

ТЭХНІЧНАЯ ХІМІЯ/ХІМІЧНАЯ тэхналя
TECHNICAL CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING

УДК 666.642.3:666.3.032.4

Поступила в редакцию 12.04.2016
Received 12.04.2016

И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАЙОЛИКОВОЙ ПОСУДЫ
ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ГАРМОНИЧНОЙ СИСТЕМЫ
КЕРАМИЧЕСКАЯ МАТРИЦА - ГЛАЗУРНОЕ ПОКРЫТИЕ**

Приведены результаты комплексных исследований по совершенствованию качества майоликовой посуды путем гармонизации в системе керамическая основа-глазурное покрытие. Использован современный подход к решению поставленных задач, включающий иерархическое моделирование, составной частью которого является создание структуры развития кластера, объединяющего технологические стадии получения керамической продукции требуемого качества в единое целое - процесс производства. Проведенные экспериментальные исследования, подтверждающие правильность подхода к решению поставленных задач, позволили улучшить физико-химические свойства майолики и обеспечить эксплуатационную надежность при термической обработке посуды в посудомоечных машинах различного типа.

Показано, что получение качественной майоликовой посуды базируется на гармонизации керамической основы и декоративного покрытия, поэтому созданию керамической массы и глазурных покрытий с определенным комплексом технологических и физико-химических свойств внимание должно уделяться в абсолютно равной степени, что позволяет эффективно и логически обоснованно совершенствовать технологию получения качественных майоликовых изделий.

Ключевые слова: гармонизация, кластер, дендрограмма, майолика, керамическая основа, глазурное покрытие.

I. A. Levitskii, S. E. Barantseva, A. I. Poznyak

Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

**IMPROVING THE QUALITY OF MAJOLICA DISHES BY CREATING
A CERAMIC MATRIX - GLAZED COATING HARMONIOUS SYSTEM**

The results of comprehensive research on improving the quality of majolica ware by harmonizing in the system «ceramic base - glazed coatings» are presented in the article. A modern approach to solving problems, including hierarchical modeling, part of which is to create a cluster of structures, combining the technological steps of preparing a ceramic product of the desired quality in a single entity - the technological process was used in the work. Experimental studies, confirming the correctness of this approach, have improved physicochemical properties of majolica and ensure the operational reliability during thermal processing of dishes in dishwashers of various types.

It has been shown that the production of high-quality majolica ware is based on the harmonization of the ceramic base and the decorative coating, so the development of a ceramic mass and glaze coating with a specific set of technological and physicochemical properties should be given absolutely equal attention. The above approach provides efficient and logically sound improvement of the production technology for high-quality majolica products.

Keywords: harmonization, cluster, dendrogram, majolica, ceramic base, glazed coating.

Введение. Интенсивное развитие сети общественного питания в Республике Беларусь является важнейшим условием необходимости совершенствования эксплуатационных свойств и декоративно-эстетических характеристик майоликовых изделий посудной группы при их масштабной эксплуатации и использовании посудомоечных машин достаточно высокой производительности. Из-за многократной обработки изделий струями горячей воды (45-80 °С) под давлением 0.03-1 МПа [1] к посуде предъявляются повышенные требования по показателям физико-химических свойств, а декоративные характеристики определяют статус, стиль и индивидуальность предприятий общественного питания.

Качество и уровень эксплуатационных характеристик майоликовых изделий хозяйственного назначения в современных условиях непрерывно повышается, поскольку интенсивное развитие материаловедения, а также декоративно-эстетические требования к майолике изменяются и совершенствуются. Несмотря на обилие новых видов материалов для изготовления посуды (алюминий, чугун, нержавеющая сталь, жаропрочное стекло), керамика остается востребованной, что подтверждается опытом ее использования с глубокой древности и до настоящих дней для приготовления и хранения пищевых продуктов.

Цель работы - изучение возможности улучшения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик майоликовых изделий путем разработки гармонизированной системы керамическая основа-декоративное глазурное покрытие.

Методология исследования. В настоящее время все более широкое распространение находит иерархическое моделирование технологических процессов получения различных видов продукции, составной частью которого, согласно основам технодинамики [2], является создание структуры развития кластера (дендрограммы), позволяющей по-новому отнестись к совершенствованию и оптимизации технологического процесса получения майоликовых изделий. Кластер объединяет любую группу объектов или явлений, в нашем случае стадий технологического процесса, которые составляют единое целое, т. е. процесс производства керамической продукции требуемого качества.

Для развития структуры кластера использовалось дерево целей - структурированный иерархический перечень, в котором цели более низкого уровня подчинены целям более высокого уровня и служат для достижения генеральной цели - получения готовой продукции с улучшенными декоративно-эстетическими характеристиками, повышенными физико-химическими свойствами и эксплуатационной надежностью, соответствующей ГОСТу 32094-2013 «Посуда майоликовая» и СанПиН 13-3 РБ-2014 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами». Построение дерева целей само по себе представляет методику разработки стратегии достижения поставленной генеральной цели.

Получение качественной майоликовой посуды базируется на гармонизации керамической основы и декоративного покрытия, поэтому созданию керамической массы с определенным комплексом технологических и физико-химических свойств и разработке составов прозрачных и глушеных покрытий внимание уделяется в абсолютно равной степени. Исследование проводилось в соответствии со структурой кластера (дендрограммой, рис. 1). Каждая ветвь дерева целей представляет собой последовательные стадии технологического процесса, выполнение которых приводит к достижению генеральной цели - получению декорированных прозрачной и глушеной глазурью майоликовых изделий с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в Республике Беларусь большинство майоликовых изделий хозяйственно-бытового назначения изготавливается в ОАО «Белхудожкерамика» (г. п. Радошковичи, Минская область). Технология их производства базируется на использовании в составе 100 мас.%* легкоплавкой неспекающейся полиминеральной глины месторождения «Гайдуковка». Полученные при максимальной температуре политого обжига 940-980 °С глазурованные изделия характеризуются высокой пористостью (30-32 %) и водопоглощением (17-18 %), что не обеспечивает требуемой эксплуатационной надежности майоликовой посуды и исключает возможность ее использования в организациях общественного питания, оснащенных посудомоечными машинами.

Детальное изучение научной и патентной литературы в данной области позволило установить, что улучшение качественных характеристик продукции, в частности снижение показателей водопоглощения и упрочнение структуры майоликовых изделий, не представляется возможным при использовании в составе масс только легкоплавких глин Республики Беларусь, в том числе месторождения «Гайдуковка».

* Здесь и далее по тексту приведено массовое содержание.



Рис. 1. Дендрограмма кластеризации

Fig. 1. The clusterization dendrogram

В связи с этим исследовалась возможность использования в качестве компонентов керамических масс глины огнеупорной марки Веско-Гранитик Веселовского месторождения, базальта Ровенского месторождения и каолина Просяновского мокрого обогащения. Химический состав сырьевых материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1. Усредненный химический состав сырьевых материалов

Table 1. Averaged chemical composition of raw materials

Сырьевые материалы	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	ппп
Глина «Гайдуковка»	53,8	12,3	9,04	3,08	0,68	2,95	5,7	0,75	11,7
Глина Веско-Гранитик	65,29	23,63	0,56	0,66	0,39	1,53	1,46	-	6,48
Базальт ровенский	52,24	17,26	7,58	2,28	3,47	0,51	13,17	2,88	0,61
Каолин просяновский	49,3	38,5	0,16	0,07	-	0,5	1,07	0,2	10,2

Выбор сырьевых материалов основывался на их химико-минеральном составе и технологических характеристиках. Так, огнеупорная глина, имеющая широкий интервал спекшегося состояния, будет способствовать его расширению для керамической массы; базальт, характеризующийся значительным содержанием оксидов щелочных металлов и железа - интенсифицировать процесс спекания; каолин - улучшать реологические характеристики шликера [3-5]. С использованием вышеуказанных компонентов разработана серия составов сырьевых композиций, в которой содержание компонентов варьировалось в следующих пределах, %: глина «Гайдуковка» - 70-85, глина Веско-Гранитик - 10-15, базальт - 5-20, каолин - 5-10.

Майоликовые изделия изготавливали из разработанных керамических масс методами пластического формования и шликерного литья. Шликер, полученный при совместном мокром помоле сырьевых компонентов в шаровой мельнице, характеризовался влажностью 40-41%, вязкостью 10-12 с, коэффициентом загустевания 1,55-1,62. Полученные изделия подвергали обжигу в интервале температур 1000-1100 °С с выдержкой при максимальной температуре 1-1,5 ч.

При проведении комплексных исследований физико-химических свойств керамических образцов, полученных методом шликерного литья, выявлено, что показатели водопоглощения с увеличением содержания базальта в массе и температуры обжига монотонно снижаются с 21,9 до 11,2 %. Установлено, что по сравнению с влиянием огнеупорной глины базальт активизирует процесс спекания и улучшает свойства обожженного черепка, что объясняется наличием легкоплавких примесей в породе (вулканического стекла, анальцима, хлорофрита), снижающих температуру начала спекания и плавления. При температурах обжига 1000 и 1050 °С значения водопоглощения образцов изделий изменяются незначительно от 21,9 до 18,5 %, поскольку в данном интервале температур базальт выступает в роли отошающего компонента. При температурах обжига 1075 и 1100 °С зависимость водопоглощения от температуры проявляется значительно активнее, что связано с флюсующим действием базальта.

Увеличение содержания легкоплавкой глины месторождения «Гайдуковка» в составе керамических масс (от 70 до 85 %) приводит к повышению показателей водопоглощения образцов от 12,4 до 20,8 %, что обусловлено наличием примесных карбонатных включений. Зависимость механической прочности образцов изделий от состава масс и температуры обжига имеет обратный характер и связана с процессами спекания, происходящими при обжиге. Значения прочности при изгибе изменяются в пределах 8,1 - 15,7 МПа и имеют максимальные значения при содержании плавня 10 % и легкоплавкой глины 70 %.

Таким образом, результаты определения физико-химических свойств образцов, изготовленных методом литья с последующим обжигом в интервале 1000-1100 °С, позволили установить, что оптимальной температурой является 1100±5 °С. Однако, несмотря на обеспечение требуемых физико-химических свойств образцов изделий при этой температуре, отмечается рост общей усадки и характерное окрашивание черепка в темно-коричневые оттенки.

С целью улучшения декоративных характеристик изделий сформованный полуфабрикат подвергали термообработке при более низкой температуре обжига (1080±5 °С) и продолжительности выдержки - 1,5 ч. Анализ полученных результатов показал, что снижение максимальной температуры обжига при увеличении изотермической выдержки обеспечивает формирование плотной спеченной структуры образцов и показатели водопоглощения составляют 9,3-10,1%. При этом керамический черепок более светлый, чем полученный обжигом полуфабриката при 1100 °С, значения деформации и усадки находятся в допустимых пределах.

На рис. 2 представлено электронно-микроскопическое изображение поверхности скола керамического черепка из массы оптимального состава, которое свидетельствует, что структура образцов, полученных по оптимальному режиму обжига, однородная, плотная, с равномерным распределением по объему относительно небольшого количества пор со средним диаметром 15-30 мкм. Следует отметить, что изделия, полученные методом формования, характеризуются несколько лучшими показателями физико-химических свойств, в частности механическая прочность составляет 10,3-10,5 МПа, водопоглощение - (9,0±0,7) %.

Полученные результаты позволили сделать вывод, что жидкая фаза играет важную роль в процессе формирования структуры майоликовых изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Однако повышенное количество расплава при температуре 1100 °С может привести к снижению устойчивости изделий при обжиге, поэтому выбор оптимальных температурно-временных параметров обжига является ответственным фактором в общем подходе к решению технологических задач.



Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение поверхности скола керамической основы оптимального состава после обжига при температуре 1080±5 °С с выдержкой 1,5 ч

Fig. 2. Electron microscope image of the optimal composition ceramic base chip surface after baking

При разработке составов глазурей для майоликовых изделий, контактирующих с пищевыми еяшйи, одним из условий являлось обеспечение широкого температурного интервала глазу- рообразования прозрачных некристаллизующихся покрытий и формирования стеклокристал- лической структуры глушеного белого блестящего покрытия.

Составы экспериментальных стеклофритт для прозрачных покрытий разрабатывали в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, для глушенных - в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$. Варку стеклофритт производили в газовой стекловаренной печи периодического действия при максимальной температуре 1450-1470 °С с выдержкой 1 ч. Затем стеклофритты подвергали помолу в течение 1 ч в лабораторной мельнице «Speedy-1» (Италия) при соотношении материала и мелющих шаров 1:1,2. В суспензию вводили огнеупорную глину марки ДНПК в количестве 13% и калиевую селитру в количестве 0,8%. Полученные глазурные шликеры наносили после утильного обжига на керамическую основу из разработанной массы с улучшен- ными физико-химическими характеристиками и подвергали обжигу при различных темпера- турах в интервале 900-1100 °С.

Содержание оксидов при синтезе прозрачных глазурей находилось в следующих пределах, %: SiO_2 - 68,09-72,0; Al_2O_3 - 4,0-6,0; B_2O_3 - 12,85-17,80; Na_2O - 6,85-10,25; K_2O - 1,25-2,0. Установлено, что технологические характеристики стеклофритты для прозрачной глазури непосредственно зависят от химического состава, в частности от соотношения $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$. Так, в серии исследованных составов соотношение основных оксидов в глазурных покрытиях изменялось от 6,52 до 10,95, что существенно влияло на технологические свойства расплава стекла и качество сформированного покрытия.

На основании анализа полученных результатов оптимальными можно считать значения соотношения $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, находящиеся в пределах 7,5-8,5, при которых обеспечи- ваются качественные показатели покрытий с минимальной склонностью к образованию повер- хностных дефектов, что может служить критериальным фактором при разработке составов прозрачных глазурей. Градиентная термическая обработка образцов показала, что разработанные прозрачные покрытия формируются в широком температурном интервале, составляющем 980- 1100 °С, что позволит производить обжиг в различных тепловых агрегатах. Комплекс физико- химических свойств и декоративно-эстетических характеристик покрытий перспективных составов (блеск - 68-70%, микротвердость - 4900-5100 МПа, ТКЛР - $(4,81-4,97)\cdot 10^{-6}$ КГ¹, термо- стойкость - 150 °С) позволяет рекомендовать их для декорирования майоликовой посуды. Оптимальным составом, рекомендуемым для масштабных испытаний с целью внедрения в про- изводство, является состав, имеющий значение соотношения $(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, равное 8,5.

Известно, что получение качественных стеклокристаллических покрытий обеспечивается введением в стеклофритты диоксида циркония либо циркона, механизму действия которых посвящены работы ряда отечественных и зарубежных исследователей [6, 7]. При синтезе глушенных глазурных покрытий содержание основных оксидов находилось в пределах, %: SiO_2 55,0-60,0; Al_2O_3 5,0-11,25; ZrO 5,0-11,25; содержание оксидов цинка, бора, кальция, натрия и ка- лия оставалось постоянным и их суммарное количество составляло 30 %.

Для получения информации о процессе формирования стеклокристаллической структуры глушенных покрытий проведена термическая обработка экспериментальных составов при темпера- турах 1010,1040,1070 и 1100 °С с выдержкой 1 ч. По основным технологическим характеристикам и показателям физико-механических свойств (степень глушения, укрывистость, белизна, блеск, растекаемость, просвечиваемость, микротвердость, термостойкость) выбран оптимальный состав глушеной глазури, индексированный Н5. Опытнo-производственные испытания, проведенные в ОАО «Белхудожкерамика», выявили необходимость улучшения укрывистости и степени заглушенности покрытия, что было достигнуто путем вариации содержания оксидов цинка, бора и циркония. Оптимизированному составу присвоен индекс Н5-М1. Фазовый состав покрытия, термообработанного при 1050-1100 °С, представлен цирконом (ZrSiO_4) и андалузитом ($\text{P-Al}_2\text{SiO}_5$). В этом температурном интервале, согласно результатам электронно-микроскопического исследо- вания, структура глушеной глазури достигает максимальной однородности и равномерности рас-

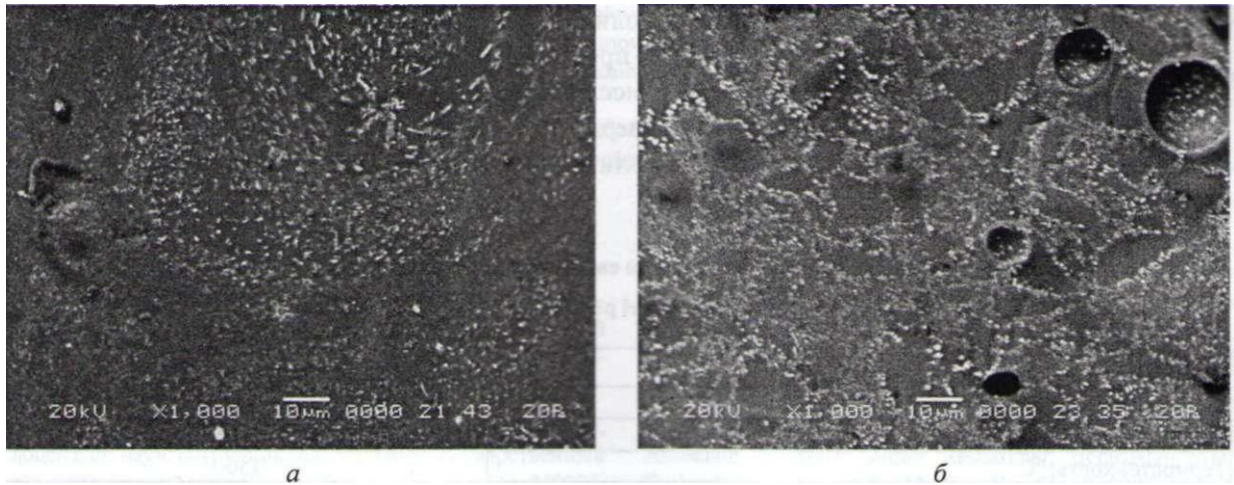


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение зеркальной поверхности (а) и скола (б) глушеной глазури оптимального состава Н5-М1

Fig. 3. Electron microscope image of the optimal composition opacified glaze H5-M1 mirror surface (a) and chip (b)

пределения кристаллических образований по всему объему, включая поверхность, что хорошо видно на рис. 3.

Температурный коэффициент линейного расширения глазури составляет $(5,02-5,05) \cdot 10^{-6} \text{ КГ}^{-1}$, термическая стойкость - 150 °С, белизна - 80-82 %, блеск - 87-89 %, микротвердость - 5350—5400 МПа, что свидетельствует о рациональном соотношении кристаллических и стеклообразной фаз в сформировавшемся стеклокристаллическом покрытии Н5-М1.

На рис. 4 представлено электронно-микроскопическое изображение поверхности скола в системе керамическая матрица-глазурное покрытие оптимального состава в динамике формирования стеклокристаллического покрытия (1000 —* 1100 °С). Отчетливо видна довольно резкая граница между керамическим черепком и глазурным слоем (рис. 4, а). Значительное количество пор при 1000 °С свидетельствует о продолжающихся процессах стеклообразования и кристаллизации. Структура покрытия, полученного обжигом при 1100 °С (рис. 4, б), соответствует стеклокристаллической с резко уменьшенным количеством пор. Благодаря активным диффузионным процессам и химическому взаимодействию покрытия и керамической основы, контактный слой не дифференцируется и представляет собой метаморфическую зону, что обеспечивает достаточную термическую устойчивость и прочность сцепления [7].

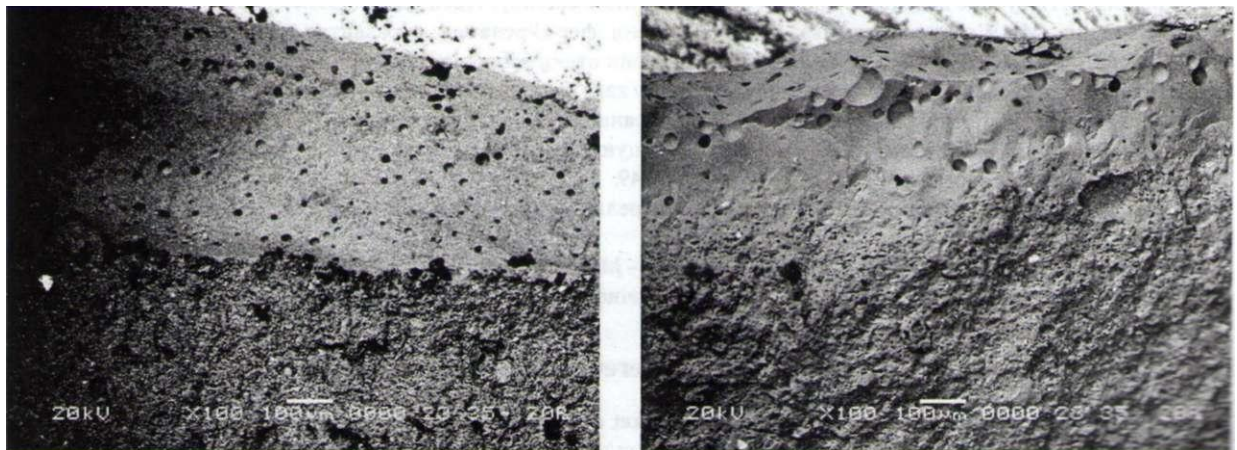


Рис. 4.

В табл. 2 приведены основные свойства майоликовых изделий, полученных из разработанного керамической массы, декорированных прозрачным (П2) и глушеным (Н5-М1) покрытиями. Проведенные санитарно-гигиенические исследования процессов миграции катионов V^{3+} , Zr^{4+} в различные модельные пищевые среды (дистиллированная вода, растворы уксусной, лимонной и молочной кислоты, поваренной соли и этилового спирта) подтвердили их соответствии требованиям СанПиН.

Таблица 2. Физико-химические свойства майоликовых изделий

Table 2. Physical and chemical properties of majolica products

Свойства изделий	Показатель свойств
Температура политого обжига, °С	960-1090
Водопоглощение, %	8,6-12,5
Термостойкость, °С	150
Механическая прочность при изгибе, МПа	9,5-10,0
Устойчивость к механизированной мойке (согласно ГОСТу Р 55823-2013)	Устойчивы (выдерживают более 250 циклов)
Миграция вредных веществ из глазурных покрытий в пищевые среды (согласно СанПиН 13-3 РБ 2014)	Отсутствует

Заключение. В результате проведенного комплексного исследования, включающего разработку составов керамической массы и декоративных глазурных покрытий, а также технологических параметров их получения, достигнута генеральная цель - получение майоликовой продукции с улучшенными декоративно-эстетическими характеристиками, повышенными физико-химическими свойствами и эксплуатационной надежностью, что позволит проводить при масштабном использовании посуды на предприятиях общественного питания гигиеническую термическую обработку в посудомоечных машинах различного типа.

Таким образом, современный подход к целенаправленному решению технологических задач, связанных с комбинированием иерархического моделирования и экспериментальных исследований, позволяет быстро, эффективно и логически обоснованно совершенствовать не только технологию получения керамических материалов, но и улучшать их качественные характеристики за счет гармонизации определенных составляющих объектов, повышая эксплуатационную надежность продукции.

Список использованных источников

1. Безель, Б. Посудное дело (обзор рынка посудомоечных машин) / Идеи вашего дома. - 2005. - № 3. - С. 85.
2. Дворцин, М. Д. Технодинамика: Основы теории формирования и развития технологических систем / М. Д. Дворцин, В. Н. Юсим. - М.: Междунар. фонд истории науки «Дикси», 1993. - 317 с.
3. Позняк, А. И. Базальтовые и гранитоидные породы как компоненты керамических масс для плиток внутренней облицовки стен / А. И. Позняк, И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева // Стекло и керамика. - 2012. - № 8. - С. 17-22.
4. Влияние оксидов железа на вязкость и смачивающую способность силикатных расплавов / О. С. Татаринцева [и др.] // Ползуновский вестник. - 2007. - № 3. - С. 144-149.
5. Уорелл, У. Глины и керамическое сырье / У. Уорелл; пер. с англ. П. П. Смолина; под ред. В. П. Петрова / У. Уорелл. - М.: Мир, 1978. - С. 56-57.
6. Носова, З. А. Циркониевые глазури. З. А. Носова. - М.: Стройиздат, 1972. - 172 с.
7. Левицкий, И. А. Легкоплавкие глазури для облицовочной керамики / И. А. Левицкий. - Минск: БГТУ, 1999. - 396 с.

References

1. Bezel' B., "Kitchenware business (dishwashers market overview)", *Idei vashego doma* [Ideas of your home], 2005, no. 3(82), available at: <http://www.ivd.ru/stroitelstvo-i-remont/tehnika/posudnoe-delo-4938>, (Accessed: 15.11.2016)
2. Dvortsin M. D. and Yusim V. N., *Tekhnodinamika: Osnovy teorii formirovaniya i razvitiya tekhnologicheskikh sistem* [Technodynamics: Basic theory of the formation and development of technological systems], Mezhdunarodnyi fond istorii nauki «Diksi», Moscow, RU, 1993.
3. Poznyak A. I., Levitskii I. A. and Barantseva S. E., "Basalt rocks and granitoid masses as components of ceramic tiles for internal wall lining", *Steklo i keramika* [Glass and ceramics], 2012, no. 8, pp. 17-22.

Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical series, 2017, no. 2, pp. 80-87 **87**

4. Tatarintseva O. S., Khodakova N. N., Zimin D. E., Uglova T. K. Pavlov V. F., "Effect of iron oxides on the viscosity and wetting ability of silicate melts", *Polzunovskii vestnik* [Polzunov's Gazette], 2007, no. 3, pp. 144-149.

5. Uorell U., *Gliny i keramicheskoe syr'e* [Clays and ceramic raw materials], Translated by Smolin P. P., in Petrov V. P. (ed.). Mir, Moscow, RU, 1978.

6. Nosova Z. A., *Tsirkonievye glazuri* [Zirconium glazes], Stroiizdat, Moscow, RU, 1972.

7. Levitskii I. A., *Legkoplavkie glazuri dlya oblitsovochnoi keramiki* [Fusible glazes for ceramic veneering], BGTU. Minsk, BY, 1999.

Информация об авторах

Левицкий Иван Адамович - д-р техн. наук, профессор, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: levitskii@belstu.by.

Баранцева Светлана Евгеньевна - канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: svetbar@tut.by.

Позняк Анна Ивановна — канд. техн. наук, науч. сотрудник, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: poznyak_a@inbox.ru.

Для цитирования

Левицкий, И. А. Совершенствование качества майоликовой посуды путем создания гармоничной системы керамическая матрица-глазурное покрытие / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Вес. Нац. акад. наук Беларусь Сер. хіМ. навук. -2017. -№ 2. - С. 80-87.

Information about the authors

Levitskii Ivan Adamovich - D. Sc. (Technical), Professor, Belarusian State Technological University (13a Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: levitskii@belstu.by.

Barantseva Svetlana Evgenievna - Ph. D. (Technical), Associate Professor, Senior Researcher, Belarusian State Technological University (13a Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svetbar@tut.by.

Poznyak Anna Ivanovna - Ph. D., Researcher, Belarusian State Technological University (13a Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: poznyak_a@inbox.ru.

For citation

Levitskii I. A., Barantseva S. E., Poznyak A. I. Improving the quality of majolica dishes by creating a ceramic matrix - glazed coating harmonious system. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, chemical series], 2017, no. 2, pp. 80-87. (In Russian).