

Код МРНТИ 52.39.01.:67.09.05

E.I. Kuldeev, *M.B. Nurpeisova, A.A.Bek, A.A. Ashimova
 Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

PROSPECTS FOR TECHNOGENIC WASTE PROCESSING FOR PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS

Abstract. Overview of foreign and domestic research on the utilization of various industrial wastes in the production of building products is presented, as well as some results of the works of the Mining and Metallurgical Institute of Satbayev University. Utilization of large-tonnage industrial waste, primarily from mining and metallurgical and fuel and energy complexes, into building materials is cost-effective and is aimed at solving environmental and social problems. Tailings of the processing plant of the Akzhal mine were studied as a filler for mixtures for strengthening fractured rock masses in a quarry, as well as disturbed pillars and ceilings in underground workings. Significance of the results obtained is expansion and reproduction of raw material base of building materials industry through technogenic waste processing and development of resource-saving technologies.

Key words: *technogenic waste, environmental impact, environment, utilization, building materials, efficiency, environmental safety.*

Құрылыс материалдарын алу үшін техногендік қалдықтарды қайта өңдеудің перспективалары

Аннотация. Құрылыс бұйымдарын өндіруде түрлі өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жарату бойынша шетелдік және отандық зерттеулерге шолу жасалған, сонымен қатар Сәтбаев университетінің Тау-кен металлургия институты атқарып жатқан жұмысының нәтижелері келтірілген. Ірі көлемді өнеркәсіптік қалдықтарды, ең алдымен тау-кен металлургия және отын-энергетика кешендері қалдықтарын кәдеге жарату экономикалық тұрғыдан тиімді, сонымен қатар экологиялық және әлеуметтік проблемаларды шешуге бағытталған. Етін кері әсері және оларды қайта өңдеп, құрылыс саласында қолданудың тиімділігі баяндалған. Карьер беткейлерінің жарықшақталған тау жыныстарын нығайтатын және бұзылған жерасты қазбалары төбелері мен кентіректерін беріктейтін ертінділер алу үшін Ақжал кенішінің байыту фабрикасының қалдықтары зерттелді. Алынған нәтижелердің маңыздылығы – техногендік қалдықтарды қайта пайдалану және ресурс үнемдеуші технологияларды әзірлеу есебінен құрылыс материалдары өнеркәсібінің шикізат базасын кеңейту және молайту.

Түйінді сөздер: *техногендік қалдықтар, экологиялық зардап, қоршаған орта, қайта өңдеу, кәдеге жарату, құрылыс материалдары, тиімділік, экологиялық қауіпсіздік.*

Перспективы переработки техногенных отходов для получения строительных материалов

Аннотация. Представлен обзор зарубежных и отечественных исследований по утилизации различных промышленных отходов в производстве строительных изделий, а также приведены некоторые результаты работ горно-металлургического института Satbayev University. Утилизация крупнотоннажных промышленных отходов, прежде всего, горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов в строительные материалы экономически эффективна и направлена на решение экологических и социальных проблем. Исследованы хвосты обогатительной фабрики рудника Ақжал в качестве заполнителя смесей для упрочнения трещиноватых горных массивов на карьере, а также нарушенных целиков и потолочин в подземных выработках. Значимость полученных результатов – расширение и воспроизводство сырьевой базы промышленности строительных материалов за счет переработки техногенных отходов и разработки ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: *техногенные отходы, экологическое воздействие, окружающая среда, переработка, утилизация, строительные материалы, эффективность, экологическая безопасность.*

Introduction

In recent decades, transition to «green» economy, i.e. efficient use of natural resources and improving the well-being of citizens of Kazakhstan through economy diversification and creation of new jobs, improving living conditions for our citizens took particular significance in many countries of the world, including Kazakhstan.

On the territory of the Republic, according to the State Cadastre, in dumps, tailings and storage facilities of mining enterprises about 30 billion tons industrial waste are stored including: 72,5% – waste overburden, 25,7% – enrichment tailings, 1,8% – waste from metallurgical plants (table). With annual output of industrial waste of 1 billion tons, no more than 100 million tons are usefully consumed. The rest pollutes the environment gradually accumulating in it [1, 2].

Table 1
Concentration waste by regions of Kazakhstan

Кесте 1
Қазақстан облыстарындағы байыту фабрикаларының қалдықтары

Таблица 1
Отходы обогатительного производства по областям Казахстана

Regions	Quantity	Reserves, thousand tons	Area, km ²
Akmola	11	76834,50	12,30
Aktobe	8	30675,30	6,30
Almaty	5	47914,90	2,99
East Kazakhstan	39	887914,57	19,57
Zhambul	6	44188,93	1,58
Karaganda	37	2809342,13	89,20
Kostanay	4	611101,70	27,45
Pavlodar	2	8770,86	1,23
South Kazakhstan	5	142355,30	3,52

According to the data of the State control and supervision over natural resources, share of consumed waste in the republic is 18-20%. For example, in 2007, percentage of waste utilization was 16%, in 2008 – 18,98%, and in 2009 – 20%. However, this indicator in the recent past in the industry of the former USSR was 29%. It remains extremely low in comparison with world practice. In Western Europe (France, Germany, Italy, England), this figure is up to 58%, in North America (USA, Canada) – up to 63%, in Japan – up to 87%, China – up to 37% [3-5].

In addition, construction scale-up in Kazakhstan requires considerable amount of minerals for building materials industry. Intensification in this direction is associated with use of industrial waste instead of primary natural resources to reduce cost of building materials. Use of mining solid waste in the building materials industry is cost-effective than production of building materials based on the special extraction of mineral raw materials.

Methods

Study of technogenic waste composition was carried out using modern methods of physical and chemical research: x-ray, differential, thermal, petrographic, chemical and related equipment.

Results

Relevance of development (processing) of technogenic mineral formations is dictated by fact that they occupy vast territories, easily blown off material is source of increased environmental risk for regions of mining and metallurgical complex. Constant increase in the volumes of various types of waste generated in the mining and processing industries and their storage in storage facilities and experience of using such facilities in industry allows us to consider them as sources for obtaining secondary raw materials and building materials.

Purpose of this work, carried out by Mining and Metallurgical Institute of Satbayev University, is to consider the possibility of comprehensive use of technogenic waste in the areas of their disposal.

To determine possibility of using technogenic waste as secondary resources, it is necessary to carry out a set of the following works [6]:

1. Shooting technogenic waste for mapping and determining their actual volumes;
2. Sampling of technogenic waste to study their composition;
3. Conducting research on the samples composition to determine direction of their disposal;
4. Improvement of waste processing technologies to extract valuable components from them;
5. Technology development for obtaining effective building materials from waste rock;
6. Production of pilot batches of building materials.

Determination of actual occupied areas and waste volumes will be carried out by the Department of Mine Surveying and Geodesy (under the leadership of E.O. Orynbasarova), equipped with a complex of modern mine surveying and geodetic instruments (robotic electronic total station, 3D laser scanner, drones, aerial photography from UAVs – uncrewed aerial vehicles).

One of the enterprises where non-metallic rocks, enrichment tailings are formed and where research works is currently being carried out is Akshatau Mining and Processing Plant JSC, which receives feedstock from the Akzhal mine.

Survey results of workings at the Akzhal mine (in the quarry and underground horizons) showed that the largest number of fallouts is associated with fractured rocks, and the volume of the fallouts increases as the workings stand. Observations of workings passed through fractured rocks revealed that they are stable for a month. After two or three months, stabs up to 10-15 cm in size are formed. Stinging and falls develop within six months, the collapse of the roof occurs in the form of domes. This dramatically increases volume and labor intensity of tunneling operations, as well as the cost of fixing and repairing workings [7].

To prevent collapse of workings passed through fractured rocks, anchor bolts with metal mesh and sprayed concrete are used. However, rocks exfoliation roof of transport drift and significant rocks destruction indicates that this support does not solve problem of ensuring stability of workings and does not prevent the development of deformations. As a result, after 2-3 years of standing workings, lining is destroyed and a major overhaul is required. Therefore, effective solution of fixing and controlling geomechanical properties of rocks is of particular importance for adjacent rock mass and for underground workings passed through fractured rocks.

One of the most common hardening methods is rock cementation. Rocks cementation in quarries begins from the upper platform of the ledge, where fans of vertical and inclined wells are drilled. Cement slurry is injected into them until mass is completely saturated [8].

In this regard, main characteristics of waste from the Akzhal concentrating plant were studied, the X-ray pattern and diffraction characteristics of which are shown in fig. 1, from which it can be seen that they consist of calcite, therefore, reflections (peaks) characteristic of CaCO_3 are recorded on the X-ray pattern, with interplanar distances, d/n , Å: 3.8665; 3.3498; 3.0404; 2.8446; 2.496; 2.2847; 2.0952; 1.9127; 1.77; 1.6287; 1.60; 1.5236; 1.4393.

Chemical analysis showed that the waste rock mainly consists of, %: CaO – 54.6; CO_2 – 39.4; SO_3 – 2.0; MgO – 1.5; SiO_2 – 2.5%; $\text{Fe}[\text{S}_2]$ – about 0.18. Based on the results obtained, it can be stated that the non-metallic rock of the Akzhal deposit consists of limestone (CaCO_3) – about 95 – 97% and silica (SiO_2) – about 2.5 – 3%.

Derivatogram (fig. 2) shows only one endoeffect at 950°C, representing decomposition of CaCO_3 into CaO and CO_2 according to the equation: $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$. The weight loss reaches more than 305% of the sample weight.

Based on the results obtained, we have proposed a solution for strengthening fractured rocks containing filler, cement and process water. To reduce cost of solution as a filler, it was proposed to use tailings of concentrating plants.

Additionally, a dry superplasticizer Neolit 400, which is produced by Neochim (Russia), has a high water-reducing ability and makes it possible to reduce the water-binding ratio in systems by more than 20%. With a decrease in the water-binding ratio, the durability and density of the developed mortar increase, with a simultaneous decrease in shrinkage and creep deformations during the curing of mortars. Addi-

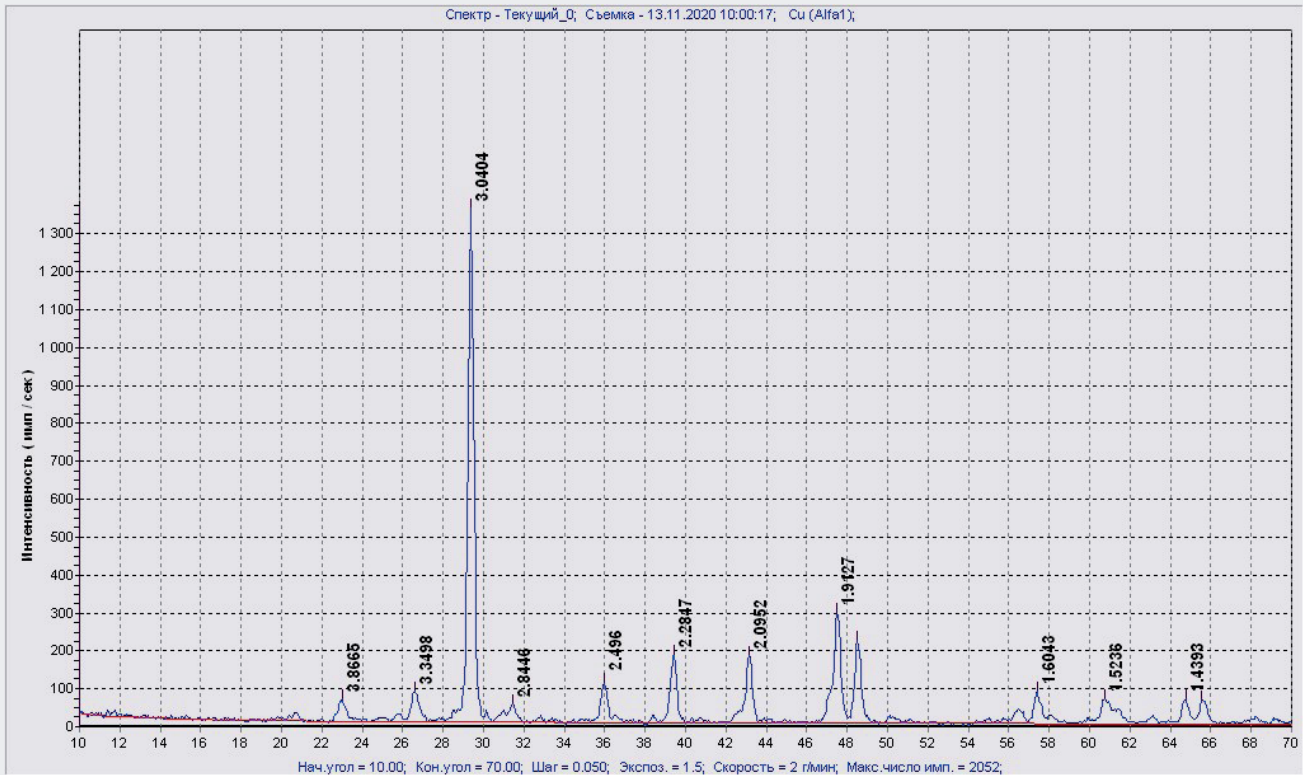


Figure 1. X-ray of Akzhal mine tailings.

Сурет 1. Ақжал кеніші байыту фабрикасы қалдықтарының рентгенограммасы.

Рис. 1. Рентгенограмма отходов обогащения рудника Ақжал.

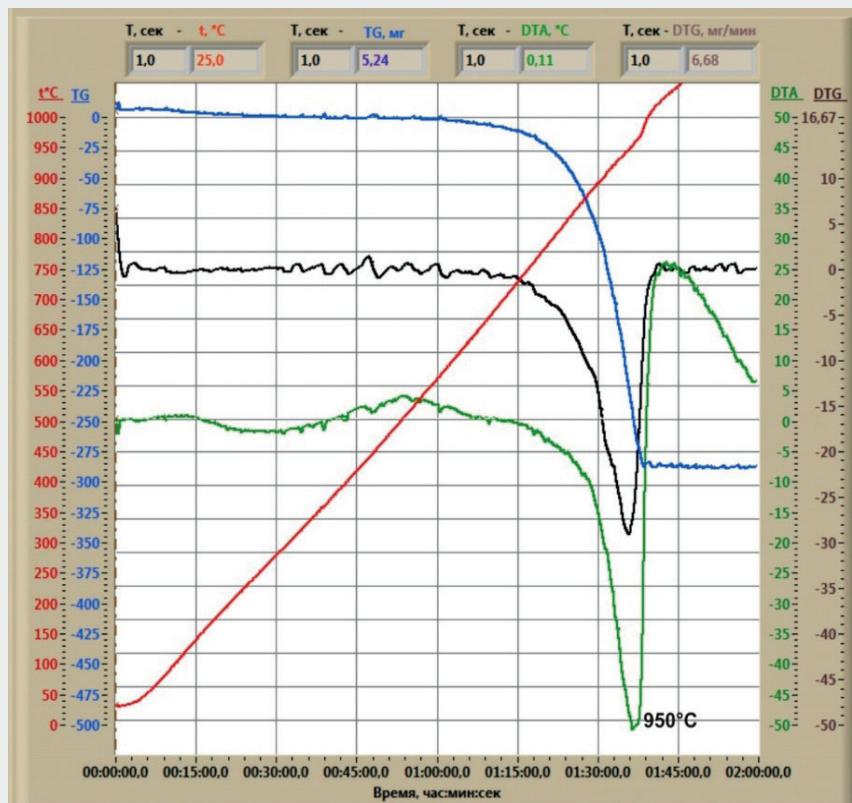


Figure 2. Derivatogram of Akzhal mine tailings.

Сурет 2. Ақжал кеніші байыту фабрикасы қалдықтарының дериватограммасы.

Рис. 2. Дериватограмма отходов обогащения рудника Ақжал.

tive is well compatible with Portland cements, cement – up to 37%, tailings of processing plants – up to 52%, Superplasticizer Neolit 400-0.11-0.16 and the rest is water.

The technical novelty of created solution was confirmed by the patents of the Republic of Kazakhstan for invention [9].

Discussion

Studies analysis carried out in underground workings also showed that the highest technological and technical and economic indicators of fixing mine workings by shotcrete method are achieved due to the correctly selected composition of concrete mixture, taking into account specifics of specific mining, technical, geological and hydrogeological conditions of workings. Therefore, we are currently working on a feasibility study for use of common and recommended new composition of shotcrete mortar.

Use of waste from mining and metallurgical complexes is one of the urgent problems not only in Kazakhstan, but in all countries with developed economies. Technogenic waste processing can become promising direction for business development in Kazakhstan for production of competitive building materials and make important contribution to improving environmental situation (fig.3).

Use of secondary raw materials will reduce need for primary mineral resources, there will be no need for specialized quarries for development of clays, sands, etc. that violate natural landscape.

Technologies development for production of building materials based on technogenic waste, contributing to the development of industrial and innovative potential of the state, respect for natural resources and environment, should be considered as the most important scientific and practical task, solution of which is directly related to environmental safety in the disposal of billions of tons of waste in industrial regions [10]. Economic efficiency of waste use is determined by the fact that technogenic raw materials have already been extracted from the bowels, crushed to a finely dispersed state and laid in dumps.

Conclusion

1. Processing and utilization of MMC waste into building materials is aimed at solving environmental and social problems in regions with a developed mining and metallurgical industry.

2. Rational organization of waste processing process, combined with efficient modern equipment, makes it possible to obtain products from secondary raw materials with a cost 2-2.5 times lower than for similar products from primary raw materials, with a comparable product quality.

Acknowledgments

Study was financially supported by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (AP14871694).



Figure 3. Building materials produced from MMC waste.

Сурет 3. КМК қалдықтарынан шығарылатын құрылыс материалдары.

Рис. 3. Строительные материалы, выпускаемые из отходов ГМК.

REFERENCES

1. Baijanov D.O., Bek A.A. «Green» economy in building materials // *Mining Journal of Kazakhstan*: 2020, No.7. – PP. 45-48 <http://minmag.kz/ru/2021/10/05/%e2%84%967-2020/> (in Russian)
2. Information on waste management organization in the regions of the Republic of Kazakhstan.–Astana, 2019. – P.154 http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/11/Informacionnyj-obzor-po-vedeniju-gosudarstvennogo-kadastra-othodov-za-2018_compressed.pdf (in Russian)
3. Melkonyan R.G. Environmental problems of mining waste disposal for glass production and construction industry. *Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia*. 2017. Vol. 3. ISSN: 2413-9858 <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1Melkonyan.pdf> (in Russian)
4. Golik V. I., Tsidaev T. S. Methods of using tailings from processing substandard mineral raw materials. *Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2015. No. 12. – PP. 27-29 http://www.stroyamat21.ru/arch.php?file_=/2012-12/newtxt.htm (in Russian)
5. Lygina T.Z., Luzin V.P., Kornilov A.V., Multipurpose use of technogenic non-metallic raw materials and production of new types of products from it / *Fort Dialog-Iset, Yekaterinburg*. 2017, v.1, – PP. 67-71 ISBN: 978-5-91128-154-0 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29734811&pff=1> (in English)

6. Nurpeisova M.B., Estemesov Z.A., Bekbasarov Sh.Sh. Processing of technogenic mineral formations is a promising niche for business.// Proceedings of the Research and Production Complex dedicated to the 115th anniversary of A.Zh.Mashanov and the 100th anniversary of Zh.S. Erzhanov «Innovative technologies in geospatial digital engineering» – Almaty: KazNITU6, 2022. – PP. 191-197 (in Russian)
7. Rysbekov K.B., Nurpeisova M.B., Bek A.A. Use of enrichment waste for obtaining building materials// 4th International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources». Book of Abstracts. – Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2021, – PP. 16-19 https://elprivod.nmu.org.ua/ua/articles/Ukraine_2021_Book_of_Abstracts.pdf (in Russian)
8. Bek A. A., Yestemesov Z. A., Baidzhanov D. O., Fedotenko N. A. Effective strengthening solutions for fractured rock masses using tailings// Eurasian mining, 2022, No.1. – PP. 59-64 (Scopus Q1). Процентиль 71% (in English)
9. Utility model patent. No. 1573 RK. Composition for strengthening fractured rocks / Nurpeisova M.B., Kyrgyzbaeva G.M., Bek A.A. <https://kazpatent.kz/images/bulleten/2016/gazette/pdf/2-201608.pdf> (in Russian)
10. Kuldeev E.I., Nurpeisova M.B., Kyrgyzbaeva G.M. Subsoil development and environmental safety. – Deutschland LAP LAMBERT, 2021, 2021. – PP. 234 (in Russian)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Байджанов Д.О., Бек А.А. Құрылыс материалдарындағы «Жасыл экономика»// Қазақстанның тау-кен журналы: 2020, №.7. – Б. 45-48 <http://minmag.kz/ru/2021/10/05/%e2%84%967-2020/> (орыс тілінде)
2. Қазақстан Республикасы аймақтарында қалдықтарды басқаруды ұйымдастыру жайында мәлімет. – Астана, 2019. – Б. 154 http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/11/Informacionnyj-obzor-po-vedeniju-gosudarstvennogo-kadastra-othodov-za-2018_compressed.pdf (орыс тілінде)
3. Melkonyan R.G. Шыны өндірісі мен құрылыс өнеркәсібі үшін тау-кен қалдықтарын кәдеге жаратудың экологиялық мәселелері. Ресейдің солтүстік-батысындағы ғылым мен білімнің хабаршысы. 2017. 3 том. ISSN: 2413-9858 <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1Melkonyan.pdf> (орыс тілінде)
4. Golik V.I., Tsidaev T.S. Сапасыз минералды шикізатты өңдеу қалдықтарын пайдаланудың тәсілдері. XXI ғасырдың құрылыс материалдары, жабдықтары, технологиялары. 2015. № 12. – Б. 27–29. http://www.stroyomat21.ru/arch.php?file_=/2012-12/newtxt.htm (орыс тілінде)
5. Lygina T.Z., Luzin V.P., Kornilov A.V. Техногендік металл емес шикізатты көп мақсатты пайдалану және одан жаңа өнім түрлерін өндіру / Форт Диалог-Исет, Екатеринбург. 2017, Т. 1. – Б. 67-71. ISBN: 978-5-91128-154-0 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29734811&pff=1> (ағылшын тілінде)
6. Нұрпейісова М.Б., Естемесов З.А., Бекбасаров Ш.Ш. Техногенді минералды түзілімдерді қайта өңдеу – бизнестің қайнар көзі.// «Геоақпараттық цифрлық инженериядағы инновациялық технологиялар» атты ҚР ҰҒА корр-мүшесі А.Ж. Машановтың 115 жылдығы және ҚР ҰҒА академигі Ж.С.Ержановтың 100 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференцияның еңбектері – Алматы: КазНІТУ, 2022. – Б.191-197 (орыс тілінде)
7. Рысбеков К.Б., Нұрпейісова М.Б., Бек А.А. Байыту қалдықтарын құрылыс материалдарын алуға пайдалану // «Ресурстарүнемдеу технологияларын инновациялық дамыту және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану» 4-халықаралық ғылыми-техникалық конференция – Петрошани, Румыния: Университет баспасы, 2021, – Б. 16-19 (орыс тілінде) https://elprivod.nmu.org.ua/ua/articles/Ukraine_2021_Book_of_Abstracts.pdf
8. Bek A.A., Yestemesov Z.A., Baidzhanov D.O., Fedotenko N.A. Байыту фабрикасы қалдықтары негізінде жерасты қазбаларындағы жарықшақты тау жыныстары массивін беріктеудің тиімді ертінділерін жасу//Eurasian mining, 2022, No.1. – Б. 59-64 (Scopus Q1). Процентиль 71% (ағылшын тілінде)
9. Пайдалы модель патенті. №1573 РК. Жарықшақты таужыныстарын беріктеудің құрамы/ Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Бек А.А. <https://kazpatent.kz/images/bulleten/2016/gazette/pdf/2-201608.pdf> (орыс тілінде)
10. Кульдеев Е.И., Нұрпейісова М.Б., Қыргызбаева Г.М. Жер қойнауын игеру және экологиялық қауіпсіздік. – Deutschland LAP LAMBERT, 2021, 2021. – Б. 234 (орыс тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Байджанов Д.О., Бек А.А. «Зеленая» экономика в строительных материалах /Горный журнал Казахстана: 2020, №.7. – С.45-48. <http://minmag.kz/ru/2021/10/05/%e2%84%967-2020/> (на русском языке)

2. *Информация об организации управления отходами в регионах Республики Казахстан. – Астана, 2019. – С.154 http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/11/Informacionnyj-obzor-po-vedeniju-gosudarstvennogo-kadastra-othodov-za-2018_compressed.pdf (на русском языке)*
3. *Melkonyan R.G. Том «Экологические проблемы утилизации отходов горнодобывающей промышленности для стекольного производства и строительной промышленности». Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Том 3. ISSN: 2413-9858 <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1Melkonyan.pdf> (на русском языке)*
4. *Golik V.I., Tsidaev T.S. Способы использования хвостов переработки некачественного минерального сырья. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. №12. – С. 27-29. http://www.stroyat21.ru/arch.php?file_=/2012-12/newtxt.htm (на русском языке)*
5. *Lugina T.Z., Luzin V.P., Kornilov A.V. Многоцелевое использование техногенного неметаллического сырья и производство из него новых видов продукции / Форт Диалог-Исеть, Екатеринбург. 2017, т.1. – С. 67-71 ISBN: 978-5-91128-154-0 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29734811&pff=1> (на английском языке)*
6. *Нурпеисова М.Б., Естемесов З.А., Бекбасаров Ш.Ш. Переработка техногенных минеральных образований – перспективная ниша для бизнеса // Труды НПК, посвященной 115-летию А.Ж.Машанова и 100-летию Ж.С.Ержанова «Инновационные технологии в геопромышленной цифровой инженерии»-Алматы: КазННТУ6, 2022. – С.191-197 (на русском языке)*
7. *Рысбеков К.Б., Нурпеисова М.Б., Бек А.А. Использование отходов обогащения для получения строительных материалов // 4-Международная научно-техническая конференция «Инновационное развитие ресурсосберегающих технологий и рациональное пользование природными ресурсами – Петрошани, Румыния: Издательство университета, 2021. – С. 16-19 https://elprivod.ntu.org.ua/ua/articles/Ukraine_2021_Book_of_Abstracts.pdf (на русском языке)*
8. *Bek A. A., Yestemesov Z. A., Baidzhanov D. O., Fedotenko N. A. Разработка эффективных растворов на основе хвостов обогащения для укрепления трещиноватых пород массива в подземных выработках // Eurasian mining, 2022, No.1. – С. 59-64 (Scopus Q1). Процентиль 71% (на английском языке)*
9. *Патент на полезную модель. №1573 РК. Состав для укрепления трещиноватых горных пород / Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Бек А.А. <https://kazpatent.kz/images/bulleten/2016/gazette/pdf/2-201608.pdf> (на русском языке)*
10. *Кульдеев Е.И., Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М. Освоение недр и экологическая безопасность. – Deutsschland LAP LAMBERT, 2021, 2021. С. – 234 (на русском языке)*

Information about the authors:

Kuldeyev E.I., professor, candidate of technical sciences, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), kuldeev_erzhan@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8216-679X>

Nurpeisova M.B., professor, doctor of technical sciences, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), marzhan-nurpeisova@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

Bek A.A., PhD student of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), aiman.lady.bek@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1671-297X>

Ashimova A.A., PhD student of the Department of Mining, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), ashimova.a@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2802-5459>

Авторлар туралы мәлімет:

Колдеев Е.И., Сәтбаев университетінің Корпоративтік даму және стратегиялық жоспарлау жөніндегі проректоры, техника ғылымдарының кандидаты, профессор (Алматы қ., Қазақстан)

Нұрпейісова М.Б., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Бек А.А., Satbayev University Құрылыс кафедрасының оқытушысы, PhD докторант (Алматы қ., Қазақстан)

Ашимова А.А., Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан)

Сведения об авторах:

Кульдеев Е.И., канд.техн.наук, профессор, проректор по корпоративному развитию и стратегическому планированию Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Нурпеисова М.Б., д-р тех.наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А.Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Бек А.А., PhD, докторант, преподаватель кафедры строительных материалов, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Ашимова А.А., PhD, докторант кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А.Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)