

УДК 666.946

Г.Н. ШАБАНОВА

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ БАРИЙСОДЕРЖАЩИХ РАДИАЦИОННОСТОЙКИХ ЦЕМЕНТОВ

Створено теоретичні основи отримання нового класу барійвмісних поліфункціональних цементів у системі $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, які базуються на основи фундаментальних законів термодинаміки стосовно фазових рівноваг багатоконпонентної оксидної системи $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ у субсолидусній області. З урахуванням встановлених закономірностей сформульовано основні принципи одержання барійвмісних цементів нового класу поліфункціонального призначення з комплексом заданих експлуатаційних характеристик, що синтезуються в умовах різкого та повільного охолодження, детермінованих можливостями оборотності термодинамічної рівноваги в твердофазних реакціях системи $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

Ключові слова: барійвмісні цементи, чотириконтонентна система, фазові рівноваги, термодинаміка, фазоутворення, тверднення, експлуатаційні характеристики, бетон.

Созданы теоретические основы получения нового класса барийсодержащих полифункциональных цементов в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, которые базируются на основе фундаментальных законов термодинамики в приложении к фазовым равновесиям многокомпонентной оксидной системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ в субсолидусной области. С учетом установленных закономерностей сформулированы основные принципы получения барийсодержащих цементов нового класса полифункционального назначения с комплексом заданных эксплуатационных характеристик, синтезирующихся в условиях резкого и медленного охлаждения, детерминированных возможностями обратимости термодинамического равновесия в твердофазных реакциях системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

Ключевые слова: барийсодержащие цементы, четырехкомпонентная система, фазовые равновесия, термодинамика, фазообразование, твердение, эксплуатационные характеристики, бетон.

Theoretical bases of reception of a new class barium-containing polyfunctional cements in system $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ which are based on a basis of fundamental laws of thermodynamics in the appendix to phase balance in multicomponent oxides systems $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ in subsolidus areas are created. Taking into account the established laws main principles of reception barium-containing cements of a new class of polyfunctional purposes with a complex of the set operational characteristics synthesized in the conditions of sharp and slow cooling, determined by possibilities of convertibility of thermodynamic balance in solid-phase system $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ reactions are formulated. The features of phase formation mechanism, defined by the reaction rate and the activation energy of the process of barium-containing cement the new class. Experimentally established process parameters produce cement. Designed rational compositions and defined physical, mechanical, thermal, physical and technical properties of barium-containing cement. The features of the mechanism and the products of hydration of cement investigated. Designed concrete on the basis of the new class of cement, selected the type and the proportion of fractions of aggregate, forming method; defined physical, mechanical, thermal and physical-technical properties of concrete. The possibility of using the materials developed in the leading industries of Ukraine.

Keywords: barium-containing cements, quaternary system, solid-phase balance, thermodynamic, phase-formation, hardening, exploitation characteristics, concrete.

Введение. Внедрение новых технологий в промышленность атомной, химической, металлургической, нефте- и газодобывающей отраслей промышленности требует новых материаловедческих решений в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов с комплексом заданных эксплуатационных характеристик полифункционального назначения. Решение указанной задачи можно осуществить только путем создания теоретической концепции получения вяжущих материалов нового класса, которая базируется на прогнозировании необходимых комбинаций фаз с учетом фундаментальных законов термодинамики в приложении к фазовым равновесиям многокомпонентных оксидных систем в субсолидусной области.

Результаты проведенного анализа современной литературы позволили сделать вывод о том, что вяжущие материалы, применяемые в настоящее время в бетонах, набивных и торкрет-массах в различных агрегатах при одновременном воздействии высоких температур, агрессивных сред и излучений (в частности гамма-излучений), не отвечают требованиям, предъявляемым к современным материалам.

В связи с вышеуказанным поставленные вопросы можно решить лишь путем разработки теоретической концепции создания нового класса вяжущих полифункциональных материалов на основе композиций многокомпонентных систем. С этой точки зрения представляет интерес четырехкомпонентная система $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и установление в ней стабильных комбинации фаз, что и позволяет получать эффективные барийсодержащие вяжущие материалы нового класса с комплексом заданных свойств.

Целью данной работы является создание теоретической концепции прогнозирования сосуществования заданных фаз в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и получение на их основе нового класса специальных барийсодержащих цементов полифункционального назначения заданного фазового состава с высокими эксплуатационными характеристиками.

Проведенный анализ современной литературы показал, что в последние годы материаловеды очень мало внимания уделяют исследованиям субсолидусного строения различных многокомпонентных систем, особенно, оксидных барийсодержащих. В литературе представлены данные результатов исследований субсолидусного

строения бинарных барийсодержащих систем, таких как $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{BaO} - \text{SiO}_2$, $\text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ [1 – 6], а также трехкомпонентных систем, таких как $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и $\text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ [7 – 11], которые легли в основу исследований субсолидусного строения четырехкомпонентной системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

Результаты и их обсуждение. Для установления субсолидусного строения четырехкомпонентной системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ с привлечением термодинамических, физико-химических, геометро-топологических методов анализа проведены теоретические исследования субсолидусного строения четырехкомпонентной системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. Для проведения термодинамических исследований сформирована термодинамическая база данных [12]. При исследовании системы были учтены 27 стабильных фаз (22 бинарных и 5 тройных) и установлено, что при температуре 1108 °С в системе происходит перестройка коннод, что приводит к изменению субсолидусного строения исследуемой системы. Проведенные исследования позволили произвести тетраэдрацию системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ в низкотемпературной и высокотемпературной областях, построить геометро-топологические графы взаимосвязи элементарных тетраэдров и представить топологическую характеристику фаз системы [12, 13].

Определены принципы регулирования фазового состава материалов, синтезирующихся в условиях резкого и медленного охлаждения, предопределяемых возможностями обратимого термодинамического равновесия в проанализированных твердофазных реакциях, протекающих в системе.

Выявлено, что при целенаправленном синтезе барийсодержащих цементов заданного фазового состава, принадлежащих элементарным тетраэдрам системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ с высокой степенью асимметрии, а также концентрационным областям этой системы с изменяемой тетраэдрацией в результате обратимости твердофазных реакций, необходимо обеспечить высокую точность дозировки исходных сырьевых компонентов.

Результаты исследований субсолидусного строения четырехкомпонентной системы позволили выявить оптимальные области с технологической точки зрения для получения новых барийсодержащих цементов полифункционального назначения: $\text{BaAl}_2\text{O}_4 - \text{Ba}_2\text{SiO}_4$, $\text{BaAl}_2\text{O}_4 - \text{BaFe}_2\text{O}_4 - \text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, $\text{Ba}_2\text{SiO}_4 - \text{BaFe}_2\text{O}_4 - \text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, $\text{BaAl}_2\text{O}_4 - \text{Ba}_2\text{SiO}_4 - \text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$.

Проведены кинетические исследования твердофазного синтеза барийсодержащих клинкеров различного состава на основе композиций системы $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и ее псевдотройных подсистемах, установлены кинетические закономерности и особенности протекания твердофазных процессов, определены скорости реакций фазообразования барийсодержащих цементов нового класса и энергия активации процессов. Установлено, что процессы фазообразования в

барийсодержащих системах происходят за счет реакций в твердой фазе и удовлетворительно описываются уравнением Гинстлинга – Броунштейна. Зависимость скорости реакции фазообразования от температуры при синтезе барийсодержащих цементов нового класса в интервале температур 900 – 1400 °С является линейной, что свидетельствует о преобладании диффузионных процессов, а не химического взаимодействия сырьевых компонентов. Выявлено, что для барийжелезосодержащих клинкеров в интервале температур 1000 – 1100 °С наблюдается заметное снижение скорости фазообразования, что обусловлено ингибированием реакций синтеза активной диссоциацией углекислого бария, так как присутствие в сырьевой смеси оксида железа снижает температуру начала его разложения на 150 – 200 °С, согласно эффекту Ходвалла. Для клинкеров, не содержащих оксид железа, снижение скорости процессов фазообразования наблюдается при более высокой температуре – 1300 °С [14 – 18]. Проведенные кинетические исследования синтеза клинкеров нового класса барийсодержащих цементов позволили установить оптимальные технологические параметры получения таких цементов с высокими физико-механическими характеристиками.

Исследованы особенности механизма твердения и процессов гидратации барийсодержащих цементов нового класса. Выявлено, что взаимодействие с водой разработанных вяжущих материалов начинается практически мгновенно после их затворения и протекает аналогично суммарному процессу реакций гидратации отдельных фаз, входящих в состав клинкера заданного состава. В связи с этим в процессе твердения имеет место как сквозьрастворный, так и топохимический механизмы. Установлено, что при взаимодействии барийсодержащих цементов нового класса с водой, в первую очередь, образуется значительное количество изотропной гелевидной массы, из которой выкристаллизовываются метастабильные высокоосновные новообразования – гидроалюминаты, гидросиликаты и гидроферриты бария, которые при продолжительных процессах твердения снижают основность раствора с выделением гидроксидов железа, алюминия и бария, образуя сложный конгломерат гидратных новообразований как в коллоидном, криптокристаллическом, так и кристаллическом состоянии, что и приводит к образованию высокопрочного цементного камня [19, 20].

Разработанные барийсодержащие цементы нового класса полифункционального назначения относятся к гидравлическим или воздушным вяжущим (в зависимости от фазового состава), являются быстрохватывающимися (начало схватывания от 25 мин до 1 ч, конец схватывания от 1 ч до 2 ч), с низким водоцементным отношением (0,16–0,24), быстротвердеющими (в возрасте 1 суток твердения предел прочности при сжатии составляет 30–50 МПа), высокопрочными материалами (предел прочности при сжатии к 28 суткам твердения достигает 60–80 МПа) с высоким коэффициентом

массового поглощения гамма-лучей (240–290 см²/г), незначительной степенью разупрочнения в интервале температур 100–1000 °С (15 %), коэффициентом ослабления гамма-лучей 0,712–0,959 см⁻¹, что в 1,5–2 раза выше, чем у кальцийсодержащих цементов, температурой службы 1200–1800 °С, коррозионностойкими вяжущими.

На основе разработанных цементов получены составы радиационноустойчивых бетонов с высокими физико-, термомеханическими и защитными показателями. В зависимости от фазового состава цементов разработанные материалы имеют следующие показатели: объемная масса – 4400–4700 кг/м³, предел прочности при сжатии в возрасте 7 суток твердения – 50–80 МПа, пористость – 18–19 %, ТКЛР – (7,0–8,0) 10⁻⁶ град⁻¹, термостойкость – более 20 теплосмен, коэффициент пропускания тормозного облучения – 0,4–0,5, разупрочнение в интервале температур 100–1000 °С – 13,0–15,0 %, температура службы – 1200–1800 °С. Ресурс службы разработанных барийсодержащих цементов нового класса и бетонов на их основе с точки зрения службы их как радиационноустойчивых материалов составляет более 100 лет.

Разработанные барийсодержащие полифункциональные цементы нового класса с высокими эксплуатационными показателями могут найти свое применение в радиационноустойчивых бетонах в качестве защитных конструктивных материалов в условиях одновременного воздействия высоких температур (до 1800 °С) и гамма-излучения для обеспечения защиты и стабильности функционирования сложных технологических систем; в составе огнеупорных бетонов, торкрет- и набивных массах для футеровок теплонапряженных участков высокотемпературных агрегатов, коррозионностойкой футеровки магниевых электролизеров, связки при изготовлении ферритмагнитной керамики сложной конфигурации, цементирования нефтяных и газовых скважин.

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны теоретические основы получения специальных барийсодержащих цементов в системе BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂, которые базируются на основе фундаментальных законов термодинамики в приложении к фазовым равновесиям многокомпонентной оксидной системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ в субсолидусной области. С учетом установленных закономерностей сформулированы основные принципы получения барийсодержащих цементов нового класса полифункционального назначения с комплексом заданных эксплуатационных характеристик, синтезирующихся в условиях резкого и медленного охлаждения, детерминированных возможностями обратимости термодинамического равновесия в твердофазных реакциях системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂. Доказано, что прогнозируемый состав барийсодержащих клинкеров с достаточной достоверностью отвечает количественному и качественному соотношению фаз в реальных

клинкерах, что делает возможным целенаправленным синтезом получать специальные барийсодержащие цементы строго заданного фазового состава.

Список литературы

1. Escola P. Phase Diagram of the system BaO – SiO₂ / P. Escola // Amer. Journ. Sci. – 1962. – No 4. – P. 131–134.
2. Goto G. Phase diagram of the system BaO – Fe₂O₃ / G. Goto, T. Takada // J. Amer. Ceram. Soc. – 1960. – Vol. 43, No 3. – P. 150–153.
3. Pouillard G. The binary system barium oxide – iron (III) oxide (BaO – Fe₂O₃): phase diagram and thermodynamic properties / G. Pouillard, M. Alam // J. Chem. Research. – 1981. – No 15. – P. 18.
4. Шипко М.Н. О структуре фаз в системе BaO – Fe₂O₃ / Шипко М.Н., Летюк Л.М., Аксельрод Н.Л. // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1990. – Т. 26, № 12. – С. 2551–2555.
5. Mateiko D. Research barium aluminate in system BaO – Al₂O₃ / D. Mateiko, H.K. Lauden // J. Cryst. Growth. – 1994. – Vol. 46, No 1. – P. 28–31.
6. Вьлков В. Исследование кинетика на получаването бариевите алуминат / В. Вьлков, Х. Бояджиева // Строителни материали и силикатна промышленность. – 1973. – Т. 14, № 7. – С. 3–4.
7. Шабанова Г.Н. Строение системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ / Г.Н. Шабанова, С.Н. Быканов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2002. – № 7-8. – С. 21–24.
8. Шабанова Г.Н. Термодинамическая оценка взаимных реакций в системе BaO – Al₂O₃ – SiO₂ / Шабанова Г.Н., Казмина Н.В., Быканов С.Н. // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 33. – С. 29–32.
9. Строение системы BaO – Al₂O₃ – SiO₂ / [Шабанова Г.Н., Тараненкова В.В., Корогодская А.Н., Христин Е.В.] // Стекло и керамика. – 2003. – № 2. – С. 12–15.
10. Шабанова Г.Н. К вопросу о существовании тройного соединения Ba₂AlFeO₅ в системе BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ / Шабанова Г.Н., Тараненкова В.В., Быканов С.Н. // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 1. – С. 60–63.
11. Шабанова Г.Н. Исследование строения системы BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ / Г.Н. Шабанова, И.В. Гуренко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2002. – № 9, ч. 2. – С. 27–31.
12. Шабанова Г.Н. Особенности субсолидусного строения системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂. Ч. 1. Субсолидусное строение системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ в области температур выше 1381 К / Г.Н. Шабанова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2003. – № 5. – С. 12–18.
13. Шабанова Г.Н. Особенности субсолидусного строения системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂. Ч. 2. Субсолидусное строение системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ в области температур ниже 1381 К / Г.Н. Шабанова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2003. – № 8. – С. 12–17.
14. Шабанова Г.Н. Механизм фазообразования огнеупорных барийсодержащих цементов на основе композиций системы BaO – Al₂O₃ – SiO₂ / Г.Н. Шабанова, О.В. Булычева, Е.В. Христин // Зб. наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного». – Харків: Каравела. – 2002. – № 102. – С. 85–90.
15. Особенности процессов фазообразования клинкера на основе алюминатов и ферритов бария системы BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ / [Шабанова Г.Н., Миргород О.В., Быканов С.Н., Романова В.В.] // Вопросы химии и химической технологии. – 2003. – № 5. – С. 67–70.
16. Шабанова Г.Н. Исследование реакций фазообразования в системе BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ / Г.Н. Шабанова, И.В. Гуренко // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – Вып. 123. – С. 40–44.
17. Шабанова Г.Н. Кинетика фазообразования железосодержащего алюмобариевого цемента / Г.Н. Шабанова // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 18. – С. 118–122.
18. Шабанова Г.Н. Прогнозирование процессов фазообразования в системе BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ / Г.Н. Шабанова // Сб. научных трудов Харьковского государственного

- политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 6, ч. 3. – С. 215–218.
19. Шабанова Г.Н. Исследование механизма твердения и продуктов гидратации барийсодержащих цементов / Г.Н. Шабанова // Вопросы химии и химической технологии. – 2003. – № 1. – С. 51–57.
 20. Исследование продуктов твердения специальных цементов / [Г.Н. Шабанова, И.В. Гуренко, С.Н. Быканов, Н.В. Казмина] // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 18. – С. 52–55.
- References (transliterated)**
1. Escola P. Phase Diagram of the system BaO – SiO₂. *Amer. Journ. Sci.* 1962, no 4, pp. 131–134.
 2. Goto G., Takada T. Phase diagram of the system BaO – Fe₂O₃. *J. Amer. Ceram. Soc.* 1960, vol. 43, no 3, pp. 150–153.
 3. Pouillard G., Alam M. The binary system barium oxide – iron (III) oxide (BaO – Fe₂O₃): phase diagram and thermodynamic properties. *J. Chem. Research.* 1981, no 15, p. 18.
 4. Shipko M.N., Letjuk L.M., Aksel'rod N.L. O strukture faz v sisteme BaO – Fe₂O₃ [On the phases structure in the BaO – Fe₂O₃ system]. *Izvestija AN SSSR. Neorganicheskie materialy.* 1990, is. 26, no 12, pp. 2551–2555.
 5. Mateiko D., Lauden H.K. Research barium aluminate in system BaO – Al₂O₃. *J. Cryst. Growth.* 1994, vol. 46, no 1, pp. 28–31.
 6. Вылков В., Бояджиева Х. Исследование кинетики на получаването бариевие алуминат. *Строителни материали и силикатна промишленост.* 1973, т. 14, № 7, сс. 3–4.
 7. Shabanova G.N., Bykanov S.N. The system BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃. *Refractories and Industrial Ceramics.* 2002, vol. 43, is 7–8, pp. 247–250.
 8. Shabanova G.N., Kazmina N.V., Bykanov S.N. Termodinamicheskaia ochenka vzaimnykh reakcij v sisteme BaO – Al₂O₃ – SiO₂. *Vestnik Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University]. 1999, is. 33, pp. 29–32.
 9. Shabanova G.N., Taranenkova V.V., Korogodskaya A.N., Khristich E.V. Structure of the BaO – Al₂O₃ – SiO₂ System. *Glass and Ceramics.* 2003, vol.60, is. 1–2, pp 43–46.
 10. Shabanova G.N., Taranenkova V.V., Bykanov S.N. K voprosu o sushhestvovanii trojnogo soedinenija Ba₂AlFeO₅ v sisteme BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ [On the question of the existence of the ternary compound Ba₂AlFeO₅ in the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ system]. *Voprosy himii i himicheskoi tehnologii* [Issues of chemistry and chemical technology]. 2002, no 1, pp. 60–63.
 11. Shabanova G.N., Gurenko I.V. Issledovanie stroenija sistemy BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ [Research of the BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ system structure]. *Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «KhPI»* [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. 2002, no 9, is. 2, pp. 27–31.
 12. Shabanova G.N. Specific Features of the Subsolidus Structure of the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ System. Part 1. Subsolidus Structure of the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ System at Temperatures Above 1381 K. *Refractories and Industrial Ceramics.* 2003, vol. 44, is. 4, pp. 254–259.
 13. Shabanova G.N. Specific Features of the Subsolidus Structure of the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ System. Part 2. Subsolidus Structure of the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ System at Temperatures Below 1381 K. *Refractories and Industrial Ceramics.* 2004, vol. 45, is. 1, pp. 25–30.
 14. Shabanova G.N., Bulycheva O.V., Hristich E.V. Mehanizm fazoobrazovanija ognepurnykh barijsoderzhashhih cementov na osnove kompozicij sistemy BaO – Al₂O₃ – SiO₂ [The mechanism of phase-formation of refractory barium-containing cement-based compositions in BaO – Al₂O₃ – SiO₂ system]. *Zb. naukovih prac' VAT «UkrNDIVognetriviv im. A.S. Berezhnogo»* [Coll. of Scientific Proceedings of OJSC «The UkrRI of Refractories named after A.S. Berezhnogo». 2002, no 102, pp.85–90.
 15. Shabanova G.N., Mirgorod O.V., Bykanov S.N., Romanova V.V. Osobnostiia processov fazoobrazovanija klinkera na osnove aljuminatov i ferritov barija sistemy BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ [Features clinker phase-formation processes based on barium aluminates and ferrites in BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ system]. *Voprosy himii i himicheskoi tehnologii* [Issues of chemistry and chemical technology]. 2003, no 5, pp. 67–70.
 16. Shabanova G.N., Gurenko I.V. Issledovanie reakcij fazoobrazovanija v sisteme BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ [Investigation of phase-formation reactions in the BaO – Fe₂O₃ – SiO₂ system]. *Vestnik Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University]. 2000, is. 123, pp. 40–44.
 17. Shabanova G.N. Kinetika fazoobrazovanija zhelezosoderzhashhego aljumboarievogo cementa [The kinetics of of iron-containing barium alumina cement phase-formation]. *Vestnik Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University]. 1998, is. 18, pp. 118–122.
 18. Shabanova G.N. Prognozirovanie processov fazoobrazovanija v sisteme BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ [Prediction of phase-formation processes in the BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ – SiO₂ system]. *Vestnik Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University]. 1998, is. 6, p. 2, pp. 215–218.
 19. Shabanova G.N. Issledovanie mehanizma tverdenija i produktov gidratatsii barijsoderzhashhih cementov [Investigation of the hardening mechanism and hydration products of barium-containing cements]. *Voprosy himii i himicheskoi tehnologii* [Issues of chemistry and chemical technology]. 2003, no 1, pp. 51–57.
 20. Shabanova G.N., Gurenko I.V., Bykanov S.N., Kazmina N.V. Issledovanie produktov tverdenija special'nyh cementov [Research of the hardening products of special cements]. *Vestnik Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov State Polytechnic University]. 1998, is. 18, pp. 52–55.

Поступила (received) 30.05.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Фізико-хімічні основи створення барійвмісних радіаційностійких цементів / Г.М. Шабанова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 234-238. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2079-0821.

Физико-химические основы создания барийсодержащих радиационностойких цементов / Г.Н. Шабанова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 234-238. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2079-0821..

Physical and chemical bases of barium-containing radiation-resistant cements obtaining / G.N. Shabanova // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Chemistry, chemical technology and environment. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. - № 22. – P.234-238. – Bibliogr.: 9. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

Shabanova Galina Nikolaevna – Doctor of Technical Sciences (Sci. D.), Full Professor, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Chief Researcher, Department of Ceramics, Refractories, Glass and Enamels Technology; tel.: (057) 707-60-51; e-mail: gala-shabanova@ukr.net