

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТОВ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО ВЯЖУЩИМ, КЕРАМИКЕ, СТЕКЛУ И ЭМАЛЯМ

Том 24, № 3

Июль – Сентябрь, 2017

Статья 1

Шеховцов В. В., Волокитин О. Г.

Технология получения микросфер различной структуры на основе золошлаковых отходов плазменным методом

Шеховцов В. В., аспирант, *Волокитин О. Г.* (volokitin_oleg@mail.ru), канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет

Ключевые слова: золошлаковые отходы, микросферы, электроплазменный стенд

Аннотация

В данной работе рассмотрена возможность получения микросфер различной структуры на основе золошлаковых отходов ГРЭС-1 (г. Экибастуз, Казахстан) с использованием низкотемпературной плазмы. Разработан электроплазменный стенд для получения микросфер и определены оптимальные режимы термического воздействия на агломерированные порошки на основе золошлаковых отходов. Полученные микросферы характеризуются низкой объемной плотностью (плотные 1,1–1,2 г/см³, полые 0,3–0,4 г/см³) и их диаметром (плотные 30–70 мкм, полые 20–90 мкм). Более мелкие частицы в основном прозрачные, в то время как более крупные частицы непрозрачные и имеют различные оттенки.

Литература

1. Получение композиционных полимерных микросфер с наночастицами оксида цинка на поверхности / Н. И. Прокопов, И. А. Грицков, Н. С. Серхачева [и др.] // Журнал «Пластические массы». – 2013. – № 12. – С. 27–32.
2. Атрощенко Г. Н., Сигаев В. Н. Получение стеклянных микросфер в системе $Y_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ для нужд радиотерапии // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – Т. 24, № 6 (111). – С. 44–47.
3. Современные методы получения полых металлических микросфер / М. А. Петров, Ю. Л. Баст, П. А. Петров [и др.] // Известия Московского государственного технического университета «МАМИ», 2012. – № 2 (14). – С. 144–150.
4. Делицын Л. М., Власов А. С. Необходимость новых подходов к использованию золы угольных ТЭС // Теплоэнергетика. – 2010. – № 4. – С. 49–55.
5. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Н. И. Ватин, Д. В. Петросов, А. И. Калачев [и др.] // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С. 16–21.
6. Min'ko N. I., Bessmertnyi V. S., Dyumina P. S. Use of Alternative Energy Sources in the Technology of Glass and Glass Ceramic Materials // Glass and Ceramics. – 2002. – Vol. 59, no. 3. – P. 77–79.
7. Проблемы комплексной переработки золошлаковых отходов и синтеза на их основе силикатных материалов строительного назначения / Н. Н. Ефимов, Е. А. Яценко, В. И. Паршуков [и др.] // Техника и технология силикатов. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 17–21.
8. Evolution of liquid-drop aerosol cloud in the atmosphere / V. A. Arkhipov, E. A. Kozlov, I. K. Zharova [et al.] // Arabian Journal of Geosciences. Special Issue. – 2016. – Vol. 9, no. 2. – P. 1–10.
9. Горшков В. С., Савельев В. Г., Федоров Н. Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
10. Физико-химические процессы получения зольных микросфер с использованием низкотемпературной плазмы / Г. Г. Волокитин, В. В. Шеховцов, Н. К. Скрипникова [и др.] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 3. – С. 139–145.
11. Анализ процессов традиционного и плазменного плавления золы ТЭС / О. Г. Волокитин, В. И. Верещагин, Г. Г. Волокитин [и др.] // Техника и технология силикатов. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 2–6.
12. Phase mineral and chemical composition of coal fly ashes as a basis for their multicomponent utilization. 1. Characterization of feed coals and fly ashes / S. V. Vassilev, R. Menendez, M. Diaz-Somoano [et al.] // Fuel. – 2003. – Vol. 82, no. 14. – P. 1793–1811.

Статья 2

Кошелев Ю. И., Бубненко И. А., Швецов А. А., Бардин Н. Г., Сорокин О. Ю., Макаров Н. А.

Силицированный графит: физико-химические основы получения и перспективы развития. Часть 2. Влияние структурных особенностей углеродных материалов на степень их взаимодействия с кремнием

Кошелев Ю. И., д-р техн. наук, *Бубненко И. А.* (i.bubenkov@mail.ru), д-р техн. наук, *Швецов А. А.*, инженер, *Бардин Н. Г.*, инженер, АО «НИИГрафит», г. Москва; *Сорокин О. Ю.*, канд. техн. наук, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», г. Москва; *Макаров Н. А.*, д-р техн. наук, проф., РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Ключевые слова: графитация, структурные составляющие, микротекстурный параметр, призматическая плоскость, базисная плоскость

Аннотация

Показано, что характеристики углеродных материалов в значительной степени влияют на степень их взаимодействия с расплавом кремния. Степень графитации, оценивающая полноту процесса графитации и совершенства графитированных материалов, является необходимым, но недостаточным условием оценки реакционной способности углеродных материалов по отношению к кремнию. В статье также обсуждаются другие структурные характеристики углеродных материалов, позволяющие проводить отбор наиболее оптимальных углеродных материалов для изготовления на их основе силицированного графита.

Литература

1. Федоров В. В., Шаршоров М. Х., Хакимова Д. К. Строение углеродных материалов на различных уровнях организации / под ред. Н. А. Сперанской // Углерод и его взаимодействие с металлами. – М.: Metallurgy, 1978. – С. 20–21.
2. Beguin F., Frackowiak E. Carbon for electrochemical energy storage and conversion systems / ed. by F. Beguin, E. Frackowiak. – Boca Raton: CRC Press, 2010. – 532 p.
3. Лаптев А. И., Ермолаев А. А. Сверхтвердые материалы. Особенности структуры углеграфитовых материалов и основы термодинамики их превращения в алмаз: учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Учеба, 2007. – 54 с.
4. The combined effect of porosity and reactivity of the carbon preforms on the properties of SiC produced by reactive infiltration with liquid Si / N. R. Calderon, M. Martinez-Escandell, J. Narciso [et al.] // Carbon. – 2009. – № 47. – P. 2200–2210.
5. Карбидообразование в присутствии углеродных наполнителей с различными свойствами / К. В. Бауэр, С. А. Нонишнева, С. А. Подкопаев [и др.] // Керамика и композиционные материалы: тез. докл. V Всероссийск. конф., 20–27 июня 2004 г. – Сыктывкар. – 2004. – С. 38–39.
6. Влияние свойств исходного сырья на силицируемость искусственного графита. Карбид кремния / И. Ф. Сухоруков, А. М. Павловский, О. Н. Тиняков [и др.]; под ред. И. Н. Францевича. – Киев: Наукова Думка, 1966. – С. 147–150.
7. Изучение процесса эрозии углеродных волокон различного типа расплавом кремния / А. А. Галигузов, А. М. Кенигфест, А. П. Малахо [и др.] // Химические волокна. – 2012. – № 2. – С. 28–31.
8. Сапронов Р. Л., Мех В. А., Румянцев В. И. Исследование процесса взаимодействия волокнистых и порошкообразных углеродных материалов с расплавом кремния // Физика и химия стекла. – 2011. – № 5. – С. 770–788.
9. Effect of coke calcination temperature on the processing of reaction bonded silicon carbide / R. Silva, C. Rocha, 2010. – pp. 9–14.
10. Нагорный В. Г. Расчет энергии межслоевого взаимодействия углерода методом атом–атомного потенциала // Конструкционные углеродные материалы: сб. науч. трудов. – М.: Metallurgy, 1985. – С. 68–71.
11. Нагорный В. Г., Шевенкова Н. В. Способ разделения линий отражения углеродных материалов на отдельные составляющие // Исследования в области углеродных материалов: сб. науч. трудов – М.: Metallurgy, 1990. – С. 71–75.
12. Перспективы производства конструкционных графитов для атомной энергетики и других отраслей промышленности в ОАО «Челябинский электродный завод» / А. А. Свиридов, А. Н. Селезнев, Н. П. Нонишнева [и др.] // Производство углеродной продукции. Графитация углеродной продукции, формирование и исследование ее свойств: Сб. трудов. Вып. IV; под ред. А. Н. Селезнева. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2006. – 244 с.
13. Исследование взаимодействия кремния с углеродными материалами / И. А. Бубненко, Ю. И. Кошелев, Сорокин О. Ю. [и др.] // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56, № 5. – С. 12–18.
14. Interfacial phenomena in thermally sprayed multiwalled carbon nanotube reinforced aluminum nanocomposite / T. Laha, S. Kuchibhatla, S. Seal [et al.] // Acta Materialia. – 2007. – № 55. – P. 1059–1066.

15. Влияние выбора подложки из высокоуглеродных материалов на кинетику роста защитных покрытий в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Б. Г. Середя, Ю. А. Белоконов, А. Н. Онищенко [и др.] // *Металлургия. Сб. трудов ЗГИА. Вып. 25.* – Запорожье: ЗГИА, 2011. – С. 111–115.

Статья 3

Кошелев Ю. И., Бубненко И. А., Швецов А. А., Бардин Н. Г., Сорокин О. Ю., Макаров Н. А. Силицированный графит: физико-химические основы получения и перспективы развития. Часть 3. Влияние тепловых эффектов и примесных элементов в кремнии и углеродном материале на процесс силицирования

Кошелев Ю. И., д-р, техн. наук, *Бубненко И. А.* (i.bubnenkov@mail.ru), д-р техн. наук, *Швецов А. А.*, инженер, *Бардин Н. Г.*, инженер, АО «НИИГрафит», г. Москва; *Сорокин О. Ю.*, канд. техн. наук, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», г. Москва; *Макаров Н. А.*, д-р техн. наук, проф., РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Ключевые слова: углеродные материалы, силицированный графит, карбид кремния, тепловые эффекты, примесные элементы

Аннотация

Показано, что, вследствие одновременного протекания нестационарных физико-химических процессов, а также их быстротечностью, применение математических моделей не позволяет полностью и однозначно описать процесс силицирования пористых углеродных материалов. В связи с этим, целесообразным является установление эмпирических закономерностей процесса силицирования с одновременной проверкой уже существующих теоретических зависимостей на отдельных стадиях процесса.

Литература

1. Pyzalski M., Bialoskorski J., Walasek E. Reaction between carbon fibres and molten silicon: heat determination using DTA // *J. Therm. Analysis.* – 1986. – Vol. 31. – P. 1193–1196.
2. Bialoskorski J., Pyzalski M., Walasek E. Studies of the reaction between the amorphous carbon and silicon // *J. Therm. Analysis.* – 1990. – Vol. 36. – P. 2033–2036.
3. Mortensen A., Hodaj F., Eustathopoulos N. On thermal effects in reactive wetting // *Scripta Materialia.* – 1998. – Vol. 38, no. 9. – P. 1411–1417.
4. Einset E. O. Analysis of reactive melt infiltration in the processing of ceramics and ceramic composites // *Chem. Eng. Sci.* – 1997. – Vol. 53, no. 5. – P. 5191–5198.
5. Reaction-bonded silicon carbide by reactive infiltration / P. Sangsuwan, J. Orejas, J. E. Gatica [et al.] // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2001. – Vol. 40. – P. 5191–5198.
6. Messner R. Formation kinetics of reaction bonded silicon carbide based materials. *PhD dissertation. Massachusetts Institute of Technology, USA.* – 1991. – 142 p.
7. Singh M., Behrendt D. T. Studies on the reactive melt infiltration of silicon and silicon-molybdenum alloys in porous carbon // *NASA Technical Memorandum 105860.* – Lewis Research Center. – 1992. – 11 p.
8. Влияние примесей на качество силицированных графитов типа СГП / Ю. И. Кошелев, В. И. Костиков, Е. М. Татиевская [и др.] // *Адгезия расплавов и пайка материалов.* – 1991. – № 25. – С. 90–94.
9. Фазообразование в процессе старения кремнеуглеродного композиционного материала / В. А. Тюменцев, Ш. Ш. Ягафаров, А. А. Фотиев [и др.] // *Журнал неорганической химии.* – 1991. – № 7. – С. 1874–1876.
10. Гнесин Г. Г. Карбидокремниевые материалы. – М.: *Металлургия*, 1977. – 216 с.
11. Effect of alloying elements on carbon solubility in liquid silicon equilibrated with silicon carbide / K. Yanaba, Y. Matsumura, T. Narushima [et al.] // *Mater. Trans. JIM.* – 1998. – Vol. 38, no. 8. – P. 819–823.
12. Фазовые и структурные превращения в углеродных материалах, содержащих кремний / Е. С. Шмакова, Ю. Н. Лебедев, Ю. И. Михин [и др.] // *Конструкционные материалы на основе углерода.* М.: *Металлургия*, 1976. – С. 38–46.
13. Оценка возможности применения углеродного наполнителя для изготовления силицированных изделий / И. А. Бубненко, Ю. И. Кошелев, О. Ю. Сорокин [и др.] // *Новые огнеупоры.* – 2011. – № 12. – С. 32–37.

Статья 4

Мирюк О. А. Стимулирование поризации и твердения магниальных композиций

Мирюк О. А. (psm58@mail.ru), д-р техн. наук, проф., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан

Ключевые слова: смешанное магнезиальное вяжущее, гидратация, твердение, ячеистая структура

Аннотация

Приведены результаты исследований влияния состава и способа приготовления формовочных масс на образование ячеистой структуры и твердение магнезиальных композиций. Обоснован выбор вида и концентрации сырьевых компонентов. Показана целесообразность механической активации смешанного магнезиального вяжущего.

Литература

1. Специальные цементы / Т. В. Кузнецова, М. М. Сычев, А. П. Осокин [и др.]. – СПб.: Стройиздат, 1997. – 313 с.
2. Крамар Л. Я., Черных Т. Н., Трофимов Б. Я. Особенности твердения магнезиального вяжущего // Цемент и его применение. – 2006. – № 9. – С. 58–61.
3. Зырянова В. Н., Лыткина Е. В., Бердов Г. И. Влияние состава затворителя на свойства композиционных магнезиальных вяжущих веществ // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 8. – С. 53–58.
4. Магнезиальные вяжущие из природного сырья / Л. Я. Крамар, Т. Н. Черных, А. А. Орлов [и др.]. – Челябинск: ООО «Искра-Профи», 2012. – 146 с.
5. Межфазное взаимодействие и механическая прочность композиционных вяжущих материалов / Г. И. Бердов, В. Н. Зырянова, Л. В. Ильина [и др.] // Техника и технология силикатов. – 2014. – Т. 21, № 5. – С. 8–13.
6. Зырянова В. Н., Лыткина Е. В., Бердов Г. И. Повышение механической прочности и водостойкости магнезиальных вяжущих веществ при введении минеральных наполнителей // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 3. – С. 21–27.
7. Мирюк О. А. Преимущества смешанных магнезиальных вяжущих // Техника и технология силикатов. – 2013. – Т. 20, № 1. – С. 9–16.
8. Сизиков А. М., Шаповалова Е. В. Пути повышения качества магнезиальных бетонов. – Омск: СибАДИ, 2009. – 92 с.
9. Сахаров Г. П. Альтернативная технология ячеистого бетона // Технологии бетонов. – 2007. – № 6. – С. 48–49.
10. Шахова Л. Д. Технология пенобетона. Теория и практика. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2010. – 248 с.

Статья 5

Шурыгина Ю. Н., Павликова С. М., Анисимова С. В.

Свойства полимерцементных составов при использовании водных дисперсий стирол-акриловых сополимеров

Шурыгина Ю.Н., руководитель НИЦ, *Павликова С. М.* (pavlikova-s@homa.ru), руководитель ИЦ САД ООО «Компания Хома», Нижегородская обл., г. Дзержинск; *Анисимова С. В.*, канд. хим. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород

Ключевые слова: полимерцементные составы, гидроизоляция, дисперсии стирол-акриловых сополимеров, эластификатор

Аннотация

Представлены результаты разработки дисперсий стирол-акриловых сополимеров, применяемых в качестве компонентов полимерцементных составов для формирования эластичных гидроизоляционных покрытий на бетонных основаниях. Установлены зависимости свойств полимерцементных композиций от температуры стеклования сополимеров.

Литература

1. Круглицкий Н. Н., Бойко Г. П. Физико-химическая механика цементнополимерных композиций. – Киев: Наукова думка, 1981. – 240 с.
2. Черкинский Ю. С. Полимерцементный бетон. – М.: Стройиздат, 1984. – 212 с.
3. Попов К. Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики. – М.: Высшая школа, 1987. – 72 с.

4. Пат. 2157796 Российская Федерация, МПК C04B26/02, C04B26/04, C04B28/04, C04B28/06. Полимерцементный раствор / Хрулев В. М., Пластунов А. Г., Отточко О. Д. [и др.]. – № 99116199/04; заявл. 27.07.99; опубл. 20.10.00, Бюл. № 15.
5. Пат. 2164899 Российская Федерация, МПК C04B26/02, C04B28/04, C04B24/22, C04B14/06. Полимерцементный состав / Корнеев В. И., Халин В. А., Морозова Е. В. [и др.]. – № 99115361/04; заявл. 12.07.99; опубл. 10.04.01, Бюл. № 10.
6. Модификация цементных вяжущих поливинилацетатной дисперсией / М. Н. Попова, Г. Я. Мусафирова, Э. В. Мусафиров [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 5. – С. 59–61.
7. Оценка эксплуатационных показателей разработанного мелкозернистого бетона модифицированного гидроизоляционным составом «ГИДРОПЕН ПЛАГ» / Г. Я. Мусафирова, Э. В. Мусафиров // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: материалы XX Междунар. науч.-метод. семинара. Гродно, 17–19 февраля 2016 г. – Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы, 2016. – С. 279–281.
8. Модификация цементного вяжущего дисперсной добавкой вторичного полиамида / Г. Я. Мусафирова, Е. Н. Грушевская, Э. В. Мусафиров // Техника и технология силикатов. – 2015. – Т. 22, № 3. – С. 2–5.
9. Использование полимерных материалов для повышения качества тампонажных цемента / С. А. Катаев, . Р. Кривобородов, Д. В. Назаров [и др.] // Цемент и его применение. – 2012. – № 3. – С. 76–100.
10. Кривобородов Ю. Р., Катаев С. А. Влияние полимерных добавок на свойства тампонажных цемента // Техника и технология силикатов. – 2014. – Т. 21, № 4. – С. 26–28.
11. Ильин А. Н. Полимерцемент как электроизоляционный материал для электротехнических систем // Электротехнические системы и комплексы. – 2015, № 1(26). – С. 25–27.
12. Технологические аспекты получения высокоэффективных модифицированных бетонов заданных свойств / Е. В. Ткач, Д. В. Орешкин, В. С. Семенов [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 4. – С. 65–67.
13. Вавренюк С. В. Структурообразование цементных систем в присутствии добавок поливинилового спирта // Строительные материалы. – 2013. – № 12. – С. 81–83.
14. Капустин Ф. Л., Спиридонова А. М., Помазкин Е. П. Изменение структуры цементного камня при обработке гидроизоляционной проникающей капиллярной месью // Цемент и его применение. – 2013. – № 6. – С. 52–56.

Статья 6

Самченко С. В., Кривобородова С. Ю.

Влияние пластификатора на процессы перекристаллизации при твердении алюмината кальция

Самченко С. В., (samchenko@list.ru), д-р техн. наук, проф., Московский государственный строительный университет; Кривобородова С. Ю., студент, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Ключевые слова: алюминат кальция, формирование и морфология кристаллогидратов, гексагональные и кубические гидроалюминаты кальция, перекристаллизация, пластификатор

Аннотация

Установлено влияние пластификатора на поликарбоксилатной основе на формирование и морфологию образующихся гидратных фаз. Представлен механизм структурообразования при гидратации $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ в присутствии пластификатора, заключающийся в образовании мелкодисперсных плохо закристаллизованных гексагональных кристаллов гидроалюмината кальция. Присутствие суперпластификатора в составе гидратирующего алюмината кальция замедляет зарождение и рост кристаллогидратов из-за образующейся на поверхности раздела жидкой и твердой фаз пленки, создающей структурно-механический барьер, что приводит к замедлению насыщения жидкой фазы, но способствует формированию большего количества центров кристаллизации и одновременному росту мелких кристаллов как гексагонального, так и кубического габитуса.

Литература

1. Кузнецова Т. В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. – М.: Стройиздат, 1986. – 208 с.
2. Ukrainczyk N., Matusinović T. Thermal properties of hydrating calcium aluminate cement pastes. Original Research Article // Cement and Concrete Research. – 2010. – Vol. 40, no. 1. – P. 128–136.
3. The influence of filler type and surface area on the hydration rates of calcium aluminate cement / G. Puerta-Falla, A. Kumar, L Gomez-Zamorano [et al.] // Construction and Building Materials. – 2015. – Vol. 96, October – P. 657–665.

4. Klaus S. R., Neubauer J., Goetz-Neunhoeffler F. Hydration kinetics of CA₂ and CA – Investigations performed on a synthetic calcium aluminate cement. // *Cement and Concrete Research*, 2013. – Vol. 43, January. – P. 62–69
5. Самченко С. В., Зорин Д. А., Борисенкова И. В. Влияние дисперсности глиноземистого шлака и сульфоалюминатного клинкера на формирование структуры цементного камня // *Техника и технология силикатов*. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 12–14.
6. Кузнецова Т. В., Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. Химия, состав и свойства специальных цементов // *Материалы научно-практической конференции «Химия, химическая технология на рубеже тысячелетия»*. – Томск. – 2000. – № 1. – С. 96–98.
7. Совершенствование свойств глиноземистого цемента и его применение / С. В. Самченко, Т. А. Лютикова, Т. В. Кузнецова [и др.] // *Цемент и его применение*. – 2006. – № 3. – С. 46–48.
8. Гусев Б. В., Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. Технология портландцемента и его разновидностей: учеб. пособие. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – 112 с.
9. Taylor X. *Cement Chemistry*. – London, 1990. – 607 p.
10. Falzone G, Balonis M., Sant G. X-AFm stabilization as a mechanism of bypassing conversion phenomena in calcium aluminate cements Original Research Article // *Cement and Concrete Research*. – 2015. – Vol. 72, June. – P. 54–68.
11. The Influence of Sodium Hexametaphosphate (Na₆P₆O₁₈) on Hydration of Calcium Aluminate Cement Under Hydrothermal Condition / M. Palou, E. Kuzielová, M. Žemlička [et al.]. Original Research Article // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 151. – P. 119–126.
12. Önder Kirca, İ. Özgür Yaman, Mustafa Tokyay. Compressive strength development of calcium aluminate cement-GGBFS blends. Original Research Article // *Cement and Concrete Composites*. – 2013. – Vol. 35, is. 1, January. – P. 163–170.
13. Nasser Y., Mostafa, Z. I. Zaki, Omar H. Abd Elkader. Chemical activation of calcium aluminate cement composites cured at elevated temperature. Original Research Article // *Cement and Concrete Composites*. – 2012. – Vol. 34, is. 10, November. – P. 1187–1193.
14. Małgorzata Niziurska, Jan Małolepszy, Grzegorz Malata. The Influence of Lithium Carbonate on Phase Composition of Calcium Aluminate Cement Paste. Original Research Article // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 108. – P. 363–370.
15. Кузнецова Т. В., Самченко С. В. Микроскопия материалов цементного производства. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.