізація ґрунту, каліфорнійський коефіцієнт несучості, платні дороги, екологічна стійкість, стабілізація ґрунтового покриття.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.342421

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СЕЛЕКТИВНОСТІ АНОДНОГО РОЗЧИНЕННЯ ЖАРОМІЦНОГО СУПЕРСПЛАВУ З РЕНІЄМ У СЕРЕДОВИЩАХ З ХЛОРИД-ІОНОМ ТА СУЛЬФАТНОЮ АБО МЕТАНСУЛЬФОНОВОЮ КИСЛОТАМИ (с. 32–40)

В. А. Коток, Ю. Є. Скар, Т. Є. Бутіріна, І. В. Скар, І. В. Суха, О. В. Демчишина

Об'єктом дослідження є електрохімічне анодне розчинення жаростійкого нікелевого суперсплаву, що містить реній та інші легуючі елементи, у кислотних електролітах із додаванням хлориду натрію. Досліджуваний сплав отримано з лому високотемпературного обладнання. У роботі досліджено анодне розчинення цього суперсплаву у двох кислотних середовищах – на основі сірчаної та метансульфонової кислот. Виконано порівняльний аналіз результатів циклічної вольтамперометрії та гальваностатичних експериментів. Встановлено, що в електроліті на основі сірчаної кислоти анодні процеси перебігають інтенсивніше, про що свідчать більші густини струму. Проте такий метод фіксує не лише струми розчинення металів, а й побічні процеси – анодне виділення кисню та доокиснення розчинених іонів. У гальваностатичних умовах, що дозволяють безпосередньо визначати масові втрати сплаву, показано, що метансульфонова кислота з хлоридом натрію забезпечує більшу швидкість розчинення, навіть попри нижчу електропровідність середовища. Це пояснюється вищою розчинністю та стабільністю метансульфонатів легуючих компонентів (Cr, Al, Nb, Ta, Re), що зменшує схильність поверхні до пасивації. У середовищі $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$ розчинення відбувається більш рівномірно, хоча з меншою масовою ефективністю, що зумовлено утворенням малорозчинних сульфатів. У метансульфонатному електроліті в інтервалі $j = 1.5\text{--}2.5 \text{ А/дм}^2$ співвідношення Ni, Cr, Co, W та Re найбільш близьке до складу вихідного сплаву, при цьому у розчин переходить і реній, відсутній у сірчано-кислотному середовищі. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації першої стадії переробки жароміцних сплавів та розробки електрохімічних технологій вилучення стратегічно важливих металів з промислових відходів.

Ключові слова: переробка суперсплавів, анодне розчинення, вилучення ренію, нікелеві суперсплави.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341720

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУР ГЕОБЕТОНІВ НА ОСНОВІ АКТИВОВАНОГО ШЛАМУ КАМЕНЕОБРОБКИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ (с. 41–48)

В. І. Шамрай, В. В. Коробійчук, І. В. Леоніць, В. В. Мельник-Шамрай, Я. О. Наумов

Об'єкт дослідження є бетонні суміші, модифіковані шляхом часткової або повної заміни цементу та піску гранітним і габровим шламом каменеобробних підприємств, з активацією 12М розчином NaOH для покращення їхніх механічних властивостей і мікроструктури.

Проблема, яка вирішувалась, полягає в тому, що надмірне накопичення шламових відходів каменеобробної промисловості забруднює довкілля, що викликає потребу в зниженні споживання природних ресурсів (цементу, піску) у виробництві бетону. Це виробництво супроводжується високими викидами CO_2 і значними витратами. Усе це вимагає розробки екологічно чистих та економічно вигідних будівельних матеріалів.

Досліджено вплив заміни цементу (0–100%) та піску (0–100%) сумішшю гранітного та габрового шламу на міцність на стиск і швидкість поширення ультразвуку після 7, 14 і 28 діб тверднення. Заміна піску до 30% забезпечує міцність 45–50 МПа, а цементу до 20% – 30–32 МПа на 28-му добу, що відповідає конструкційним вимогам ($>10 \text{ МПа}$). Швидкість ультразвуку (4200–4300 м/с при 30% заміни піску та 3800–4000 м/с при 20% заміни цементу) вказує на збереження щільної структури.

Особливості та відмінності результатів полягають в тому, що використання комбінації гранітного та габрового шламу з активацією NaOH забезпечує мікрофілерний ефект і пуцоланову активність. Це дозволяє зменшити споживання піску на 30% і цементу на 20% без значної втрати міцності. На відміну від традиційних сумішей чи рішень з одним типом шламу, міцність падає швидше через утворення мікротріщин.

Результати придатні для виробництва екологічно чистих бетонів для будівництва доріг і житлових споруд за умов помірно агресивних середовищ. Оптимальна заміна (30% піску або 20% цементу) ефективна в лабораторних і промислових умовах, якщо шлам має однорідний склад і активується NaOH.

Ключові слова: шлам каменеобробної промисловості, геополімерний бетон, утилізація відходів, механічна міцність, ультразвукові властивості, наноактивація матеріалу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340832**ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДУ БЕТОНІВ ЗАГАЛЬНОБУДІВЕЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ РЕЦИРКУЛЬОВАНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ (с. 49–57)****О. Ю. Ковальчук, В. В. Зозулинець, П. В. Попруга, В. В. Грабовчак**

Об'єктом дослідження є бетони загальнобудівельного призначення з використанням рециклінгових заповнювачів, що утворились внаслідок процесу переробки та класифікації залишків бетонних будівель і споруд, що зазнали руйнувань та пошкоджень, в тому числі внаслідок ведення бойових дій. Проблема, яка вирішувалася в ході досліджень, зосереджена на особливостях використання заповнювачів з рециркульованого бетону в традиційних бетонах, в тому числі частковій та повній заміні природних заповнювачів. Даний напрям досліджень спрямований на розробку засад для використання заповнювачів з рециркульованого бетону, у якості вторинної сировини для галузі будівництва.

Вказано характеристику заповнювачів з рециркульованого бетону на основі перероблених бетонних конструкцій. Встановлено, що такий заповнювач має значні дефекти структури представлені тріщинами та порами різного походження, а також характеризується неоднорідністю складу та підвищеним вмістом зерен слабких порід, що складає близько 18%. При цьому вміст тонких фракцій складає майже 34%. Звісно, це погіршує фізико-механічні характеристики бетону на основі такого заповнювача. Однак раціональний підхід до витрати компонентів бетонної суміші дозволяє отримати бетон з відповідними експлуатаційними характеристиками, що відповідають класу C20/25 (29,2 МПа) при 50%-му вмісті заповнювачів з рециркульованого бетону.

Використання такого типу заповнювача дозволить зекономити природні корисні копалини, вирішити питання утилізації великотонажних промислових відходів і значно розширити можливості щодо широкомасштабної відбудови України. Це можливо за рахунок нарощення темпу будівництва пошкодженого та зруйнованого житлового фонду за рахунок отримання великого сировинного ресурсу у вигляді вторинного рециркульованого заповнювача як місцевої сировини.

Ключові слова: рециркульований заповнювач, зерновий склад, дефекти структури, фізико-механічні характеристики бетону.