

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.100>

Volume 6, Number 444 (2020), 73 – 78

МРНТИ 31.01.75, 31.01.77, 31.15.27,

УДК 54.03, 54.057, 662.411.5

B. Sapargaliyeva¹, A. Naukenova², B. Alipova³¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;²M. Auezov South-Kazakh University, Shymkent, Kazakhstan;³International IT University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bonya_sh@mail.ru

PHOSPHORUM SLAG AND PHOSPHOGYPSUM AS MAN-MADE INDUSTRIAL WASTE FOR CREATION OF MODIFIED FIRE AND EXPLOSION-SUPPRESSING POWDER COMPOSITIONS

Abstract. One of the priority areas of life safety and environmental protection is the creation of modified fire and explosion-suppressing powder compositions using man-made waste from various industries. Their use makes it possible to reuse substandard (expired) fire extinguishing compositions, possibly as substances that slow down the processes of explosion and combustion of materials. Fire and explosion-suppressing powders at the end of the shelf life must be regenerated or disposed of. For the regeneration procedure, i.e. restoration of the fire-extinguishing properties of the powder, it is sent to the manufacturing plant to restore its properties and characteristics. This allows you to modify the properties of the powder and produce an improved product. At the same time, a significant contribution is made to the development of a system for the rational use of natural resources, disposal of production waste, preservation of the ecological situation in the area, as well as prevention of emergencies and emergencies at industrial dumps. Comprehensive and rational use of secondary material and raw materials and wastes of various industries should take a certain place in the raw material balance of industry and in the prevention of emergencies.

Keywords: fire and explosion-suppression powder compositions, waste from various industries, disposal of production waste, secondary and raw materials.

Introduction. This research work presents the classification of different types of reuse of raw materials used for explosion and fire. The focus is on recovery issues and different reuse ways where the used powder (or its components) at least restores the original level of performance. The thesis describes the implementation of a life cycle assessment method. In addition, various numerical and analytical software tools are used, which model the processes of creation and testing of the obtained mixtures, as MATLAB. In the future, the potential environmental benefits of the recovery of fire and explosion-suppressing powders will be investigated. The mentioned method includes several new aspects: it allows the analysis of possible trade-offs between potential impacts and energy efficiency; independently simulate some parameters that affect the reuse of the product; the method is applicable even on the early stages of the modernization process, when some technical characteristics not defined yet. The environmental impact parameters of the product life cycle stages is used as input to the assessment.

The issues of environmental protection and prevention of pollution leads to the need for the use of alternative raw materials from industrial waste for the prevention of emergencies. At the same time, millions of tons of industrial waste in the form of electrothermophosphoric slags, phosphogypsum and internal overburden have accumulated at the enterprises of the phosphorus and coal mining industry. Meanwhile such kind of industrial waste allow to solve the problem of rational use of material resources and the environmental situation in industrial regions.

Problem statement. By investigation of the composition of fire-extinguishing powders, two main tasks are solved, as consisting in the selection of the chemical and granulometric composition of the

powder and providing the highest possible fire-extinguishing ability for a class of fire. The system of fire safety of the object is established as a set of organizational measures and technical means aimed at preventing fire and reducing damage from it at the object, i.e. it is necessary to minimize the possibility of occurrence and development of fire, as well as the impact on people and property of fire hazards. In this regard, both flame retardants (including flame retardants and paints) and building materials are used to increase the fire resistance of building structures, i.e. the use of primary fire extinguishing agents, such as fire-extinguishing powders. Among other things, such powders are included in the composition for extinguishing fires of various classes in the compositions of powder extinguishers, which must have the appropriate charges: for class A-powder ABC (E); for classes B, C and (E) - BC (E) or ABC (E) and class D – D [1-4].

For effective fire extinguishing it is necessary to determine the temperature limits of flame propagation – (ignition). The ignition temperature is the temperature of the substance at which its saturated vapor forms in the oxidizing medium concentrations equal respectively to the lower (lower temperature limit) and upper (upper temperature limit) concentration limits of flame propagation. During extinguishing the flame, strong heating of the powder composition leads to its melting and transition of the solid into a liquid state, and then, when evaporating, into a gas. Melting of solids and boiling of liquids occurs at different temperatures, due to different energies of bonds between atoms and molecules of substances. These physical properties of substances are considered in the development, selection and evaluation of the effectiveness of fire extinguishing agents and materials. [5-7]

The complex task of developing the composition of fire extinguishing powders is solved with the help of optimally selected qualitative and mathematically calculated quantitative composition of components made from waste fine dusts and substandard fire extinguishing powder based on ammophos.

An active base for fire-extinguishing powders for multi purposes is known [8], containing monoammonium phosphate, ammonium sulfate and a mixture of organosilicon substances. The disadvantage of this invention is the multi-componentness of the active base and the high cost of preparing.

A powder composition for extinguishing fires of various combustible materials is also known [9]. This composition includes a hydrophobic organosilicon liquid, an additive of highly dispersed silicon dioxide and the main component, which is used as silvinit, ammophos, and as a highly dispersed silicon dioxide – white soot with a specific surface area of 100 sq.m. / h, as well as an additional aluminosilicate. The disadvantages of this powder include multi-component active base, high cost and complex technology of its production.

It is technically and economically efficient to use phosphogypsum and electrothermophosphoric slag in fire extinguishing compositions. These dusts are mainly composed of particles up to 1.0 mm in size, i.e. do not require the cost of electricity for their additional grinding. Dust-like fractions are captured by dust-gas-cleaning devices and accumulate in storage bins.

To date, there is a wide range of fire-extinguishing powders. But the intensive work continues to create new fire-extinguishing and explosion-suppressing compositions. The standard formulations used are very expensive; unused batches of expired or post-fire powder are only partially used as fertilizers. Substandard powder is mostly stored and does not find application.

According to the results of the study, we have identified the preservation of the fire-extinguishing ability of the expired powder of the P-2AP and the possibility of its use as a fire-extinguishing agent.

Based on further research, we offer fire-extinguishing powder compositions based on expired powder P-2AP and waste slag phosphorus production, located 1) in the dump DPO-Khimprom and Novo-Dzhambul Phosphorus Plant and 2) phosphogypsum of LLP "Kazphosphate". These compounds can be used to extinguish fires of smoldering materials, flammable liquids and gases. The production of the proposed compositions is possible from the waste of non-scarce domestic raw materials.

The main component of expired powder grade P-2AP is ammophos, the mass fraction of which is more than 90%. Additives in the composition of this powder are: chamotte-kaolin powder $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ with impurities of iron oxide and titanium, and Aerosil AM-1-300 or AM-1-175 (mass fraction in powders up to 2.5%).

Three samples of each type of waste were collected, averaged and dried to a constant humidity at 50 degrees Celsius in a drying cabinet. Table 1 presents the results of determining the chemical composition of fine dust waste, and Table 2 shows their granulometric composition.

Table 1 – Chemical composition of the investigated raw medium, %

Components mm	Electrochemistry slag	Phosphogypsum
SiO ₂	40	13,33
CaO	44,5	26,59
Al ₂ O ₃	3,96	0,45
MgO	2,65	
Fe ₂ O ₃	0,33	0,80
Na ₂ O	-	0,12
K ₂ O	-	0,10
P ₂ O ₅	0,89	1,15
others	0,39	16,4

Research of granulometric composition of the slag of the waste phosphorus production was carried out using a sieve and microscopic analysis. Sieve analysis of fire extinguishing powders was carried out on two grids: No. 02 (200 microns) and No. 005 (50 microns). A significant part of the powder particles has a size of less than 50 microns. A similar pattern was observed in phosphogypsum during fractional sieve analysis by standard technique (ROTAP); in electrothermophosphoric slag the predominance of fraction less than 50 microns was not detected. Microscopic analysis of the samples was performed on a scanning electron microscope JEOL with the possibility of energy-dispersive analysis.

Table 2 – Granulometric composition of the investigated raw medium, %

Dispersion, mm	Phosphogypsum	Electrothermophosphoric slag
> 2,5	-	19,7
1,6-2,5	-	13,5
1,0-1,6	0,8	12,4
0,63-1,0	2,9	8,6
0,1-0,63	18,2	32,7
0,63-0,1	4,8	13,5
0,05-0,0063	41,3	15,6
< 0,05	52,1	6,2

In order to determine the optimal compositions of mixtures based on expired powder P-2AP with industrial waste, the mathematical model MATLAB was used [10,11].

CONCLUSION. We applied statistical analysis methods to identify the dependence of fire extinguishing capacity on the percentage of expired powder and industrial waste in the mixture. Using the Least Squares Method, we considered the ranges of powder-to-industrial waste ratios:

- the first option (phosphogypsum) from 20: 80 to 30: 70
- the second option (Electrothermophosphoric slag) from 50:50 to 35:65

Combining the calculated data for the first and second variants, the dependence of the extinguishing capacity on the percentage of the mixture components was obtained.

Thus, the suitability of waste phosphorus production and fire-extinguishing powders with expired shelf life as fire and explosion suppressants was investigated; the mathematical and computer model (MATLAB) was used to obtain fire-and-explosion-suppressing powder using fire-extinguishing compositions (as the main component, the expired powder P-2AP was selected) and non-demanded pulverized waste of phosphogypsum and electrothermophosphoric slag, which provide sufficiently high operational properties of the compositions at a very low cost; the composition of fire and explosion-suppressing powder from a mixture with the following ratios was developed:

composition No. 1 - fire-extinguishing powder based on expired powder P-2AP (73-74,5%) + phosphogypsum (27-25,5%) and

composition No. 2 - fire-extinguishing powder based on expired powder P-2AP (54-57%) + electrothermophosphoric slag (46-43%).

For these compositions requires grinding 10-15% fineness of grinding raw powder.

The mathematical analysis of the MATLAB model is confirmed by the results of the compositions of the studied raw medium: expired fire-explosion powder composition + phosphogypsum and expired fire-explosion powder composition +electrothermophosphoric slag.

Analyzing the results obtained, we came to the conclusion that the use in the proposed fire extinguishing compositions as the main component of expired powder P-2AP (which retained the main operational properties – fire extinguishing ability) and non-demanded waste phosphogypsum and electrothermophosphoric slag provide sufficiently high operational properties of the compositions at a very low cost. [11]

Thus, the efficiency of the proposed fire and explosion-suppressing compositions is achieved, while making a significant contribution to the development of the system of rational use of natural resources, waste disposal, preservation of the ecological situation of the area, as well as the prevention of emergencies and emergencies at industrial dumps.

Б. Сапаргалиева¹, А. Наукенова², Б. Алипова³

¹ Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

² М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

³ Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан

**ФОСФОРЛЫ ҚОЖ ЖӘНЕ ФОСФОРЛЫ ГИПС: ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН ӨРТ
ЖӘНЕ ЖАРЫЛЫС СІңІРГІШ ҰНТАҚТЫ КОМПОЗИЦИЯ ЖАСАУҒА АРНАЛҒАН
ТЕХНОГЕНДІК ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛДЫҚТАР**

Аннотация. Тіршілік қауіпсіздігі мен қоршаған ортаны қорғаудың басым бағыттарының бірі – түрлі өндірістің техногендік қалдығын қолдану негізінде түрлендірілген өрт-жарылыс сөндіргіш ұнтақ құрамын жарату. Оларды жарамсыз (мерзімі өткен) өрт сөндіру құрамын материалдардың жарылуы мен жану үдерісін баяулататын зат ретінде қайта пайдалануға мүмкіндік беретіндіктен қолданған тиімді.

Өрт-жарылыс сөндіргіш ұнтақтар жарамдылық мерзімі аяқталғаннан кейін қалпына келтіріліп немесе жойылады. Қалпына келтіру шарасы, яғни ұнтақтың өрт сөндіру қасиеттері мен сипаттамаларын қалпына келтіру үшін өндіруші зауытқа жіберіледі. Бұл ұнтақ қасиеттерін өзгертуге және жетілдірілген өнімді шығаруға мүмкіндік береді. Бұл ретте табиғи қорды ұтымды пайдалану, өндіріс қалдықтарын жою, жергілікті жердің экологиялық жағдайын сақтау, сондай-ақ өнеркәсіптік үйінділерде төтенше және апаттық жағдайлардың алдын алу жүйесін дамытуға елеулі үлес қосылады.

Қайталама материалдық-шикізат қорлары мен түрлі өндіріс қалдықтарын кешенді және ұтымды пайдалану өнеркәсіптің шикізат теңгерімінде және төтенше жағдайды болдырмау барысында белгілі бір орын алуы тиіс. Қазіргі уақытта оларды пайдалану үлесі шикізат көлемінің 25-30% есептік көрсеткішінің шамамен 3-5% құрайды. Сол себепті индустриялық-инновациялық даму кезеңінде техногендік қалдықтарды ұтымды және кешенді пайдалану мәселелерінің практикалық маңызы зор.

Өнімді қайта пайдаланудың маңыздылығы заңнамада да, ғылыми ортада да бірнеше рет атап көрсетілгенімен, қазіргі уақытта экологиялық тұрғыдан өрт сөндіру ұнтағын бағалау мен қайта пайдаланудың кешенді және жүйелі әдістері жоқ. Сонымен қатар, ғылыми әдебиетте және заңнамада қолданылатын қайта пайдалану анықтамасы әрдайым бірдей бола бермейді. Аталған жұмыста бірнеше ұсынылған анықтамалармен қоса қайта пайдаланудың алуан түрлерін жіктеу ұсынылған. Пайдаланылған ұнтақ (немесе оның бөліктері) қалай болғанда да бастапқы өнімділік деңгейін қалпына келтіру үшін қайта пайдалану түрлері мәселесіне баса назар аударылады. Жұмыста өмірлік циклді бағалау әдісін зерттеу жолдары сипатталады. Сонымен қатар, алынған қоспаларды жасау және сынау үдерістерін модельдейтін түрлі сандық-талдамалы бағдарламалық құралдар, атап айтқанда, МАТЛАБ сияқты бағдарламалық өнімдер қолданылады. Болашақта өрт-жарылыс сөндіргіш ұнтақты қалпына келтірудің әлеуетті экологиялық пайдасы зерттеледі. Аталған әдіс бірнеше жаңа аспектілерді қамтиды. Ол ықтимал әсер мен энергия тиімділігі арасындағы ықтимал мәмілеге талдау жасауға; өнімді қайта пайдалануға әсер ететін кейбір көрсеткіштерді дербес модельдеуге мүмкіндік береді; әдіс кейбір техникалық сипаттамалар анықталмаған кезде жетілдіру үдерісінің алғашқы кезеңдерінде пайдаланылады. Өнімнің өмірлік цикл кезеңдерінің қоршаған ортаға әсері бағалаудағы кіріс көрсеткіштері ретінде қолданылады.

Түйін сөздер: өрт және жарылыс қауіпсіздігіне арналған ұнтақты құрам, түрлі өндіріс қалдығы, өндіріс қалдығын жою, қайталама материалдық-шикізат қоры.

Б. Сапаргалиева¹, А. Наукенова², Б. Алипова³

¹ Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан;

² Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

³ Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

ФОСФОРНЫЙ ШЛАК И ФОСФОГИПС: ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЖАРО- И ВЗРЫВОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. Одним из приоритетных направлений безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды является создание модифицированных пожаро-взрывоподавляющих порошковых составов с применением техногенных отходов различных производств. Их применение делает возможным повторное использование некондиционных (просроченных) огнетушащих составов возможно в качестве веществ, замедляющих процессы взрыва и горения материалов.

Пожаро-взрывоподавляющие порошки по окончании срока годности подлежат регенерации или утилизации. Для процедуры регенерации, т.е. возобновления пожаротушащих свойств порошка он отправляется на завод-производитель для восстановления его свойств и характеристик. Это позволяет модифицировать свойства порошка и выпускать усовершенствованный продукт. При этом вносится весомый вклад в развитие системы рационального использования природных ресурсов, утилизации отходов производства, сохранения экологической обстановки местности, а также предотвращения чрезвычайных и аварийных ситуаций на промышленных отвалах.

Комплексное и рациональное использование вторичных материально-сырьевых ресурсов и отходов различных производств должно занимать определенное место в сырьевом балансе промышленности и предупреждении чрезвычайных ситуаций. К настоящему времени доля их использования составляет около 3-5%, вместо расчетных показателей 25-30% от объема сырья. Поэтому в период индустриально-инновационного развития вопросы рационального и комплексного использования техногенных отходов имеют важное практическое значение.

Несмотря на то, что важность повторного использования продуктов неоднократно отмечалась как в законодательстве, так и в научных кругах, на данный момент нет комплексных и систематических методов оценки и повторного использования огнетушащих порошков с экологической точки зрения. Более того, определения повторного использования, применяемые в научной литературе и законодательстве, не всегда совпадают. В данной работе представлена классификация различных видов повторного использования, включая некоторые предлагаемые определения. Основное внимание уделяется вопросам восстановления и типам повторного использования, при которых использованный порошок (или его компоненты), по крайней мере, восстанавливает первоначальный уровень производительности. В работе описывается разработка метода оценки жизненного цикла. Помимо этого, используются различные численно-аналитические программные средства, которые помогают моделировать процессы создания и апробации полученных смесей, в частности, такие программные продукты, как МАТЛАБ. В перспективе будут исследованы потенциальные экологические выгоды восстановления пожаро-взрывоподавляющих порошков. Упомянутый метод включает в себя несколько новых аспектов: он позволяет проводить анализ возможных компромиссов между потенциальными воздействиями и энергоэффективностью; независимо моделировать некоторые параметры, которые влияют на повторное использование продукта; метод применим даже на ранних этапах процесса модернизации, когда некоторые технические характеристики, возможно, еще не были определены. Воздействие на окружающую среду этапов жизненного цикла продукта используется в качестве входных параметров для оценки.

Ключевые слова: порошковые составы для пожаро- и взрывобезопасности, отходы различных производств, утилизация отходов производства, вторичные материально-сырьевые ресурсы.

Information about authors:

Bayan Sapargaliyeva, PhD, Senior Lecturer of Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, bonya_sh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7119-2466>;

Aigul Naukenova, Candidate of technical science, Associate Professor, M.Auezov South-Kazakh University, Shymkent, Kazakhstan, n.a.s.1970@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3658-5405>;

Bakhyt Alipova, PhD in Applied Mathematics, Associate Professor, International IT University, Almaty, Kazakhstan, b.alipova@edu.iitu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0915-2759>

REFERENCES

- [1] Fennandez-Pello A. C. Micro-power generation using combustion: issues and approaches. Twenty-ninth intern. symp. on combustion, Pittsburg, 2002, V. 40, no. 5, pp. 883–899.
- [2] Sitzki, L., Borer, K., Wussow, S. Schuster, E., Maruta, K., Romney, P. and Cohen, A., “Combustion in Microscale Heat-Recirculating Burners”, 38th AIAA Space Sciences & Exhibit, Reno, NV, 2001, V. 22, no. 3, p. 1087.
- [3] Lloyd S. A. and Weinberg F. J. A burner for mixtures of very low heat content NATURE, 1974, V. 251, pp. 47–49.
- [4] Jones A. R., Lloyd S. A., and Weinberg F. J. Combustion in heat exchangers // Proc. Roy. Soc. Lond., 1978, V. A369, pp. 97–115.
- [5] Buckmaster J. D. The effects of radiation on stretched flames // Combust. Theory Modelling, 1997, no. 1 pp. 1–11.
- [6] Zamaschikov V.V., Minaev S.S. Limits of flame propagation in a narrow channel during gas filtration // Physics of Combustion and Explosion, 2001, V. 37, no. 1, pp. 25–31.
- [7] Zeldovich Ya. B. The theory of propagation of a quiet flame // Journal of Energy and Solids, 1941, V. 11, I. 1, pp. 159–168.
- [8] Authorized Copyright of USSR № 1832039, «Active basis for fire-extinguished dusts for multipurpose» Bulletin № 29. 07.03.93.7
- [9] Authorized Copyright of USSR № 1797923, «Fire-extinguished dust and way of its obtaining» Bulletin № 8. 28.02.93.
- [10] Sapargaliyeva B., Naukenova A., Alipova B., Javier Rodrigo Illari, Shapalov Sh. The analysis of heat and mass properties of the fire extinguishing powder in effectiveness criteria // News of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical sciences, 2018, ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print), V. 3, no. 4 (430), P. 51–61.
- [11] Bayan Sapargaliyeva, Aigul Naukenova, Bakhyt Alipova, Javier Rodrigo Ilarri. Flame Distribution and Attenuation in Narrow Channels Using Mathematical Software. Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J. Volume 4, Issue 3, P. 53–57, 2019, DOI: 10.25046/aj040308