

Д. В. Бесполитов, Н. А. Коновалова, П. П. Панков, Е. А. Руш

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В настоящей работе рассмотрено воздействие отвалов вскрышных пород Тасеевского карьера (Балейская золоторудная зона, Забайкальский край) на окружающую среду. Площадь нарушенных открытыми горными работами земель составляет 3,3 км². Карьерные дороги и отвалы вскрышных пород, адсорбирующих в своем составе токсиканты, являются источником вторичного загрязнения посредством пыления. Одним из эффективных способов решения проблемы пыления карьерных дорог является вовлечение вскрышных пород в составы пылезакрепляющих композитов. Комплексом современных методов (атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, рентгенофазовый анализ, инфракрасная спектроскопия) изучены химический и фазовый состав исходного минерального сырья для обоснования возможности утилизации вскрышных пород в составах пылезакрепляющих композитов. Показано, что введение 8 мас. % минерального вяжущего, 10 мас. % механоактивированной неактивной золы уноса и экологически безопасной стабилизирующей добавки StabOL (1 мас. %) позволяет получить эффективные пылезакрепляющие композиты.

Ключевые слова: отходы горнодобывающей промышленности; отвальные массивы; вскрышные породы; ветровая эрозия; пыление отвалов; пылеподавление; стабилизирующая добавка

D.V. Bespolitov, N.A. Konvalova, P.P. Pankov, E.A. Rush

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COMPOSITE MATERIALS FOR DUSTING OF QUARRY ROADS

Abstract. This paper considers the impact of overburden dumps of the Taseevsky quarry (Baleiskaya gold-ore zone, Trans-Baikal Territory) on the environment. The area of soil disturbed by open pit mining is 3.3 km². Quarry roads and overburden dumps that adsorb toxicants in their composition are a source of secondary pollution through dusting. One of the effective ways to solve the problem of dusting of quarry roads is the involvement of overburden into the structure of dust-fixing composites. The chemical and phase composition of the initial mineral raw (atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, X-ray phase analysis, infrared spectroscopy) studied by complex of modern methods to substantiate the possibility of utilization of overburden in the compositions of dust-fixing composites. It is shown that the introduction of 8 wt. % mineral binder, 10 wt. % mechanically activated inactive fly ash and environmentally friendly stabilizing additive StabOL (1 wt.%) allows to obtain effective dust-fixing composites.

Keywords: waste from the mining industry; dump massifs; overburden; wind erosion; dusting of dumps; dust suppression; stabilizing additive

Введение

Забайкальский край является субъектом Российской Федерации, который обладает стратегическими запасами золота, молибдена, титана, урана, лития и других полезных ископаемых [1]. При этом функционирование горнопромышленного комплекса способствует деградации природных ресурсов и появлению техногенных ландшафтов. Открытый способ добычи минерального сырья вызывает негативные геологические процессы (образование трещин и пустот, оползни, обвалы, водная и ветровая эрозия), приводящие к загрязнению окружающей среды [2, 3]. Наиболее остро данные проблемы проявляются на местах горных выработок, карьерных дорогах и отвалах вскрышных пород, подверженных ветровой эрозии. Вскрышные породы обладают существенной поглотительной способностью, прочно удерживают в своем составе токсиканты [4] и являются источником вторичного загрязнения посредством пыления [5].

Эколого-гигиенические исследования доказывают зависимость заболеваемости населения от загрязнения атмосферного воздуха. Длительное воздействие ксенобиотиков приводит к общетоксическим, канцерогенным, мутагенным и другим эффектам в организме человека [6, 7]. Загрязнение воздуха вызывает атеросклероз, коронарные и дегенеративные заболевания сердца, рак легких, бронхиальную астму, эмфиземы и другие заболевания [8]. Присутствие в воздухе взвешенных частиц, содержащих адсорбированные из окружающей среды токсичные вещества, является максимально опасным [9-11]. Выявлено [12-14], что частицы микроразмерного ряда приводят к риску тромбообразования и сердечно-сосудистой смертности.

Одним из способов решения проблемы пыления технологических и карьерных дорог является их обработка пылезакрепляющими составами. Однако существующие способы закрепления пылящих поверхностей имеют ряд недостатков, таких как применение токсичных компонентов пылесвязывающих веществ, недолговечность слоев покрытий, высокая стоимость составов для обеспыливания и небольшие сроки обеспыливания (в среднем от 20 суток до 6 месяцев). Поэтому разработка экологически безопасных и экономически эффективных пылезакрепляющих составов и композиционных материалов на их основе представляется актуальной задачей.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении возможности утилизации вскрышных пород Тасеевского карьера (Забайкальский край) в составах эффективных композиционных материалов для обеспыливания карьерных дорог.

Материалы и методы

Вскрышные породы, применяемые в настоящем исследовании, являются отходами золотодобывающей промышленности и отобраны из внешних отвалов Тасеевского карьера (Балейская рудная зона, Забайкальский край). Тасеевское месторождение, открытое в 1934 г., является одним из важнейших золоторудных месторождений с запасом 105,6 т. Комбинат «Балейзолото» назван «жемчужиной золотодобывающей промышленности страны», так как только за первые 35 лет существования комбинатом было добыто такое количество руды, что для ее погрузки потребовалось бы 215 тысяч вагонов, которые заняли бы железнодорожный путь от Читы до Владивостока [15]. Открытая разработка Тасеевского карьера способствовала уничтожению почв, изменению рельефа местности, изменению температурного режима в многолетнемерзлых породах, мощность которых увеличена в результате размещения отвалов вскрышных пород в долине р. Унда (рис. 1). Для Балейской рудной зоны характерно хаотичное размещение вскрышных пород. Площадь нарушенных земель составляет 3,3 км².



Рис. 1. Ландшафтные изменения нарушенных территорий

Выявлено, что на отвальных массивах практически отсутствует естественное зарастание. Это вызвано, прежде всего, тем, что вскрышные породы, как и карьерные воды, содержат токсичные металлы. В связи с этим, важным является ликвидация отвалов посредством крупнотоннажного прямого использования вскрышных пород в составах дорожно-строительных композитов для обеспыливания дорог.

Химический состав минерального сырья определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре эмиссионном Optima 5300DV 167-403 нм (Perkin Elmer, США).

ИК-спектры регистрировали инфракрасным Фурье спектрометром FTIR-8400S (SHIMADZU, Япония) на таблетках с KBr. Относительную интенсивность полос поглощения

рассчитывали методом базисных линий, за единицу принимали наиболее интенсивную полосу поглощения с максимумом при $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$.

Фазовый состав исходного минерального сырья изучали методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре ДРОН – 3.0, $U = 25\text{ кВ}$, $I = 20\text{ мА}$, излучение – $\text{CuK}\alpha$, Ni – фильтр, $2\theta = 5\text{--}55^\circ$, шаг сканирования – 0.05° . Минералогический состав проб расшифровывали с помощью программы поиска фаз EVA (Diffrac^{plus} PDF-2, 2007 г.).

В составах композиционных материалов использована механически активированная зола уноса ТЭЦ-2 (г. Чита). Механическую активацию золы уноса проводили с помощью истирателя вибрационного чашевого ИВЧ-3 в воздушной атмосфере в течение 60 с. Загрузка пробы в один размольный стальной стакан составляла 50 г. Отношение массы стальных размольных тел (ролик и кольцо) к массе образца составляло 32:1, доза подведенной механической энергии – $0,72\text{ кДж/г}$. В качестве вяжущего применяли портландцемент марки ЦЕМ II/A-III 32,5Б по ГОСТ 31108-2016. В настоящем исследовании использована полимерная добавка StabOL (ТУ 5775-001-01107272-2020), представляющая собой прозрачную вязкую жидкость; плотность, определенная пикнометрическим методом, составляет $1,20\text{ г/см}^3$; реакция среды $\text{pH} = 8$.

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов в образцах минерального сырья определяли в соответствии с СанПиН 2.6.1.2523-09 и ГОСТ 30108-94. Вода для приготовления образцов соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011.

Химический состав золы уноса, $\omega, \%$: $53,0\text{ SiO}_2$; $20,6\text{ Al}_2\text{O}_3$; $9,2\text{ CaO}$; $8,5\text{ Fe}_2\text{O}_3$; $1,4\text{ MgO}$; $1,4\text{ K}_2\text{O}$; $1,2\text{ TiO}_2$; $0,7\text{ SO}_3$; $0,6\text{ SO}_3$; $0,4\text{ CaO}_{\text{св}}$; $0,3\text{ MnO}$; $0,2\text{ Na}_2\text{O}$; $1,1\text{ C}$; $1,8\text{ п.п.}$. Минералогический состав: кварц, кальцит, полевой шпат, гётит, рентгеноаморфная фаза. ИК-спектр, $\nu\text{ см}^{-1}$: $1454, 1435 (\nu\text{CO}_3^{2-})$; $876 (\delta\text{CO}_3^{2-})$; $797, 779 (\nu\text{SiO}_2)$; $692, 671 (\nu\text{SiO}_2)$; $3458 (\nu\text{OH})$; $1092 (\nu\text{Si-O-Si(Al)})$; $461 (\delta\text{Si-O-Si(Al)})$; $563 (\delta\text{Fe-O-Fe})$. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K): 248 Бк/кг .

Химический состав портландцемента, $\omega, \text{мас. } \%$: $36,55\text{ CaO}$; $27,90\text{ SiO}_2$; $6,75\text{ Al}_2\text{O}_3$; $4,41\text{ Fe}_2\text{O}_3$; $4,04\text{ MgO}$; $2,80\text{ SO}_3$. Минералогический состав: алит Ca_3SiO_5 ($5,95; 3,03; 2,97; 2,74; 2,18\text{ \AA}$), белит Ca_2SiO_4 ($3,43; 2,88; 2,81; 2,28; 1,76\text{ \AA}$), портландит Ca(OH)_2 ($3,19; 2,65\text{ \AA}$), кварц SiO_2 ($3,35; 2,44; 2,32; 2,21; 2,11; 1,82\text{ \AA}$).

Химический состав вскрышных пород, $\omega, \%$: $67,0\text{ SiO}_2$; $12,6\text{ Al}_2\text{O}_3$; $2,1\text{ Fe}_2\text{O}_3$; $1,5\text{ K}_2\text{O}$; $0,6\text{ TiO}_2$; $0,4\text{ MgO}$; $0,3\text{ CaO}$; $0,1\text{ Cr}_2\text{O}_3$; $0,1\text{ P}_2\text{O}_5$; $0,1\text{ Na}_2\text{O}$; $9,3\text{ – п.п.}$; $5,9\text{ – примеси микроэлементов}$. Результаты элементного анализа вскрышных пород свидетельствуют о превышении предельно допустимых концентраций цинка и хрома, мг/кг : $\text{Zn} - 177$; $\text{Cr} - 780$.

Рентгенофазовый анализ вскрышных пород Тасеевского карьера (рис. 2 а) показал, что в их состав входят: кварц SiO_2 ($3,36; 2,46; 2,13\text{ \AA}$); каолинит $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ($7,23; 2,57; 2,34\text{ \AA}$); иллит $\text{K}_{0,7}\text{Al}_{2,1}(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ($5,16; 4,38; 3,30\text{ \AA}$).

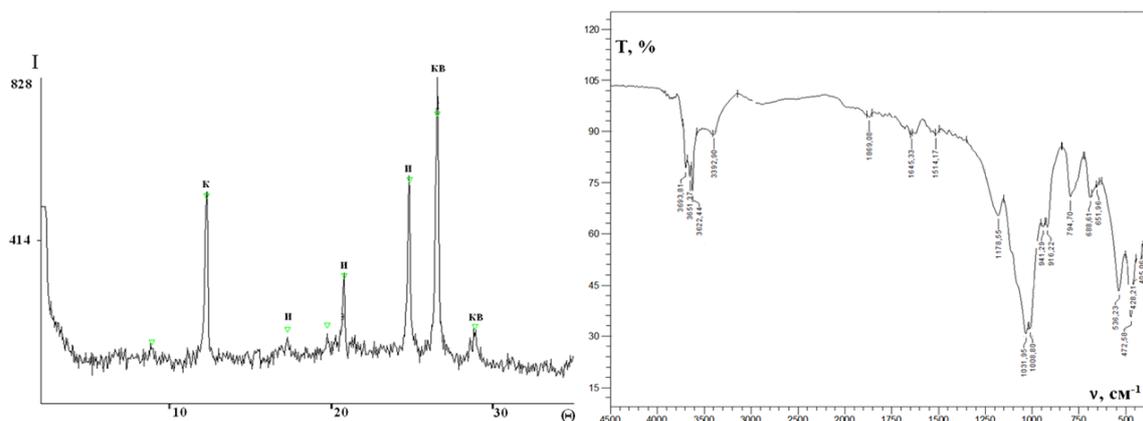


Рис. 2. Дифрактограмма (а) и ИК-спектр (б) вскрышных пород Тасеевского карьера: к – каолинит; кв – кварц; и – иллит;

Многочисленные п.п. с максимумами в области 3393-3694 см⁻¹ в ИК-спектре вскрышных пород (рис. 2 б), свидетельствуют о валентных колебаниях ОН-групп, принадлежащих воде. П.п. с максимумами при 1009 и 1032 принадлежат группе Si-O-Si. П.п. в области 795 см⁻¹ обусловлен присутствием в составе вскрышных пород кварца.

Выявлено, что исходное минеральное сырье можно отнести к полиминеральным многофазным системам и при их модификации целесообразно применить стабилизирующую добавку, позволяющую обеспечить омоноличивание мелкораздробленных частиц. Образцы модифицировали минеральным вяжущим, механоактивированной неактивной золой уноса и стабилизирующей добавкой полимерной природы. Необходимую дозировку портландцемента определяли путем подбора, для этого готовили пробы смесей массой 2 кг, которые отличались содержанием основного вяжущего и золы уноса. Из полученных смесей каждого вида изготавливали по 6 образцов цилиндров диаметром 71,4 мм и образцов балочек, размером 160×40×40 мм, уплотнением смеси в стальных формах. Нагрузку уплотнения подбирали так, чтобы получить максимальную плотность образцов, которая достигается при оптимальной влажности. Нагрузка уплотнения составила 15 МПа. Физико-механические характеристики изучали через 28 суток на образцах, подвергнутых полному водонасыщению.

Экспериментально установлено, что оптимальное содержание портландцемента, золы уноса и стабилизирующей добавки составило 8, 10 и 1 мас. %, соответственно. Выявлено, что марка по прочности укрепленных композиционных материалов для обеспыливания карьерных дорог составляет М20.

Оценка токсичности состава для обеспыливания карьерных дорог, определенная по летальности *Daphnia magna Straus* и по изменению оптической плотности тест-культуры – зеленой протококковой водоросли *Chlorella vulgaris Beijer*, позволила заключить о безопасности для окружающей среды и здоровья человека стабилизирующей добавки StabOL.

Заключение

Отвалы массивы вскрышных пород Тасеевского месторождения оказывают негативное воздействие на окружающую среду, способствуют ухудшению здоровья населения г. Балей, приводят к изменению природных условий обитания водной флоры и фауны р. Унда, загрязнению подземных и поверхностных вод, изменению рельефа местности, снижению плодородности почв, изменению микроклимата и многое другое.

Перспективным способом ликвидации отвалов вскрышных пород, являющихся объектами накопленного вреда окружающей среде, является их утилизация при устройстве пылезащитных слоев карьерных дорог с применением метода стабилизации (искусственного камнеобразования). Выявлено, что исходное минеральное сырье относится к многофазным полиминеральным системам, поэтому для связывания высокодисперсных частиц целесообразно применять экологически безопасную стабилизирующую добавку StabOL.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеев П.Б. Минерально-сырьевая база Забайкальского края и ее освоение в современных условиях / П.Б. Авдеев, Ю.М. Овешников // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН. – 2014. – № 5 (48). – С. 50-57.
2. Андроханов В.А. Мониторинг почвенного покрова и рациональное использование земельных ресурсов в районах угледобычи / В.А. Андроханов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. – № 2. – С. 126-130.
3. Devic G. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia / G. Devic, D. Djordjevic, S. Sakan // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 468-469. – P. 933-942.
4. Cai C. Critical comparison of soil pollution indices for assessing contamination with toxic metals / C. Cai, B. Xiong, Y. Zhang, X. Li, L.M. Nunes // Water, Air, and Soil Pollution. – 2015. – Vol. 226. – Issue 10. – P. 352.

5. Hocking D. The impact of gold smelter emissions on vegetation and soils of a sub-arctic forest-tundra transition ecosystem / D. Hocking, P. Kuchar, J.A. Plambeck, R.A. Smith// *Journal of the Air Pollution Control Association*. – 1978. – Vol. 28. – Issue 2. – P. 133-137.
6. Ефимова Н.В. Оценка медико-социального и экономического ущерба, связанного с техногенным загрязнением атмосферного воздуха / Н.В. Ефимова // *Гигиена и санитария*. – 2006. – № 5. – С. 20-22.
7. Голиков Р.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) / Р.А. Голиков, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, В.А. Штайгер // *Научное обозрение. Медицинские науки*. – 2017. – № 5. – С. 20-31.
8. Хачатрян Т.С. Окружающая среда и здоровье населения (обзор литературы) / Т.С. Хачатрян // *Журнал экспериментальной и клинической медицины*. – 1981. – Т. 21. – № 3. – С. 287-292.
9. Голохваст К.С. Профиль атмосферных взвесей в городах и его экологическое значение / К.С. Голохваст // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. – 2013. – Вып. 49. – С. 87-91.
10. Driscoll K.E. Cytokine and growth factor release by alveolar macrophages: potential biomarkers of pulmonary toxicity / K.E. Driscoll, J.K. Maurer // *Toxicology Pathology*. – 1991. – №19 (4). – P. 398-405.
11. Cheng T. Chemical characteristics of Asian dust aerosol from Hunshan Dake Sandland in Northern China / T. Cheng, D. Lu, G. Wang, Y. Xu// *Atmospheric Environment*. – 2005. – Vol. 39. – Issue 16. – P. 2903-2911.
12. Lin H. Long-Term Effects of Ambient PM 2.5 on Hypertension and Blood Pressure and Attributable Risk among older Chinese Adults / H. Lin, Y. Guo, Y. Zheng et al. // *Hypertension*. – 2017. – Vol. 69. – № 5. – P. 806-812.
13. Табакаев М.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения / М.В. Табакаев, Г.В. Артамонова // *Вестник РАМН*. – 2014. – № 3-4. – С. 55-60.
14. Jacobs L. Acute changes in pulse pressure in relation to constituents of particulate air pollution in elderly persons / L. Jacobs, A. Buszynska, C. Walgraeve et al. // *Environmental Research*. – 2012. – Vol. 117. – P. 60-67.
15. Юргенсон Г.А. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития. К 300-летию основания Приказа рудокопных дел / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН. – 1999. – 574 с.

REFERENCES

1. Avdeev P.V., Oveshnikov Yu.M. [Transbaikal region mineral resources base and its development in modern conditions], *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sekciinauk o Zemle RAEN* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences], 2014, no. 5 (48), pp. 50-57. (In Russ.)
2. Androkhonov V.A. [Monitoring of soil and land rational management in the mining regions], *Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti* [Industrial Safety], 2014, no.2, pp. 126-130. (In Russ.)
3. Devic G., Djordjevic D., Sakan S. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia, *Science of the Total Environment*, 2014, vol. 468-469, pp. 933-942.
4. Cai C., Xiong B., Zhang Y., Li X., Nunes L. M. Critical comparison of soil pollution indices for assessing contamination with toxic metals, *Water, Air, and Soil Pollution*, 2015, vol. 226, no. 10, pp. 352.
5. Hocking D., Kuchar P., Plambeck J.A., Smith R.A. The impact of gold smelter emissions on vegetation and soils of a sub-arctic forest-tundra transition ecosystem, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1978, vol. 28, no. 2, pp. 133-137.

6. Yefimova N.V. [Assessment of the sociomedical and economic damage associated with man-made ambient air pollution], *Gigiena I sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2006, no. 5, pp. 20-22. (In Russ.)
7. Golikov R.A., Surzhikov V.D., Kislitsyna V.V., Shtaiger V.A. [Influence of environmental pollution to the health of the population (review of literature)], *Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki* [Scientific Review. Medical Sciences], 2017, no. 5, pp. 20-31. (In Russ.)
8. Khachatryan T.S. [Environment and public health (review of literature)], *ZHurnal eksperimental'noj i klinicheskoy mediciny* [Journal of Experimental and Clinical Medicine], 1981, vol. 21, no. 3, pp. 287-292. (In Russ.)
9. Golokhvast K.S. [Profile of atmospheric suspensions in cities and its ecological significance], *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya* [Bulletin Physiology and Pathology of Respiration], 2013, vol. 49, pp. 87-91. (In Russ.)
10. Driscoll K.E., Maurer J.K. Cytokine and growth factor release by alveolar macrophages: potential biomarkers of pulmonary toxicity, *Toxicology Pathology*, 1991, no. 19 (4), pp. 398-405.
11. Cheng T., Lu D., Wang G., Xu Y. Chemical characteristics of Asian dust aerosol from Hunshan Dake Sand land in Northern China, *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, no. 16, pp. 2903-2911.
12. Lin H., Guo Y., Zheng Y. [et al.] Long-Term Effects of Ambient PM 2.5 on Hypertension and Blood Pressure and Attributable Risk among older Chinese Adults, *Hypertension*, 2017, vol. 69, no. 5, pp. 806-812.
13. Tabakaev M.V., Artamonova G.V. [Particulate Matter Air Pollution Effects on the Incidence of Heart Diseases Among the Urban Population], *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk*, [Annals of The Russian Academy of Medical Sciences], 2014, no. № 3-4, pp. 55-60. (In Russ.)
14. Jacobs L., Buszynska A., Walgraeve C. [et al.] Acute changes in pulse pressure in relation to constituents of particulate air pollution in elderly persons, *Environmental Research*, 2012, vol. 117, pp. 60-67.
15. Yurgenson G.A. [Geological research and the mining complex of Transbaikal region: history, current state, problems, development prospects. To the 300th anniversary of the founding of the Order of Mining Affairs], *Novosibirsk: Nauka. Sibirskaaya izdatel'skaya firma RAN*, [Novosibirsk: Science. Siberian Publishing Company RAS], 1999. – 574 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Бесполитов Дмитрий Викторович – аспирант, ассистент кафедры «Техносферная безопасность», Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Коновалова Наталья Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры «Техносферная безопасность», Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Панков Павел Павлович – старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность», Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Руш Елена Анатольевна – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», e-mail: lrush@mail.ru

Authors

Bespolitov Dmitry Viktorovich – post-graduate student, assistant of the Department of Technosphere Safety, Trans-Baikal Institute of Railway Transport - a branch of the Irkutsk State Transport University, e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Konovalova Natalia Anatolievna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Trans-Baikal Institute of Railway Transport - a branch of the Irkutsk State Transport University, e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Pankov Pavel Pavlovich – senior teacher of the Department of Technosphere Safety, Trans-Baikal Institute of Railway Transport - a branch of the Irkutsk State Transport University, e-mail: zabizht_engineering@mail.ru

Rush Elena Anatolievna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technosphere Safety of the Irkutsk State Transport University, e-mail: lrush@mail.ru

Для цитирования

Бесполитов Д. В. Экологически безопасные композиционные материалы для обеспыливания карьерных дорог. [Электронный ресурс] / Д. В. Бесполитов, Н. А. Коновалова, П. П. Панков, Е. А. Руш // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2021. – №1. – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/111-21>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Bespolitov D.V., N.A. Konovalova, P.P. Pankov, E.A. Rush. Ekologicheski bezopasnyye kompozitsionnyye materialy dlya obespylivaniya kar'yernykh dorog [Environmentally friendly composite materials for dusting of quarry roads] *Elektronnyy resurs [Electronic resource] Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal]*, 2021, no. 1.