

UDC 622.271.45:622.765:66.091 © Е.М. Дорофеев<sup>1</sup>, А.И. Буковцова<sup>2</sup>, Л.М. Колищак<sup>3</sup>, Н.Н. Брюханова<sup>4</sup>, Ш.А. Юсупов<sup>5</sup>, Ж.М. Бегатов<sup>6</sup>, 2025

UDC 622.271.45:622.765:66.091 © E.M. Dorofeev<sup>1</sup>, A.I. Bukovtsova<sup>2</sup>, L.M. Kolishchak<sup>3</sup>, N.N. Bryukhanova<sup>4</sup>, Sh.A. Yusupov<sup>5</sup>, J.M. Begatov<sup>6</sup>, 2025

<sup>1</sup> Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 353924, Новороссийск, Россия

<sup>1</sup> Admiral F.F. Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, 353924, Russian Federation

<sup>2</sup> Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС, 309516, г. Старый Оскол, Россия

<sup>2</sup> A.A. Ugarov Stary Oskol Technological Institute, Branch of the National University of Science and Technology MISIS

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», 107023, Москва, Россия

(NUST MISIS), Stary Oskol, 309516, Russian Federation

<sup>4</sup> ФГБУН «Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук», 664033, г. Иркутск, Россия

<sup>3</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, 107023, Russian Federation  
<sup>4</sup> A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 664033, Russian Federation

<sup>5</sup> Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», 100000, г. Ташкент, Узбекистан

<sup>5</sup> "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan

<sup>6</sup> Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций, 100071, г. Ташкент, Узбекистан

<sup>6</sup> Joint Belarusian-Uzbek Intersectoral Institute of Applied Technical Qualifications, Tashkent, 100071, Uzbekistan

✉ e-mail: 79180401222@yandex.ru

✉ e-mail: 79180401222@yandex.ru

# Комплексное использование механо-химико-активированных хвостов угольного обогащения для создания закладочных смесей и регулирования метановыделения в шахтах

## Integrated use of mechano-chemical-activated tailings of coal preparation for creation of backfill mixtures and regulation of methane emission in mines

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-6-23-27>

В представленной работе исследуется возможность комплексного использования механо-химико-активированных хвостов обогащения для создания закладочных смесей с целью регулирования вентиляционных потоков и выделений метана в шахтах. Показано, что механохимическая активация отходов сжигания угля приводит к значительному увеличению степени извлечения металлов, в частности свинца. Определено, что использование механоактивированной золы уноса в закладочных смесях позволяет улучшить их физико-механические характеристики, в частности прочность на сжатие. Предложено использовать разработанные закладочные смеси для возведения массивов в выработанном пространстве шахт. Установлено, что применение данных массивов позволяет снизить концентрацию метана и оптимизировать вентиляционные потоки. На основе анализа динамики изменения концентрации метана определен оптимальный шаг возведения бетонных массивов.

### ДОРОФЕЕВ Е.М.

Канд. пед. наук, Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 353924, г. Новороссийск, Россия, e-mail: 79180401222@yandex.ru

### БУКОВЦОВА А.И.

Канд. техн наук, Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС, 309516, г. Старый Оскол, Россия, e-mail: 9507131581@mail.ru

**КОЛИЩАК Л.М.**

Старший преподаватель  
ФГАОУ ВО «Московский  
политехнический университет»,  
107023, г. Москва, Россия,  
e-mail: lara.kolishchak@mail.ru

**БРЮХАНОВА Н.Н.**

Научный сотрудник  
Инновационно-технологического центра  
энерго- и ресурсосбережения,  
ФГБУН «Институт геохимии  
им. А.П. Виноградова Сибирского отделения  
Российской академии наук»,  
664033, г. Иркутск, Россия,  
e-mail: nnb@igc.irk.ru

**ЮСУПОВ Ш.А.**

Ассистент, Национальный  
исследовательский университет  
«Ташкентский институт инженеров  
ирригации и механизации сельского хозяйства»,  
100000, г. Ташкент, Узбекистан,  
e-mail: sher\_xxx89@mail.ru

**БЕГАТОВ Ж.М.**

PhD, доцент,  
Совместный Белорусско-Узбекский  
межотраслевой институт прикладных  
технических квалификаций,  
100071, г. Ташкент, Узбекистан,  
e-mail: j.begatov@mail.ru

**Ключевые слова:** уголь, механохимическая активация, отходы угле-обогащения, закладочные смеси, метановыделение, угольная шахта, зола уноса, извлечение металлов, безопасность горных работ.

**Для цитирования:** Комплексное использование механо-химико-активированных хвостов угольного обогащения для создания закладочных смесей и регулирования метановыделения в шахтах / Е.М. Дорофеев, А.И. Буковцова, Л.М. Колищак и др. // Уголь. 2025;(6):23-27. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-23-27.

**Abstract**

The presented work investigates the possibility of integrated use of mechanochemical-activated tailings of coal preparation for the creation of backfill mixtures to regulate ventilation flows and methane emissions in mines. It is shown that mechanochemical activation of coal combustion waste leads to a significant increase in the recovery of metals, in particular lead. It is determined that the use of mechanochemically activated fly ash in laying mixtures allows to improve their physical and mechanical characteristics, namely, compressive strength. It is suggested to use the developed backfill mixtures for erection of arrays in the mined-out space of mines. It is established that the use of these arrays allows to reduce methane concentration and optimise ventilation flows. On the basis of the analysis of the dynamics of methane concentration change the optimal step of concrete arrays erection was determined.

**Keywords**

Coal, mechanochemical activation, coal preparation waste, backfill mixtures, methane extraction, coal mine, fly ash, metal recovery, mining safety.

**For citation**

Dorofeev E.M., Bukovtsova A.I., Kolishchak L.M., Bryukhanova N.N., Yusupov Sh.A., Begatov J.M. Integrated use of mechano-chemical-activated tailings of coal preparation for creation of backfill mixtures and regulation of methane emission in mines. *Ugol'*. 2025;(6):23-27. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-23-27.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современный мир сталкивается с растущим спросом на минеральное сырье, увеличением объемов горного производства и накоплением значительного количества отходов обогащения. Эта проблема усугубляется изменением климата и истощением запасов угля в легкодоступных регионах, что требует модернизации существующих технологий добычи и переработки [1, 2]. Отходы горного производства занимают обширные территории, создавая экологические проблемы, включая загрязнение почвы и водных ресурсов, а также выбросы пыли и вредных веществ в атмосферу. Решение проблемы утилизации и переработки этих отходов является важной задачей для обеспечения устойчивого развития горнодобывающей промышленности [3, 4].

Существуют различные подходы к решению проблемы утилизации отходов горного производства. Одним из них является складирование отходов в специально отведенных местах, а другим, более перспективным, – извлечение ценных компонентов из отходов, таких как металлы, с использованием различных методов, включая химическое выщелачивание и биовыщелачивание [5]. Этот подход позволяет не только утилизировать отходы, но и получать дополнительную прибыль от продажи извлеченных компонентов. К недостаткам можно отнести большие энергозатраты и использование вредных химических реагентов [6, 7, 8]. Механохимическая активация техногенного сырья представляет собой перспективное направление. Этот метод позволяет получить не только инертные заполнители для закладочных смесей, но и высокоэффективные вяжущие, способные улучшить

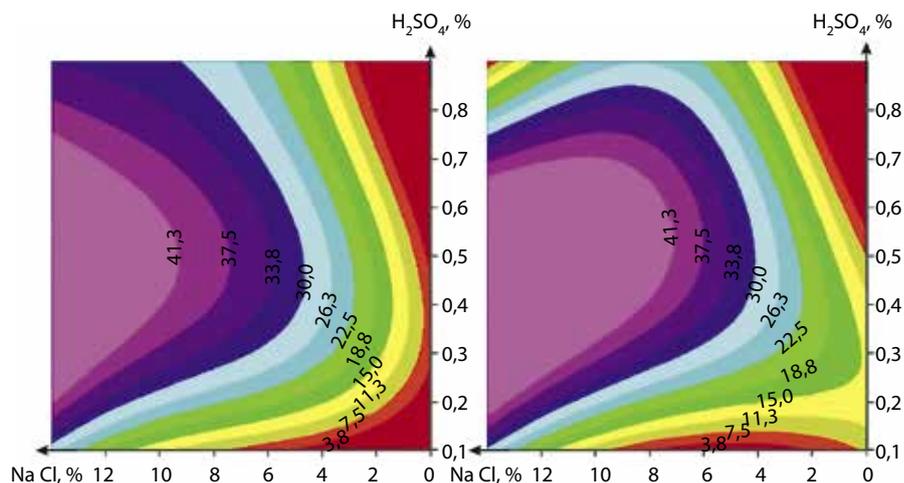
свойства закладочного материала. Особый интерес представляет возможность использования таких смесей для управления вентиляционными потоками в шахтах, особенно на опасных по газу месторождениях угля [9, 10, 11]. Полная утилизация хвостов переработки минерального сырья с предварительной деметаллизацией обеспечивает комплексный подход к решению проблемы утилизации и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Использование таких закладочных смесей позволяет не только заполнять выработанное пространство шахт, но и контролировать выделение метана, что повышает безопасность ведения горных работ [12, 13, 14, 15].

Целью данной работы являются разработка основ комплексного использования механо-химико-активированных хвостов обогащения для получения закладочных смесей и изучение их влияния на регулирование вентиляционных потоков и выделений метана в шахтах.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе был проведен ретроспективный анализ результатов исследования отходов Мизурской обогатительной фабрики. На втором этапе проводились исследования по обоснованию возможности замены цемента золой уноса от сжигания угля ТЭЦ. Далее изучались параметры возведения закладочных массивов в выработанном пространстве и анализировались данные замеров концентрации метана.

Для проведения механоактивации использовался дезинтегратор УДА-10. В ходе экспериментов по извлечению свинца из отходов сжигания угля применялись два режима работы дезинтегратора с разной частотой вращения главного рабочего вала:  $50 \text{ мин}^{-1}$  и  $200 \text{ мин}^{-1}$ . Время обработки материала составляло от 25 мин. Для активации цементно-золевой смеси, используемой в закладочных смесях, дезинтегратор УДА-10 также использовался в течение 25 мин при скорости вращения роторов  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . Полученные после активации смеси смешивались с хвостами и водой для получения закладочного материала. Для определения прочности полученных образцов твердеющей смеси проводились испытания на одноосное сжатие. Прочность определялась через 5, 15 и 30 сут. после изготовления образцов. Для мониторинга концентрации метана в газозооной смеси, исходящей из скважин в шахте им. А.Ф. Засядько, использовался газоанализатор Dräger X-AM 2500 с сенсором CatEx 125 PR Mining. В отдельных случаях, для дублирования замеров, применялись приборы ШИ-12 и ШИ-10. Замеры проводились на глубине 1300 м на протяжении 200 м вентиляционной выработки. Длина скважин составляла 120 м, расстояние между устьями скважин варьировалось от 20 до 40 м. Анализ полученных



Степень извлечения свинца при механохимической активации материала: а –  $v = 50 \text{ мин}^{-1}$ ; б –  $v = 200 \text{ мин}^{-1}$

The degree of lead extraction during mechanochemical activation of the material: а –  $v = 50 \text{ min}^{-1}$ ; б –  $v = 200 \text{ min}^{-1}$

данных осуществлялся с использованием метода наименьших квадратов для построения регрессионных моделей в программе MS Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Эксперименты по механохимической активации отходов сжигания угля показали значительное увеличение степени извлечения металлов, в частности свинца. При частоте вращения главного рабочего вала дезинтегратора  $50 \text{ мин}^{-1}$  извлечение свинца при использовании  $\text{H}_2\text{SO}_4$  увеличилось на 25% по сравнению с отсутствием механохимического воздействия (см. рисунок).

При увеличении частоты вращения до  $200 \text{ мин}^{-1}$  степень извлечения свинца возросла до 35%, что свидетельствует о более эффективном разрушении структуры материала и повышении доступности металла для выщелачивания. В экспериментах с использованием аналогичного дезинтегратора и отходов другого предприятия, при частоте вращения  $250 \text{ мин}^{-1}$ , удалось достичь извлечения свинца до 40% при использовании раствора  $\text{HCl}$ . Это подчеркивает важность оптимизации режимов работы дезинтегратора и выбора реагентов для достижения максимальной эффективности.

Исследования по созданию закладочных смесей на основе золы уноса от сжигания угля показали, что механоактивация позволяет значительно улучшить физико-механические характеристики закладочного материала. Было установлено, что среднее содержание переработанных хвостов в  $1 \text{ м}^3$  твердеющей смеси составляло 45% (827 кг). Варьирование массы золы уноса в диапазоне от 100 до  $500 \text{ кг/м}^3$  позволило установить закономерности влияния добавки золы на прочность смеси.

Анализ данных показал, что прочность смеси увеличивается с увеличением времени твердения и с увеличением массы золы уноса. Были получены степенные модели, описывающие зависимость прочности смеси на одноосное сжатие ( $P$ , МПа) от массы активированной золы уноса

( $M$ , кг/м<sup>3</sup>): для времени затвердевания 5 сут.  $P = 0,9 \times M^{0,25}$  ( $R^2 = 0,88$ ), для 15 сут.  $P = 2,1 \times M^{0,15}$  ( $R^2 = 0,82$ ), и для 30 сут.  $P = 2,3 \times M^{0,22}$  ( $R^2 = 0,94$ ). Эти модели подтверждают, что добавление активированной золы уноса способствует повышению прочности закладочного материала. Измерения с использованием смесей с добавлением 550 кг/м<sup>3</sup> золы показали увеличение прочности до 7,5 МПа через 30 сут., что несколько выше предсказанного значения, что может быть связано с различиями в химическом составе используемой золы.

Анализ данных мониторинга концентрации метана в шахте им. А.Ф. Засядько позволил установить пространственно-временную изменчивость концентрации метана в подрабатываемом массиве горных пород под влиянием подвигания линии очистного забоя. Было выявлено, что на расстоянии 1376 м от начала участка, при отходе лавы на 46 м, формируется очаг повышенной концентрации метана впереди лавы. Левая граница этой зоны прослеживалась до 1167 м, а правая – до 1210 м. Анализ динамики изменения границ этой зоны позволил определить, что до первичной посадки кровли шаг возведения бетонных массивов не должен превышать 160 м.

В более ранних модельных экспериментах с использованием программного обеспечения для моделирования газодинамики в шахтах было установлено, что применение закладочных массивов с использованием разработанных смесей позволяет снизить концентрацию метана в выработанном пространстве на 15-20% по сравнению с отсутствием закладки [16, 17, 18]. Это связано с тем, что закладочные массивы препятствуют свободному перемещению метана и способствуют его отводу через систему дегазации. Также исследования показали, что правильное расположение закладочных массивов может оптимизировать вентиляционные потоки, уменьшая застойные зоны и улучшая проветривание шахты.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты открывают новые перспективы в области утилизации отходов угледобычи и обогащения, предлагая комплексный подход к решению экологических и технологических задач горной промышленности. Ключевым аспектом является использование механохимической активации, которая, как показали эксперименты, значительно повышает эффективность извлечения ценных компонентов из отходов и улучшает свойства закладочных смесей.

Так, увеличение степени извлечения свинца при механохимической активации отходов сжигания угля согласуется с результатами других исследований, демонстрирующих положительное влияние механоактивации на процессы выщелачивания металлов. В работах [19, 20] показано, что механическая активация способствует аморфизации структуры шлака, что приводит к увеличению площади поверхности и повышению доступности металла для выщелачивания. Ударное воздействие при механоактивации разрушает минеральные сращения, что также способствует повышению эффективности выщелачивания [21].

Полученные степенные модели, описывающие зависимость прочности смеси от массы золы уноса, показыва-

ют, что добавление активированной золы способствует повышению прочности закладочного материала. Это согласуется с результатами исследований [22], которые показали, что замена традиционных компонентов закладочной смеси техногенными отходами позволяет получить материал с приемлемыми прочностными характеристиками. Увеличение прочности смесей с добавлением золы до 7,5 МПа в проведенных экспериментах указывает на возможность использования золы как эффективной замены цемента.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило разработать основы комплексного подхода к использованию механо-химико-активированных хвостов обогащения для создания закладочных смесей и изучить их влияние на регулирование вентиляционных потоков и выделений метана в шахтах. Обобщая полученные результаты, можно констатировать, что механохимическая активация отходов углеобогащения открывает широкие перспективы для решения экологических и технологических проблем горной промышленности. В частности, было продемонстрировано значительное повышение эффективности извлечения ценных компонентов, таких как свинец, из отходов сжигания угля при использовании механоактивации. Установлено, что при оптимальных режимах работы дезинтегратора и выборе реагентов можно достичь извлечения до 35-40% свинца, что делает этот процесс экономически привлекательным и экологически обоснованным. Кроме того, исследование показало, что механоактивированная зола уноса может быть эффективно использована в качестве компонента закладочных смесей.

Важным практическим результатом исследования является установление закономерностей пространственно-временной изменчивости концентрации метана в подрабатываемом массиве горных пород. Было выявлено формирование очагов повышенной концентрации метана впереди лавы, что необходимо учитывать при планировании горных работ и выборе параметров закладочных массивов. На основе анализа динамики изменения границ этих зон был определен оптимальный шаг возведения бетонных массивов не более 160 м. Модельные эксперименты подтвердили, что применение закладочных массивов с использованием разработанных смесей позволяет снизить концентрацию метана в выработанном пространстве на 15-20%.

### Список литературы • References

1. Tumanov M.V., Chumakov N.A., Kiseleva O.A. Analysis of the relationship between the professionally important qualities of a specialist and the safety of technological processes in metallurgy. *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2021;(5):88-93. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-5-88-93.
2. Gendler S.G., Kryukova M.S. Thermal management of metro lines, including double-track and single-track tunnels. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2023;(9):248-26. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_248.
3. Karlina A.I., Balanovskiy A.E., Kondratiev V.V., Romanova V.V., Batukhtin A.G., Karlina Y.I. An Investigation into the Behavior of Cath-

- ode and Anode Spots in a Welding Discharge. *Appl. Sci.* 2024;(14):9774. DOI: 10.3390/app14219774.
4. Konyuhov V.Yu., Gladkih A.M., Zott R.S. Accelerator as an effective replacement of a business incubator in the Irkutsk region. *Journal of Physics: Conference Series.* 2020;1582(1):012045.
  5. Konyuhov V.Yu., Gladkih A.M., Chemezov A.V. Evaluation of the economic feasibility of the introduction of plasma hardening technologies in the Far North enterprises. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2019;560(1):012147.
  6. Pryalukhin A.F., Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Daus Y.V., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A., Dubrovin R.G. Simulation Modeling of Energy Efficiency of Electric Dump Truck Use Depending on the Operating Cycle. *World Electr. Veh. J.* 2025;(16):217. DOI: 10.3390/wevj16040217.
  7. Gendler S.G., Fazylov I.R. Application efficiency of closed gathering system toward microclimate normalization in operating galleries in oil mines. *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2021;(9):65-78. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_9\_0\_65.
  8. Baskanbayeva D.D., Krupnik L.A., Yelemessov K.K., Bortebayev S.A., Igbayeva A.E. Justification of rational parameters for manufacturing pump housings made of fibroconcrete. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2020;(5):68-74. DOI: 10.33271/NVNGU/2020-5/068.
  9. Rikker Y.O., Kobylkin M.V., Batukhtin A.G. Improving the efficiency of flue gas desulphurization of TPS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2019;552(1):012024.
  10. Gendler S.G., Kha N.T. Justification of rational methods for provision of air to faces of operating coal mines of Vietnam during deepening of mining. *Journal of Mining Institute.* 2018;(234):652-657. DOI: 10.31897/pmi.2018.6.652.
  11. Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Babyr N.V., Pogrebnoy A.V., Efremenko E.A., Valuev D.V., Boltrushevich A.E. Modelling of Reliability Indicators of a Mining Plant. *Mathematics.* 2024;(12):2842-2853. DOI: 10.3390/math12182842.
  12. Batuhtin A.G., Bass M.S., Ivanov S.A., Batuhtin S.G., Safronov P.G. Method of efficiency improvement in district heating systems. *American Journal of Applied Sciences.* 2016;13(2):145-151.
  13. Konyuhov V.Yu., Konstantinova M.V., Gladkih A.M. Determination of restored units spectrum of equipment and development of the assembly unit repair method at industrial enterprises. *Journal of Physics: Conference Series.* 2019;1353(1):012047.
  14. Sakharov G.N., Il'inykh V.A., Konyukhov V.Yu. Improvement of fastening elements in an assembled cutting tool. *Soviet Engineering Research.* 1990;10(11):102-103.
  15. Konyukhov V.Yu., Permyakova D.N., Oparina T.A. Numerical simulation of the size, quantity and shape of non-metallic inclusions in rails. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021;2032(1):012071.
  16. Konyukhov V.Yu., Permyakova D.N., Oparina T.A. Perspective for the use of industrial waste in lubricating compositions to reduce wear in friction pairs. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021;2061(1):012046.
  17. Gurov K., Kotelyanets E., Tikhonova E., Kondratev S. Accumulations of trace metals in bottom sediments of the sevastopol bay (Black Sea). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM.* 2019;19(3.1):649-656. DOI: 10.5593/sgem2019/3.1/S12.083.
  18. Khekert E.V., Epikhin A.I. Analysis of methods to optimize control systems for power supply of marine vessels using fuzzy logic and fractal analysis. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021;2061(1):012088. DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012088.
  19. Astrein V.V., Kondratyev S.I., Boran-Keshishyan A.L. Multicriteria assessment of optimal forecasting models in decision support systems to ensure the navigation safety. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021;2061(1):012108. DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012108.
  20. Antonov A.A., Studenikin D.E., Malakhov S.O., Kondratyev S.I., Khekert E.V. Algorithm for constructing a route to pass a narrow fairway. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021;2061(1):012116. DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012116.
  21. Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Martyushev N.V., Klyuev R.V., Kulkartsev V.V., Konyukhov V.Yu., Kononenko R.V., Gendon A.L., Oparina T.A. Radon Emanation and Dynamic Processes in Highly Dispersive Media. *Geosciences.* 2024;(14):102. DOI: 10.3390/geosciences14040102.
  22. Golik V.I., Klyuev R.V., Martyushev N.V., Kondratiev V.V., Tynchenko V.S., Gladkih V.A., Iushkova L.V., Brigida V. Reuse and Mechanochemical Processing of Ore Dressing Tailings Used for Extracting Pb and Zn. *Materials.* 2023;(16):7004. DOI: 10.3390/ma16217004.

#### Authors Information

**Dorofeev E.M.** – PhD (Pedagogical), Admiral F.F. Ushakov State Maritime University, Novorossiysk, 353924, Russian Federation, e-mail: 79180401222@yandex.ru

**Bukovtsova A.I.** – PhD (Engineering), A. A. Ugarov Stary Oskol Technological Institute, Branch of the National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Stary Oskol, 309516, Russian Federation, e-mail: 9507131581@mail.ru

**Kolishchak L.M.** – Senior lecturer, Moscow Polytechnic University, Moscow, 107023, Russian Federation, e-mail: lara.kolishchak@mail.ru

**Bryukhanova N.N.** – Researcher, Innovation and Technology Centre for Energy and Resource Saving, A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 664033, Russian Federation, e-mail: nnb@igc.irk.ru

**Yusupov Sh.A.** – Assistant, "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent, 100000, Uzbekistan, e-mail: sher\_xxx89@mail.ru

**Begatov J.M.** – PhD, Associate Professor, Joint Belarusian-Uzbek Intersectoral Institute of Applied Technical Qualifications, Tashkent, 100071, Uzbekistan, e-mail: j.begatov@mail.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.04.2025

Поступила после рецензирования: 16.05.2025

Принята к публикации: 26.05.2025

#### Paper info

Received April 15, 2025

Reviewed May 16, 2025

Accepted May 26, 2025