

Запобігання професійних ризиків та зменшення шкідливого впливу на професійне здоров'я працівників компонентів металургійних відходів

Prevention of occupational risks and reduction of harmful effects on the occupational health of workers of metallurgical waste components

Богдан Цимбал * A

* **Corresponding author:** к.тех.н., доцент, доцент кафедри, e-mail: tsembalbogdan@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2317-3428

Артем Петрищев B

к.тех.н., доцент, доцент кафедри, e-mail: kafedrales@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2631-1723

Олександр Малько A

к.тех.н., доцент, доцент кафедри, e-mail: malko_ad@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4868-7887

Bohdan Tsybal * A

* **Corresponding author:** Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Associated Professor of Department, e-mail: tsembalbogdan@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2317-3428

Artem Petryshchev B

Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Associated Professor of Department, e-mail: kafedrales@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2631-1723

Alexandr Malko A

Candidate of Military Sciences, Associated Professor, Associated Professor of Department, e-mail: malko_ad@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4868-7887

^A Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

^B Національний університет "Запорізька політехніка", м. Запоріжжя, Україна

^A National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkov, Ukraine

^B National University "Zaporizhzhya Polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine

Received: April 2, 2023 | **Revised:** April 14, 2023 | **Accepted:** April 30, 2023

DOI: 10.33445/sds.2023.13.2.11

Мета роботи: виявлення та аналіз ризиків від шкідливих чинників, пов'язаних із утворенням та зберіганням техногенних відходів, а також шляхів їх усунення.

Метод дослідження: ризик орієнтований підхід.

Результати дослідження: виявлено та проаналізовано ризики для працівників металургійних підприємств та мешканців прилеглих територій від шкідливих чинників, пов'язаних із утворенням та зберіганням техногенних відходів металургійного виробництва. Визначено, яким чином можливо уникнути шкідливих чинників або знизити їх дію.

Практична цінність дослідження: запропоновано заходи по зберіганню та переробці техногенних металургійних відходів, спрямовані на мінімізацію ризику їх шкідливого впливу.

Цінність дослідження: побудовано комплексну графічну схему причинно-наслідкового зв'язку між способами поводження із техногенними металургійними відходами різних видів та ризиками впливу шкідливих чинників із зазначенням найбільш раціональних шляхів поводження.

Майбутні дослідження: розвиток майбутніх досліджень можливий в напрямку розширення використовуваних методів оцінки ризику.

Тип статті: описовий та аналітичний.

Ключові слова: металургійні відходи, ризик, безпека праці.

Purpose: is identification and analysis of risks from harmful factors associated with the generation and storage of man-made waste, as well as ways to eliminate them.

Method: the main research approach.

Findings: identified and analyzed risks for employees of metallurgical enterprises and residents of nearby territories from harmful factors associated with the generation and storage of man-made waste from metallurgical production. It is determined how it is possible to avoid harmful factors or reduce their effect.

Practical implications: measures for the storage and processing of man-made metallurgical waste aimed at minimizing the risk of their harmful effects are proposed.

Value: a complex graphic diagram of the cause-and-effect relationship between the methods of handling man-made metallurgical waste of various types and the risks of exposure to harmful factors was built, with the indication of the most rational ways of handling.

Future research: the development of future research is possible in the direction of expanding the used risk assessment methods.

Paper type descriptive and analytical.

Key words: metallurgical waste, risk, occupational safety.

1. Вступ

Великі обсяги промислових відходів, легованих тугоплавкими елементами, на практиці не знаходять досить ефективного застосування. Відходи легованих жароміцних, жаростійких та корозійностійких марок сталей та сплавів містять високовартісні елементи, такі як нікель та хром. Суттєву частку складають оксидні та дрібнодисперсні відходи – шліфувальні пил та

стружка, окалина тощо. Ефективна переробка таких відходів ускладнена. Це викликає проблеми у забезпеченні технологічності виробництва і прийнятної собівартості продукції. При цьому зберігання оксидних та дрібнодисперсних техногенних відходів супроводжується небезпекою потрапляння важких металів у ґрунти, водойми та атмосферу. Це негативно впливає на екологічний стан навколишнього середовища, а також на безпеку та гігієну праці в промислових зонах. Тобто, актуальною є проблема розвитку ресурсозбереження при переробці легованих металургійних відходів із підвищенням рівня безпеки та гігієни праці в промислових зонах.

2. Теоретичні основи дослідження

Раціональне поводження з відходами практика є здебільшого непопулярною в багатьох країнах. Як правило, відходи не переробляються і потрапляють у навколишнє середовище, забруднюючи його. Сучасний стан металургійного виробництва характеризується утворенням значної кількості відходів, які накопичуються у відвалах, займаючи площі можливих оброблювальних земель та забруднюючи прилеглі території [1]. За даними роботи [2], з окалиною при виробництві дрібносортних товарних заготовок високолегованих сталей, в кращому випадку, втрачається 12 % від обсягів виробленої продукції. Труднощі полягають в тому, що для підвищення ступеня засвоєння легуючих елементів розплавом сталі потрібна попередня обробка окалини та інших дрібнодисперсних відходів. При цьому існують додаткові труднощі переробки забрудненої окалини [3]. Тобто перед добавкою в шихту потрібно очищення від шкідливих домішок. За даними роботи [2], при введенні в рідку ванну дрібнодисперсних відходів високолегованих сталей без попередньої підготовки вигар тугоплавких елементів досягає 40 %. Особливо небезпечним для навколишнього середовища є присутність у металургійних відходах важких металів, до яких належать Cr та Ni, що забруднюють ґрунти [4] та підземні води [5].

Важкі метали в природі зустрічаються в земній корі. Завдяки вражаючому зростанню використання важких металів, це призвело до неминучого сплеску металевих речовин в наземному та водному середовищах. Забруднення важкими металами з'являється внаслідок антропогенної діяльності. Головна причина забруднення полягає, насамперед, через видобуток металів, виплавку, ливарні та інші галузі промисловості, що базуються на металі, вилугування металів з різних джерел, таких як звалища відходів [6].

З екологічної точки зору, важкі метали, що викликають найбільше занепокоєння, є найбільш небезпечними для живих організмів і навколишнього середовища. Деякі метали впливають на біологічні функції та ріст, тоді як інші метали накопичуються в одному або кількох різних органах, що викликають багато серйозних захворювань, таких як рак. Важкі метали, впливаючи на людей і навколишнє середовище створюють низку екологічних проблем, що призводить до серйозних ризиків для здоров'я та навколишнього середовища [7].

Зростаюче забруднення наземного та водного середовища стійкими важкими металами є однією з найсерйозніших проблем останніх десятиліть, що виникає через їх високу токсичність, швидке накопичення, здатність до біологічного розкладання та стійкість. Шкідливі для здоров'я іони важких металів, таких як хром ($Cr^{3+/6+}$), нікель (Ni^{2+}) можуть реагувати з біочастинками в організмі людини та інших формах життя, що може викликати численні захворювання та розлади навіть при низьких рівнях концентрації [8]. Шестивалентний Cr може викликати токсичний ефект і є небезпечним для людей і тварин. Він набагато розчинніший і рухливіший, ніж Cr тривалентний [9].

Також слід відзначити схильність важких металів до накопичення в навколишньому середовищі, але не розкладання на відміну від багатьох інших забруднювачів. Багато сполук важких металів не розкладаються мікроорганізмами та хімікатами. Тому їх загальна концентрація в середовищі залишається стабільним протягом тривалого часу. Загальний вміст

важких металів у навколишньому середовищі не повною мірою відображають його небезпеку. Більш важливі доступні (мобільні) складники, тобто частина загальної кількості важких металів, які можуть мігрувати в середовища або поглинатися живими організмами [10].

Із вище зазначеного витікає, що доцільним є дослідження щодо виявлення та комплексного аналізу шкідливих чинників, пов'язаних із утворенням та зберіганням оксидних дрібнодисперсних металургійних відходів, що необхідно для розробки можливих шляхів їх усунення.

3. Постановка проблеми

Ситуація, що склалася свідчить про існування певних складнощів раціонального поведіння із дрібнодисперсними оксидними техногенними металургійними відходами. Проблеми шкідливої дії при контактні з відходами працівників та мешканців промислових регіонів посилюються при вмісті в них Ni та Cr, які належать до важких металів та можуть спричинити токсичний і канцерогенний вплив. Це свідчить про необхідність виявлення та проведення комплексного аналізу шкідливих чинників, пов'язаних із утворенням та зберіганням техногенних відходів, а також шляхів їх усунення, для підвищення рівня безпеки та гігієни праці при раціоналізації поведіння з такого роду відходами.

4. Методологія дослідження

В дослідженні використовували ризик орієнтований підхід, при якому прийняття конкретного рішення базувалося на оцінці ризику. Для того щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнювали ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який очікується в результаті їх запровадження. Основними складовими ризико-орієнтованого підходу є процедури оцінки ризику та управління ризиком. Під час оцінки ризику здійснювали аналіз виникнення та масштабів ризику в конкретній ситуації, а під час управління ризиком – аналіз ризикованої ситуації та розробку заходів, спрямованих на мінімізацію ризику.

5. Результати

На рис. 1 представлено комплексну графічну схему причинно-наслідкового зв'язку між способами поведіння із техногенними металургійними відходами різних видів та ризиками впливу шкідливих чинників із зазначенням найбільш раціональних шляхів поведіння. Під час технологічних операцій металургійного виробництва утворюється значна кількість дрібнодисперсних легованих тугоплавкими елементами (хром, нікель та інші) оксидних відходів. До їх числа належать окалина, стружка силового шліфування, шліфувальний пил тощо, що представлено на рис. 1. Повернення у виробництво такого роду відходів без попередньої обробки, наприклад, у вигляді добавки у шихту, супроводжується вкрай високими втратами цільових елементів в результаті вигару. Перебуваючи у вигляді дрібних часток оксидних з'єднань елементи в значній кількості переходять у шлак та безповоротньо втрачаються із газовою фазою [11]. Тобто раціональні шляхи повернення у виробництво пов'язані із необхідністю переробки оксидних техногенних відходів. Разом з цим в багатьох випадках додатково відбувається забруднення таких відходів різноманітними речовинами із шкідливими домішками, що використовуються в технологічному процесі та контактують із оброблюваними матеріалами (олії, емульсії тощо). Відповідний поділ техногенних відходів представлено на рис. 1. Присутність в техногенній сировині шкідливих домішок, таких як сірка та фосфор, ускладнює процес переробки та потребує рафінування.

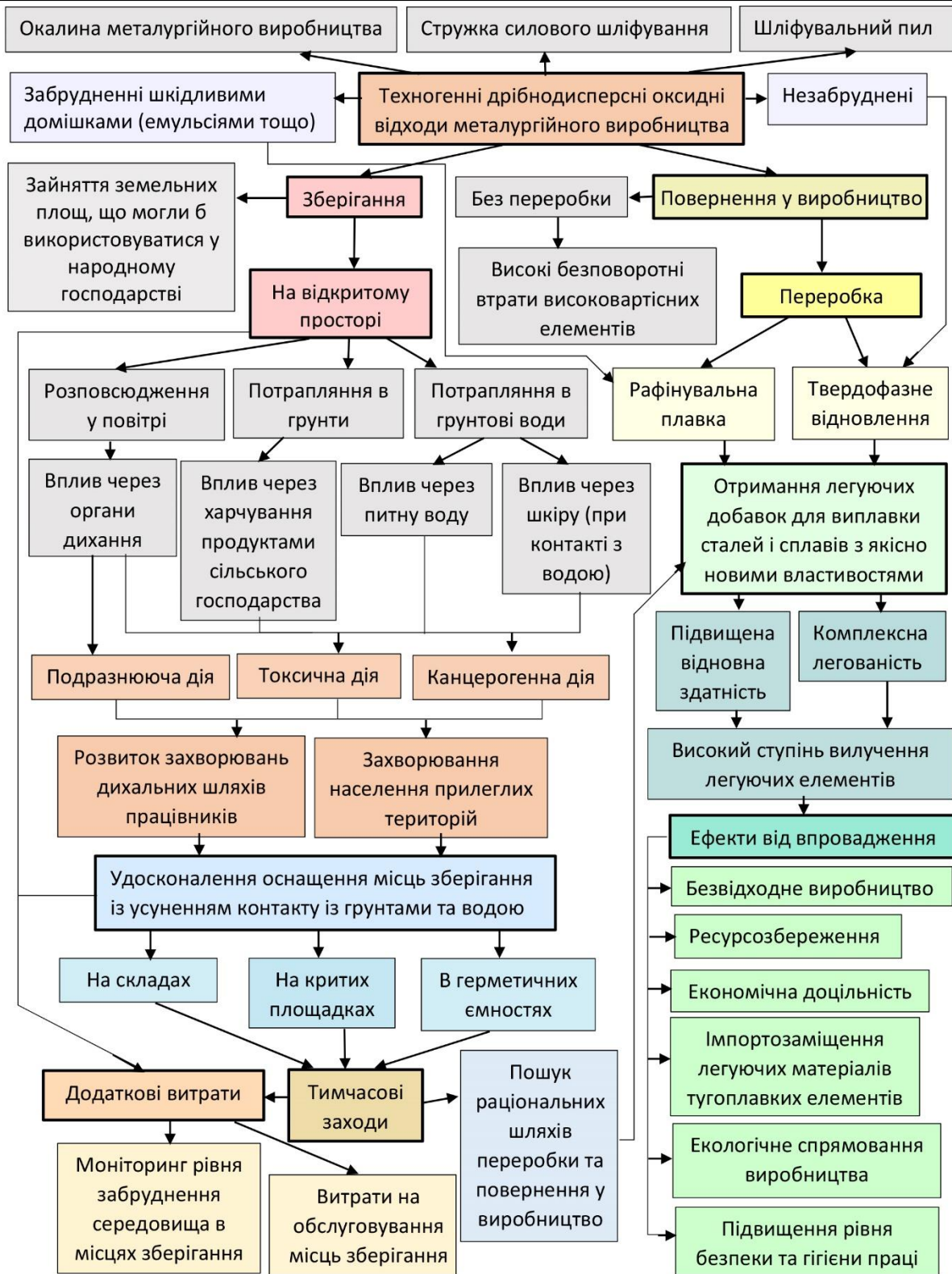


Рисунок – Схема виявлення та аналізу ризиків від шкідливих чинників, пов’язаних із утворенням та зберіганням техногенних відходів, а також шляхів їх усунення

Пошук доцільних шляхів переробки створює необхідність зберігання техногенних відходів (рис. 1). Невід’ємним негативним фактором в даному випадку є зайняття земельних площ, що могли б використовуватися у народному господарстві. Технологічно найбільш простий спосіб зберігання дрібнодисперсних техногенних відходів – на відкритому просторі. Такий спосіб вимагає мінімум конструктивних пристосувань. Але при цьому зберігання

оксидних дрібнодисперсних відходів виробництва супроводжується низкою небезпек як для працівників металургійних підприємств, так і для мешканців прилеглих територій. При зберіганні на відкритому повітрі у звалищах дрібнодисперсна природа утворених відходів сприяє розповсюдженню вітром. При цьому можливе потрапляння піднятих вітром мікрочасток в органи дихання та на інші слизові оболонки працівників, що схематично зазначено на рис. 1. Це може спричинити погіршення стану здоров'я з розвитком захворювань дихальних шляхів. Такі елементи, як нікель та хром, разом з цим мають канцерогенну дію на організм людини. Тому, окрім подразнювальної дії слизових оболонок частками пилу, можлива і токсична дія присутніми в складі елементами.

Окрім цього зберігання утворених відходів може супроводжуватися забрудненням прилеглих ґрунтів та ґрунтових вод важкими металами (рис. 1). Вживання продуктів харчування сільського господарства, що вирощені на забруднених ґрунтах, несуть небезпеку отруєння для населення. Разом із ґрунтовими водами шкідливі токсичні та канцерогенні елементи з відходів можуть потрапити у джерела питної води, що може спричинити захворювання у населення прилеглих територій. Використання води в цілях гігієни також несе небезпеку негативного впливу потрапляння шкідливих речовин через шкіру.

Аналіз шляхів зниження шкідливої дії від утворених оксидних відходів виразився на побудованій схемі (рис. 1) реалізацією удосконалення оснащення місць зберігання із усуненням контакту із ґрунтами та водою. Для цього можуть бути використані складські приміщення або криті площадки. Мінімізація контакту із навколишнім середовищем може бути досягнута поміщенням техногенних відходів у герметичні діжки або інші ємності. Але очевидно, що зазначені вище заходи є тимчасовими і додатково потребують витрат на обслуговування місць зберігання, а також постійний моніторинг дотримання допустимого рівня забруднення середовища навколо перебування оксидних техногенних відходів. Такі обставини створюють практичну необхідність пошуку та впровадження раціональних шляхів переробки та повернення у виробництво такого роду техногенної сировини (рис. 1).

Проведені дослідження вказують на суттєві переваги отримання та використання комплексних легуючих добавок для виплавки сталей і сплавів з якісно новими властивостями [12], що характеризуються підвищеною відносною здатністю та, відповідно, високим ступенем вилучення легуючих елементів. При цьому використання рафінувальної плавки відкриває можливості переробки оксидних техногенних відходів забруднених шкідливими домішками [13]. Тому отримання легуючого сплаву на основі техногенних відходів має комплексний ефект від впровадження, що має відповідне відображення на представленій схемі (рис. 1), який обумовлений економічно вигідним підґрунтям з наближенням до безвідходного виробництва та розвитком ресурсозбереження [14]. При цьому забезпечується імпортозаміщення легуючих матеріалів тугоплавких елементів. Також реалізується екологічне спрямування виробництва із підвищенням рівня безпеки та гігієни праці разом із покращенням безпекової ситуації мешканців прилеглих територій. В цьому ключі переробка утворених оксидних відходів у власному виробництві є принципово якісним рішенням існуючої проблеми.

6. Висновки

Побудовано комплексну графічну схему причинно-наслідкового зв'язку між способами поводження із техногенними металургійними відходами різних видів та ризиками впливу шкідливих чинників із зазначенням найбільш раціональних шляхів поводження. Встановлено, що зберігання оксидних дрібнодисперсних відходів виробництва супроводжується ризиком шкідливого впливу як для працівників металургійних підприємств, так і для мешканців прилеглих територій. Може статися потрапляння дрібнодисперсних часток відходів у повітря, що викликає шкідливу подразнюючу дію на дихальні шляхи та слизові оболонки працівників.

Разом з цим можливі токсичний та канцерогенний вплив. Можливе також забруднення прилеглих ґрунтів та ґрунтових вод важкими металами. Одним із варіантів зниження шкідливої дії утворених оксидних відходів є удосконалення оснащення місць зберігання. Для цього можуть бути використані складські приміщення, криті площадки, герметичні ємності. Виготовлення та використання нового ресурсозберігаючого легуючого сплаву виключає необхідність зберігання дрібнодисперсних оксидних металургійних відходів на території підприємств. При цьому реалізується підвищення рівня безпеки та гігієни праці працівників разом із покращенням безпекової ситуації мешканців прилеглих територій.

7. Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

8. Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Puchol, R. Q., Sosa, E. R., González, L. O., Castañeda, Y. P., Sierra, L. Y. (2016). New conception of the reutilization of solid waste from Cuban nickeliferous hydrometallurgical industry. *Centro Azúcar Journal*, 43, 4, 1–15.
2. Grigor'ev, S. M., Petrishchev, A. S. (2012). Assessing the phase and structural features of the scale on p6m5φ3 and p12m3k5φ2 steel. *Steel in Translation*, 42, 3, 272–275. <https://doi.org/10.3103/S0967091212030059>
3. Poliakov, A., Dzyuba, A., Volokh, V., Petryshchev, A., Tsybal, B., Yamshinskij, M., Lukianenko, I., Andreev, A., Bilko, T., Rebenko, V. (2021). Identification of patterns in the structural and phase composition of the doping alloy derived from metallurgical waste processing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (110), 2, 38–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.230078>
4. Pincovschi, I., Neacsu, N., Modrojan, C. (2017). The adsorption of lead, copper, chrome and nickel ions from waste waters in agricultural argillaceous soils. *Revista de Chimie*, 68, 4, 635–638. <https://doi.org/10.37358/RC.17.4.5520>

References

1. Puchol, R. Q., Sosa, E. R., González, L. O., Castañeda, Y. P., Sierra, L. Y. (2016). New conception of the reutilization of solid waste from Cuban nickeliferous hydrometallurgical industry. *Centro Azúcar Journal*, 43, 4, 1–15.
2. Grigor'ev, S. M., Petrishchev, A. S. (2012). Assessing the phase and structural features of the scale on p6m5φ3 and p12m3k5φ2 steel. *Steel in Translation*, 42, 3, 272–275. <https://doi.org/10.3103/S0967091212030059>
3. Poliakov, A., Dzyuba, A., Volokh, V., Petryshchev, A., Tsybal, B., Yamshinskij, M., Lukianenko, I., Andreev, A., Bilko, T., Rebenko, V. (2021). Identification of patterns in the structural and phase composition of the doping alloy derived from metallurgical waste processing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (110), 2, 38–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.230078>
4. Pincovschi, I., Neacsu, N., Modrojan, C. (2017). The adsorption of lead, copper, chrome and nickel ions from waste waters in agricultural argillaceous soils. *Revista de Chimie*, 68, 4, 635–638. <https://doi.org/10.37358/RC.17.4.5520>

5. Madebwe, V., Madebwe, C., Munodawafa, A., Mugabe, F. (2017). Analysis of the spatial and temporal variability of toxic heavy metal concentrations in ground water resources in upper sanyati catchment, Midlands Province, Zimbabwe. *IARD International Journal of Geography and Environmental Management*, 3, 1, 23–37.
 6. Briffa, J., Sinagra, E., Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6, 9. Available from: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2820%2931534-6>
 7. Tsymbal, B., Petryshchev, A., Andrieieva, L., Sharovatova, O. (2022). Improving occupational safety and health in the processing of metallurgical waste and features of their microstructure transformation. *Key Engineering Materials*, 925, 187–196. <https://doi.org/10.4028/p-f9x0w1>
 8. Schlögl, S., Diendorfer, P., Baldermann, A., Vollprecht, D. (2023). Use of industrial residues for heavy metals immobilization in contaminated site remediation: a brief review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 2313–2326. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04184-x>
 9. Yu, J., Jiang, Ch., Guan, Q., Ning, P., Gu, J., Chen, Q., Zhang, J., Miao, R. (2023). Enhanced removal of Cr(VI) from aqueous solution by supported ZnO nanoparticles on biochar derived from waste water hyacinth. *Chemosphere*, 195, 632–640. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.128>
 10. Ishchenko, V. Environment contamination with heavy metals contained in waste. (2018). *Environmental Problems*, 3, 1, 21–24.
 11. Hryhoriev, S., Petryshchev, A., Sinyaeva, N., Yurchenko, A., Sklyar, O., Kvitka, S., Borysov, V., Vlasiuk, V., Tsymbal, B., Borysova, S. (2018). Studying the
5. Madebwe, V., Madebwe, C., Munodawafa, A., Mugabe, F. (2017). Analysis of the spatial and temporal variability of toxic heavy metal concentrations in ground water resources in upper sanyati catchment, Midlands Province, Zimbabwe. *IARD International Journal of Geography and Environmental Management*, 3, 1, 23–37.
 6. Briffa, J., Sinagra, E., Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6, 9. Available from: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2820%2931534-6>
 7. Tsymbal, B., Petryshchev, A., Andrieieva, L., Sharovatova, O. (2022). Improving occupational safety and health in the processing of metallurgical waste and features of their microstructure transformation. *Key Engineering Materials*, 925, 187–196. <https://doi.org/10.4028/p-f9x0w1>
 8. Schlögl, S., Diendorfer, P., Baldermann, A., Vollprecht, D. (2023). Use of industrial residues for heavy metals immobilization in contaminated site remediation: a brief review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 2313–2326. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04184-x>
 9. Yu, J., Jiang, Ch., Guan, Q., Ning, P., Gu, J., Chen, Q., Zhang, J., Miao, R. (2023). Enhanced removal of Cr(VI) from aqueous solution by supported ZnO nanoparticles on biochar derived from waste water hyacinth. *Chemosphere*, 195, 632–640. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.128>
 10. Ishchenko, V. Environment contamination with heavy metals contained in waste. (2018). *Environmental Problems*, 3, 1, 21–24.
 11. Hryhoriev, S., Petryshchev, A., Sinyaeva, N., Yurchenko, A., Sklyar, O., Kvitka, S., Borysov, V., Vlasiuk, V., Tsymbal, B., Borysova, S. (2018). Studying the

- physicalchemical properties of alloyed metallurgical waste as secondary resourcesaving raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (94), 4, 43–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140924>
12. Hryhoriev, S., Petryshchev, A., Belokon', K., Krupey, K., Yamshinskij, M., Fedorov, G., Stepanov, D., Semenchuk, A., Matukhno, E., Savvin, A. (2018). Determining the physical-chemical characteristics of the carbon-thermal reduction of scale of tungsten high-speed steels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (92), 2, 10–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125988>
13. Petryshchev, A., Braginec, N., Borysov, V., Bratishko, V., Torubara, O., Tsymbal, B., Borysova, S., Lupinovich, S., Poliakov, A., Kuzmenko, V. (2019). Study into the structural-phase transformations accompanying the resource-saving technology of metallurgical waste processing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (100), 4, 37–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175914>
14. Petryshchev, A., Milko, D., Borysov, V., Tsymbal, B., Hevko, I., Borysova, S., Semenchuk, A. (2019). Studying the physical-chemical transformations at resourcesaving reduction melting of chromenickel-containing metallurgical waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (98), 2, 59–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160755>
- physicalchemical properties of alloyed metallurgical waste as secondary resourcesaving raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (94), 4, 43–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140924>
12. Hryhoriev, S., Petryshchev, A., Belokon', K., Krupey, K., Yamshinskij, M., Fedorov, G., Stepanov, D., Semenchuk, A., Matukhno, E., Savvin, A. (2018). Determining the physical-chemical characteristics of the carbon-thermal reduction of scale of tungsten high-speed steels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (92), 2, 10-15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125988>
13. Petryshchev, A., Braginec, N., Borysov, V., Bratishko, V., Torubara, O., Tsymbal, B., Borysova, S., Lupinovich, S., Poliakov, A., Kuzmenko, V. (2019). Study into the structural-phase transformations accompanying the resource-saving technology of metallurgical waste processing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (100), 4, 37–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175914>
14. Petryshchev, A., Milko, D., Borysov, V., Tsymbal, B., Hevko, I., Borysova, S., Semenchuk, A. (2019). Studying the physical-chemical transformations at resourcesaving reduction melting of chromenickel-containing metallurgical waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 12 (98), 2, 59–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160755>