

О.В. КОСТЫРКИН, Г.Н. ШАБАНОВА, С.М. ЛОГВИНКОВ, Н.С. ЦАПКО, О.А. ГАМОВА

АНАЛИЗ ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ В СИСТЕМЕ $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$

В статье произведен аналитический обзор вопроса о защите человека от вредного воздействия электромагнитного излучения. Предложена возможность получения специальных вяжущих материалов, защищающих от ЭМИ на основе системы $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$. Произведен анализ твердофазных процессов, протекающих в системе $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ с учетом всех стабильных двухфазных комбинаций. Приводится полное субсолидусное строение, а также геометро-топологическая характеристика системы и ее фаз. Обоснован выбор области системы для получения специальных вяжущих материалов с защитными свойствами от ЭМИ.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, специальный цемент, система, термодинамическая стабильность, комбинация фаз, субсолидусное строение.

У статті зроблено аналітичний огляд питання про захист людини від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання. Запропонована можливість отримання спеціальних в'язучих матеріалів, що захищають від ЕМВ на основі системи $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$. Проведено аналіз твердофазних процесів, що протікають в системі $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ з урахуванням всіх її стабільних двофазних комбінацій. Наводиться повна субсолидусна будова, а також геометро-топологічних характеристик системи та її фаз. Обґрунтовано вибір області системи для отримання спеціальних в'язучих матеріалів з захисними властивостями від ЕМВ.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, спеціальний цемент, система, термодинамічна стабільність, комбінація фаз, субсолидусна будова.

The article made an analytical overview of the issue of the protection of man from harmful effects of electromagnetic radiation. The proposed technical solution allows to obtain a protective material in a single step. The application of this method allows to reduce the energy consumption and the complexity of the process of obtaining protective materials against electromagnetic radiation. Proposed for special binders that protect from electromagnetic radiation on the basis of the system $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$. The analysis of solid-phase processes in the system $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ taking into account all its stable two-phase combinations. We have a full subsolidus structure, as well as geometric-topological characteristics of the system and its phases. The choice of the system area to obtain a special cementitious materials with protective properties from electromagnetic radiation. The study of the structure of the system $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ gives the opportunity to understand the mechanism of the processes occurring in it under various conditions, to predict the possibility of obtaining materials based on it and may be the basis for more detailed studies of multicomponent systems.

Key words: electromagnetic radiation, special cement system, thermodynamic stability, combination of phases, subsolidus structure.

Введение. Использование электромагнитной энергии в самых разнообразных областях человеческой деятельности привело к тому, что к существующему электрическому и магнитному полям Земли добавилось электромагнитное излучение (ЭМИ) искусственного происхождения. Искусственные источники ЭМИ в наше время самые разнообразные: силовая и осветительная электросеть, электрифицированный транспорт, радио, телевидение, мобильная связь, СВЧ-печи, компьютеры и т.д. Однако эти технические достижения имеют и негативное влияние на человека. Нет систем организма и органов, которые бы не были подвержены заболеваниям вследствие действия электромагнитного излучения, ведущего всегда, в конечном итоге, к преждевременному старению. Поэтому актуальной проблемой является разработка методов максимального ослабления действия электромагнитного излучения на организм человека. Одним из таких методов может быть разработка специальных вяжущих материалов с высокой поглощающей способностью к ЭМИ на основе системы $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$. Разработку специальных вяжущих материалов с высокими показателями защиты от электромагнитного излучения целесообразно начинать с изучения самой системы. Система $\text{CoO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ ранее не изучалась, имеются разрозненные сведения только лишь о бинарных системах, входящих в вышеупомянутую тройную систему. Изучение строения системы CoO-

$\text{BaO-Al}_2\text{O}_3$ даст возможность понять механизм процессов, происходящих в ней при различных условиях, спрогнозировать возможность получения материалов на ее основе, а также может стать базисом для более детальных исследований многокомпонентных систем.

Анализ литературных данных и постановка проблемы.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения может быть осуществлена следующими способами: уменьшение излучения от источника; экранирование источника излучения и рабочего места; установление санитарно-защитной зоны; поглощение или уменьшение образования зарядов статического электричества; устранение зарядов статического электричества; применение средств индивидуальной защиты.

Поглощение электромагнитных излучений осуществляется поглотительным материалом путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. В качестве такого материала применяют каучук, поролон, пенополистирол, ферромагнитный порошок со связывающим диэлектриком, волосяные маты, пропитанные графитом [1].

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154-85 "ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты" [2].

Различают отражающие и поглощающие

экраны. Первые изготавливают из материала с низким электросопротивлением – металлы и их сплавы (медь, латунь, алюминий, сталь). Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов, а именно: эластичных или жестких пенопластов, резиновых коврик, листов поролон или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных пластин.

Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет, поэтому их выполняют с помощью конструктивных приемов и введением различных поглощающих добавок в основу. В качестве основы используют каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, керамико-металлические композиции и т. д. В качестве добавок применяют сажу, активированный уголь, порошок карбонильного железа и др. Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания образующихся на них зарядов в землю [3].

Интересным решением защиты от электромагнитного излучения является применение специальной защитной краски, грунтовки и цементной смеси, которыми обрабатываются полы, стены и фасады домов.

Разработкой специальных защитных материалов от действия ЭМИ занимаются ученые всего мира, что отражено в огромном количестве патентов [4–9].

В основном такие защитные материалы изготавливают на основе композиционных материалов из порошка аморфного магнитомягкого металлического сплава Fe-Cu-Nb-Si-B или Co-Fe-Ni-Cu-Nb-Si-B с нанокристаллической структурой и полимерного связующего. Защитное действие таких композиционных материалов основано на следующем: электромагнитная волна, проникшая в глубь материала, интенсивней поглощается в нем за счет более высокой поглощающей способности нанокристаллической структуры, обладающей большей магнитной проницаемостью по сравнению с аморфной. При достижении электромагнитной волной противоположной поверхности происходит ее большее поглощение, что приводит к повышению коэффициента экранирования [7].

Процесс изготовления таких композиционных материалов достаточно сложен и трудоемок. Сначала необходимо получить наполнитель с нанокристаллической структурой, а затем равномерно распределить его в полимерной основе. Интересным техническим решением, позволяющим получить защитный материал в один этап, является его твердофазный синтез. Применение этого метода позволяет снизить энерго- и трудоемкость процесса получения защитных материалов, однако он требует предварительной теоретической подготовки, а именно: изучение субсолидного строения системы, на основе которой планируется получение вышеуказанных материалов; анализ возможных фазовых комбинаций и подбор температурного режима твердофазного спекания для получения оптимальных составов с заданными

эксплуатационными характеристиками.

Таким образом, проведенный анализ литературных данных выявил высокий интерес к проблеме разработки защитных материалов от электромагнитного излучения. Особенно актуальным является получение специальных материалов, отвечающих одновременно нескольким требованиям. Например, вязущие материалы с защитными свойствами от ЭМИ для обмазки стен комнат с высокой концентрацией электромагнитных приборов. Получение таких материалов возможно на основе систем, в состав которых входят фазы, обладающие как вязущими свойствами, так и ферромагнитными. Одной из таких систем может быть система CoO–BaO–Al₂O₃, алюминаты бария которые наряду с вязущими свойствами обладают также защитными свойствами от рентгеновского и радиационного излучения, а оксид кобальта привносит в готовый материал ферромагнитные свойства, также ослабляющие электромагнитные излучения.

Таким образом, недостаточная изученность системы CoO–BaO–Al₂O₃ вызывает исследовательский интерес собственно, к строению системы, а также к процессам, происходящим в ней в различных температурных интервалах.

Термодинамические исследования твердофазных реакций в системе CoO–BaO–Al₂O₃

Для установления сосуществующих комбинаций фаз в системе производился расчет изменений свободной энергии Гиббса (ΔG_T) соответствующих реакций с применением методов равновесной термодинамики [10].

В процессе изучения твердофазных превращений нами были смоделированы все варианты двухфазных равновесий в системе CoO–BaO–Al₂O₃. Для проведения теоретических исследований в системе CoO – BaO – Al₂O₃, целесообразно проведение термодинамического анализа протекающих процессов, что возможно только при наличии исходных термодинамических констант. В литературе нами не обнаружены все необходимые для расчета термодинамические данные для CoAl₂O₄ и BaCoO₂. В связи с этим произведен расчет исходных термодинамических величин, а именно, коэффициентов уравнения теплоемкости с использованием известных методик [11] Исходные термодинамические данные для расчетов приведены в работе [12]. Стабильность двухфазных комбинаций определяется по результатам анализа вероятности протекания обменных реакций (тем выше, чем выше отрицательное значение изменения свободной энергии Гиббса при конкретных температурах). Однако, приведение всех возможных реакций, протекающих в системе (в количестве 106 шт.), а также результатов расчета изменения свободной энергии Гиббса в температурном интервале 800–2000°C в данной статье является нецелесообразным, так как это затруднит ее восприятие. Поэтому приведены только лишь реакции типа "2=3", имеющие непосредственное влияние на разбиение системы на элементарные треугольники.

Одной из таких реакций, является реакция (1), которая может внести вклад в формирование термодинамически предпочтительной трехфазной комбинации:



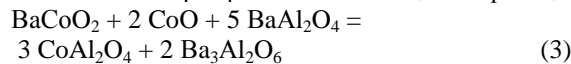
Для реакции (1) значения ΔG отрицательны во всем интервале анализируемых температур ($\Delta G_{1000\text{K}} = -170$ кДж/моль, $\Delta G_{1500\text{K}} = -194$ кДж/моль) и трехфазная комбинация имеет более высокую термодинамическую вероятность образования, чем бинарная комбинация $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ и CoO .

Обратим внимание, что только некоторые реакции, протекающие в системе, имеют конкурирующую роль для комбинации BaCoO_2 и CoAl_2O_4 . В соответствии с отрицательным значением ΔG этих реакций, более стабильны бинарные комбинации BaAl_2O_4 с CoO и $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ с CoO . Соответственно, образование BaCoO_2 в комбинации с CoAl_2O_4 менее термодинамически предпочтительно ($\Delta G_{1000\text{K}} = -10$ кДж/моль, $\Delta G_{1500\text{K}} = -65$ кДж/моль) в сравнении с трехфазной комбинацией по реакции типа «2=3»:



Проверим, может ли трехфазная комбинация по реакции (2) дестабилизироваться за счет развития реакции между как BaCoO_2 , так и CoAl_2O_4 с BaO и алюминатами бария. Только комбинация BaCoO_2 и $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ может составить конкуренцию бинарным парам и трехфазной комбинации по реакции (2). Однако, анализ значений изменения свободной энергии Гиббса для твердофазных реакций между вышеуказанными фазами показал, что комбинация BaCoO_2 и $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ не способна оказать дестабилизирующее влияние на трехфазную комбинацию по реакции (2). Из всех возможных в системе $\text{CoO} - \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ реакций, комбинации CoAl_2O_4 с алюминатами бария менее термодинамически выгодны в сравнении с комбинацией BaAl_2O_4 и CoO .

Ранее рассмотренная реакция (2), однозначно указывает на отсутствие сосуществования фаз CoAl_2O_4 и BaCoO_2 . Вместе с тем, отсутствует и возможность сосуществования фаз CoAl_2O_4 и $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ из-за более высокой термодинамической стабильности трехфазной комбинации по реакции:



Реакция (3) характеризуется положительными значениями изменения энергии Гиббса в анализируемом интервале температур: ($\Delta G_{1000\text{K}} = 54,1$ кДж/моль и $\Delta G_{1500\text{K}} = 37,5$ кДж/моль). Несосуществоемость CoAl_2O_4 и $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ по реакции (3), наряду с несосуществоемостью BaCoO_2 и CoAl_2O_4 по реакции (2), безальтернативно предусматривает триангуляцию пятивершинной области коннодами: $\text{CoAl}_2\text{O}_4 - \text{BaAl}_2\text{O}_4$, $\text{CoO} - \text{BaAl}_2\text{O}_4$ и $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6 - \text{CoO}$. Коннода $\text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6 - \text{CoO}$ стабильна в составе трехфазной комбинации, обусловливающей элементарный треугольник $\text{CoO} - \text{BaAl}_2\text{O}_4 - \text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$. Комбинация фаз BaCoO_2 и $\text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$ стабильна во всем рассматриваемом интервале температур в соответствии с положительными значениями изменения свободной энергии Гиббса, комбинации BaCoO_2 с $\text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$ и BaCoO_2 с $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ также стабильны. В связи с этим существуют конноды $\text{BaCoO}_2 - \text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$, $\text{BaCoO}_2 - \text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$, $\text{BaCoO}_2 - \text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ и геометрически однозначно определенная $\text{BaCoO}_2 - \text{Ba}_{10}\text{Al}_2\text{O}_{13}$. Триангуляция на 11 элементарных треугольников с помощью установленных коннод отвечает правилу Н.С. Курнакова и представлена на рис. 1. Геометро-топологическая характеристика системы $\text{CoO} - \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ и ее фаз представлена в табл. 1–2.

Топологический граф взаимосвязи элементарных треугольников представляет собой прямую линию.

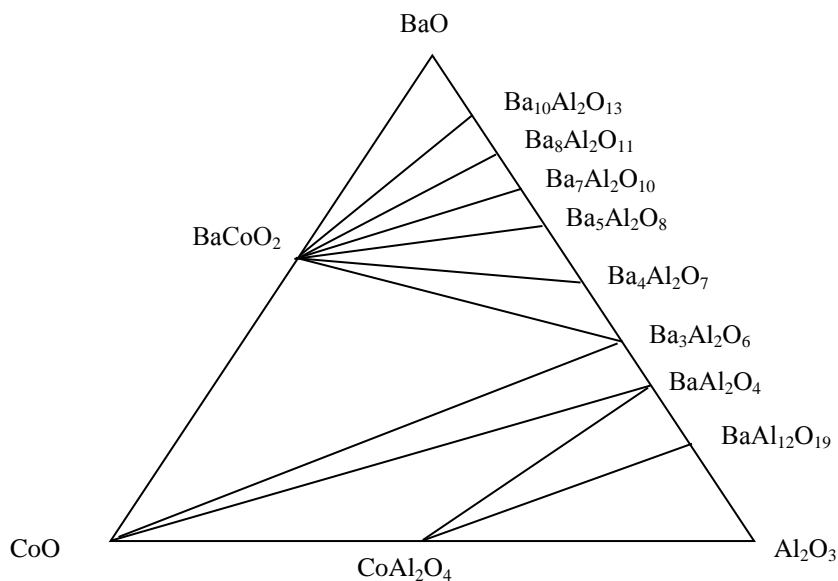


Рис. 1 – Субсолидусное строение системы $\text{CoO} - \text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$

Таблиця 1 – Площади элементарных треугольников системы CoO–BaO–Al₂O₃

№ п/п	Элементарный треугольник	Площадь%
1	BaO–BaCoO ₂ –Ba ₁₀ Al ₂ O ₁₃	0,02045
2	BaCoO ₂ –Ba ₁₀ Al ₂ O ₁₃ –Ba ₈ Al ₂ O ₁₁	0,0096
3	BaCoO ₂ –Ba ₈ Al ₂ O ₁₁ –Ba ₇ Al ₂ O ₁₀	0,00332
4	BaCoO ₂ –Ba ₇ Al ₂ O ₁₀ –Ba ₅ Al ₂ O ₈	0,01005
5	BaCoO ₂ –Ba ₅ Al ₂ O ₈ –Ba ₄ Al ₂ O ₇	0,00824
6	BaCoO ₂ –Ba ₄ Al ₂ O ₇ –Ba ₃ Al ₂ O ₆	0,01277
7	CoO–BaCoO ₂ –Ba ₃ Al ₂ O ₆	0,12158
8	CoO–Ba ₃ Al ₂ O ₆ –BaAl ₂ O ₄	0,20811
9	CoO–BaAl ₂ O ₄ –CoAl ₂ O ₄	0,30318
10	CoAl ₂ O ₄ –BaAl ₂ O ₄ –BaAl ₁₂ O ₁₉	0,13352
11	CoAl ₂ O ₄ –BaAl ₁₂ O ₁₉ –Al ₂ O ₃	0,17004
Сумма		1
Max		0,30318
Min		0,00332

Таблиця 2 – Геометро–топологическая характеристика фаз системы CoO–BaO–Al₂O₃

Соединение	В ск. треуг. суц.	Со ск. фаз-ми сосущ.	Сум. площадь существ., S, %	Вероятность существ., ω, %
BaO	1	2	0,021453	0,007151
CoO	3	3	0,63278	0,210926
Al ₂ O ₃	1	2	0,19084	0,063613
BaCoO ₂	7	8	0,43980	0,14661
CoAl ₂ O ₄	3	4	0,65894	0,219647
BaAl ₁₂ O ₁₉	2	3	0,36352	0,121173
BaAl ₂ O ₄	3	4	0,4357	0,145560
Ba ₃ Al ₂ O ₆	3	4	0,34246	0,114153
Ba ₄ Al ₂ O ₇	2	3	0,02351	0,007837
Ba ₅ Al ₂ O ₈	2	3	0,018795	0,006265
Ba ₇ Al ₂ O ₁₀	2	3	0,01535	0,005117
Ba ₈ Al ₂ O ₁₁	2	3	0,013914	0,004638
Ba ₁₀ Al ₂ O ₁₃	2	3	0,030085	0,010028
Сумма			3	1
Max			0,65894	0,219647
Min			0,013914	0,004638

Выводы

Представления о топологических различиях элементарных треугольников важны при изучении строения многокомпонентных систем, так как топологические графы упрощают, а в случае, когда число компонентов более 3, являются единственно возможным методом анализа реальной физико-химической системы.

В результате проведенных исследований установлено, что система CoO–BaO–Al₂O₃ разбивается на 11 элементарных треугольников, которые значительно отличаются между собой по геометрическим характеристикам. Максимальную

площадь имеет треугольник CoO–BaAl₂O₄–CoAl₂O₄ (0,30318), а минимальную – треугольник BaCoO₂–Ba₈Al₂O₁₁–Ba₇Al₂O₁₀ (0,003315). Наибольшая вероятность существования фаз CoO (0,210926) и CoAl₂O₄ (0,219647), наименьшая – Ba₈Al₂O₁₁ (0,004638).

Проведенные теоретические исследования позволяют определиться с выбором области оптимальной для получения вязущих материалов с высокими защитными свойствами от электромагнитного излучения. Наилучшие показатели специальных материалов возможно получить в области, ограниченной точками составов CoO–BaAl₂O₄–CoAl₂O₄, т.к. именно этот треугольник имеет наибольшую площадь и фазы с наибольшей вероятностью существования.

Список литературы:

1. Дунаев В. Н. Электромагнитные излучения и риск популяционному здоровью при использовании средств сотовой связи / В. Н. Дунаев // Гигиена и санитария. – 2007. – № 6. – с. 56–57.
2. ГОСТ 12.4.154-85. ССБТ Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры. – М.: Стандартиформ, 1985. – 27 с.
3. Кудряшов Ю. Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения / Ю. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Перов, А. Б. Рубин // Учебник для ВУЗов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 184 с.
4. Фармаковский Б. В. Пат. 2324989, Российская федерация. Композиционный материал для защиты от электромагнитного излучения / Б. В. Фармаковский. – 2006.
5. Подчайнов С. Ф. Пат. 2255866, Российская федерация. Материал для защиты от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона // С. Ф. Подчайнов. – 2004.
6. Rheiner А. Пат. 2243980, США. Композиционный материал для экранирования электромагнитного излучения и способ его получения // А. Rheiner. – 2007.
7. Горшенев В. Н. Пат. 2242487, Российская федерация. Композиционный материал для поглощения электромагнитного излучения и способ его получения // В. Н. Горшенев. – 2003.
8. Wilcox А. С. Пат. 2274914, США. Магнитный и электромагнитный экран // А. С. Wilcox. – 1940.
9. Миура Харумацу. Пат. 2324757, Япония. Нанокристаллический материал со структурой аустенитной стали, обладающий высокой твердостью, прочностью и коррозионной стойкостью, и способ его изготовления // Харумацу Миура – 2002.
10. Бобкова Н. М. Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений / Н. М. Бобкова. – Минск: Высшая школа, 1984. – 256 с.
11. Ландия Н. А. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. / Н. А. Ландия. – Тбилиси: Изд-во АН ГрузССР, 1962. – 223 с.
12. Powder Diffraction File. Inorganic Phases. Alphabetical Index (chemical & mineral names). – Pennsylvania (USA): JCPDS (Intern. Centr. Diffr. Data). – 1985.

References (transliterated)

1. Dunaev V. N. Jelektromagnitnye izlucheniya i risk populjacionnomu zdorov'ju pri ispol'zovanii sredstv sotovoj svyazi [Electromagnetic radiation and the risk of population health with the use of the cellular] *Gigiena i sanitarija*. – 2007. – no. 6. – pp. 56–57.
2. GOST 12.4.154-85. SSBT Ustrojstva jekranirujushhie dlja zashhity ot jelektricheskikh polej promyshlennoj chastoty. Obshhie tehniicheskie trebovanija, osnovnye parametry i razmery [The device shielding for protection against electric fields of industrial frequency. General technical requirements, basic parameters and dimensions]. Moscow, Standartinform, 1985. – 27 pp.

- Kudrjashov Ju. B. *Radiacionnaja biofizika: radiochastotnye i mikrovolnovye jelektromagnitnye izlucheniya* [Radiation biophysics: radio frequency and microwave electromagnetic radiation]. Moscow, FIZMATLIT, 2008. — 184 pp.
- Farmakovskij B. V. *Kompozicionnyj material dlja zashhity ot jelektromagnitnogo izlucheniya* [Composite material for protection against electromagnetic radiation]. Patent RF, no. 2324989, 2006.
- Podchajnov S.F. *Material dlja zashhity ot vozdeystvija jelektromagnitnyh polej radiochastotnogo diapazona* [Material for protection from exposure to radiofrequency electromagnetic fields]. Patent RF, no. 2255866, 2004.
- Rheiner A. *Kompozicionnyj material dlja jekranirovaniya jelektromagnitnogo izlucheniya i sposob ego polucheniya* [Composite material for shielding electromagnetic radiation and method for its production]. Patent USA. no. 2243980, 2007.
- Gorshenev V.N. *Kompozicionnyj material dlja pogloshheniya jelektromagnitnogo izlucheniya i sposob ego polucheniya* [Composite material to absorb electromagnetic radiation and method for its production]. Patent RF, no. 2242487, 2003.
- Wilcox A. C. Magnitnyj i jelektromagnitnyj jekran [Magnetic and electromagnetic screen]. Patent USA. no. 2274914, 1940.
- Miura Harumacu. *Nanokristallicheskoj material so strukturoj austenitnoj stali, obladajushhij vysokoj tverdos'ju i korrozionnoj stojkost'ju, i sposob ego izgotovlenija* [The nanocrystalline material with the structure of austenitic steel possessing high hardness, strength and corrosion resistance and method of manufacture] Patent Japan no. 2324757, 2002.
- Bobkova N. M. *Fizicheskaja himija silikatov i tugoplavkih soedinenij* [Physical chemistry of silicates and refractory compounds]. Minsk, Vysshaja shkola, 1984. — 256 pp.
- Landija N.A. *Raschet vysokotemperaturnyh teploemkostej tverdyh neorganicheskikh veshhestv po standartnoj jentropii* [Calculation of high-temperature heat capacities of solid inorganic substances by standard entropy]. Tbilisi, Izdatelstvo AN GruzSSR, 1962. — 223 pp.
- Powder Diffraction File. Inorganic Phases. Alphabetical Index (chemical & mineral names). — Pennsylvania (USA): JCPDS (Intern. Centr. Diffr. Data). — 1985.

Поступила (received) 05.06.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз твердофазних реакцій в системі CoO – BaO – Al₂O₃ / О.В. Костиркін, Г.М. Шабанова, С.М. Логвінков, Н.С. Цапко, О.О. Гамова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 101-106. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0821.

Анализ твердофазных реакций в системе CoO – BaO – Al₂O₃ / О.В. Костыркин, Г.Н. Шабанова, С.М. Логвинков, Н.С. Цапко, О.А. Гамова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 101-106. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0821.

Analysis of solid-state reactions in the system CoO – BaO – Al₂O₃ / O. V. Kostyrkin, G. N. Shabanova, S. M. Logvinov, N. S. Tsapko, O.A. Gamova // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Chemistry, chemical technology and environment. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016.– № 22 (1194)– P. 101-106. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Костиркін Олег Володимирович - кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри "Охорона праці та навколишнього середовища", тел. +38(057) 730-10-57; e-mail: olegvladkostyrkin@gmail.com

Костыркин Олег Владимирович - кандидат технических наук, доцент, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, доцент кафедры "Охрана труда и окружающей среды", тел. +38(057) 730-10-57; e-mail: olegvladkostyrkin@gmail.com

Kostyrkin Oleg Vladimirovich - candidate of technical Sciences, associate Professor, Ukrainian state University of railway transport, associate Professor of Department "labour Protection and environment" tel: +38(057) 730-10-57; e-mail: olegvladkostyrkin@gmail.com

Шабанова Галина Миколаївна – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», головний науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел. +38(057) 707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Шабанова Галина Николаевна – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», главный научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел. +38(057) 707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Shabanov Galina Nikolaevna – doctor of technical Sciences, Professor, National technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", senior researcher of the Department of technology of ceramics, refractories, glass and enamels; tel. +38(057) 707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net

Логвінков Сергій Михайлович – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет імені Семена Кузнеця, завідувач кафедрою технології, екології та охорони життєдіяльності; тел. +38(057) 758-77-08; e-mail: tebgd@hneu.edu.ua

Логвинков Сергій Михайлович – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет имени Семена Кузнеця, заведующий кафедрой технологии, экологии и охраны жизнедеятельности; тел. +38(057) 758-77-08; e-mail: tebgd@hneu.edu.ua

Logvinkov Sergey Mikhaylovich – doctor of technical Sciences, Professor, Kharkiv national University named Semyon Kuznets, head of Department of technology, ecology and protection of life; tel. +38(057) 758-77-08; e-mail: tebgd@hneu.edu.ua

Цапко Наталія Сергіївна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет імені Семе́на Кузне́ца, доцент кафедри природничих наук и технології; тел.: +38(067)4220817; e-mail: tsapkonatali@gmail.com

Цапко Наталия Сергеевна – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный университет имени Семе́на Кузне́ца, доцент кафедры естественных наук и технологии; тел.: +38(067)4220817; e-mail: tsapkonatali@gmail.com

Tsapko Natalia Sergeevna – candidate of technical Sciences, associate Professor, Kharkiv national University named Semyon Kuznets, associate Professor of natural Sciences and technology; tel: +38(067)4220817; e-mail: tsapkonatali@gmail.com

Гамова Ольга Олександрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; тел.: (057) 707-60-51; e-mail: gamova@i.ua

Гамова Ольга Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант; тел.: (057) 707-60-51; e-mail: : gamova@i.ua

Gamova Olga – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", graduate student; tel.: (057) 707-60-51; e-mail: gamova@i.ua