

УДК 378:666

И. А. Левицкий, д-р техн. наук, профессор (БГТУ); Н. М. Бобкова, д-р техн. наук (БГТУ)

КАФЕДРЕ ТЕХНОЛОГИИ СТЕКЛА И КЕРАМИКИ – 75 ЛЕТ

Кафедра технологии стекла и керамики БГТУ готова сотрудничать с отечественными и зарубежными производителями и университетами в области синтеза неорганических материалов, поскольку обладает обширными знаниями и располагает современно оборудованными лабораториями для проведения синтеза и необходимых исследований.

Department of Glass and Ceramic Technology of the Belarusian State Technological University are open for cooperation with national and foreign producers and scientific units in the field of synthesis of inorganic materials. The department possesses a wide experience in materials science and disposes laboratories with modern equipment for synthesis and research.

Введение. Кафедра технологии стекла и керамики (до 1996 г. – кафедра технологии силикатов) была образована в мае 1935 г. в Белорусском политехническом институте, хотя подготовка инженеров силикатного профиля была начата еще в 1930 г. в Химико-технологическом институте, на базе которого и был создан в 1933 г. Белорусский политехнический институт. Организатором и первым заведующим кафедрой был доктор технических наук, профессор Михаил Алексеевич Безбородов, бессменно руководивший кафедрой в течение 25 лет. За это время он создал первую научную школу силикатчиков в Республике Беларусь. За большой вклад в развитие науки о силикатах М. А. Безбородов в 1947 г. был избран академиком АН БССР, а в 1951 г. удостоен звания Лауреата Государственной премии СССР.

По инициативе М. А. Безбородова были созданы в числе первых в Советском Союзе Проблемная лаборатория стекла и силикатов в Белорусском политехническом институте, в марте 1957 г. лаборатория синтеза стеклообразных материалов в Институте общей и неорганической химии АН БССР и организована подготовка научных кадров посредством аспирантуры по технологии силикатов.

С 1960 г. кафедру возглавляли: доктор технических наук, профессор Л. Я. Мазелев (1960–1964 гг.); кандидат технических наук, доцент, бывший заместитель Министра промышленности строительных материалов республики И. М. Тарасов (1964–1972 гг.); доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе БПИ Н. М. Ермоленко (1972–1976 гг.). В 1975 г. из состава кафедры была выделена новая кафедра – химической технологии вяжущих материалов.

Основная часть. В 1976 г. в связи с необходимостью сосредоточить подготовку инженерных кадров по химическим специальностям в одном вузе кафедра технологии силикатов и Проблемная научно-исследовательская лаборатория стекла и силикатов были переве-

дены в Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова (в настоящее время Белорусский государственный технологический университет). Первой заведующей кафедрой технологии силикатов в БТИ в течение последующих 20 лет являлась доктор технических наук, профессор Нинель Мироновна Бобкова (1976–1996 гг.).

С 1996 г. и по настоящее время руководит кафедрой доктор технических наук, профессор Иван Адамович Левицкий, а кафедра получила уточненное название – кафедра технологии стекла и керамики.

Становление кафедры технологии силикатов в стенах БТИ в 1976 г. потребовало значительных усилий со стороны всех преподавателей, которые перешли вместе с кафедрой из БПИ: докторов технических наук, профессоров Н. Н. Ермоленко, Л. А. Жуниной и Н. М. Бобковой; кандидатов технических наук, доцентов Е. М. Дятловой, Л. М. Силич, И. И. Киселя, И. С. Качана, Н. А. Кашпара, В. В. Тижовки, Ю. М. Костюнина. Сотрудниками кафедры решались вопросы создания учебных лабораторий и их оснащения. В состав Проблемной научно-исследовательской лаборатории стекла и силикатов, которую в разное время возглавляли кандидаты технических наук Л. Г. Дашинский (1976–1980 гг.), А. М. Гришанович (1981–1985 гг.), С. Е. Баранцева (1985–1996 гг.), входил технологический отдел (руководители кандидаты технических наук З. Ф. Манченко и Г. Е. Рачковская) и отдел испытаний и внедрений (руководители кандидаты технических наук В. И. Русак и А. А. Ситнов). Совместно с кафедрой эффективно решались вопросы развития научной базы, строительства лаборатории высокотемпературного синтеза, ее оснащения газопламенными и электрическими печами, прецизионным, помольным и другим оборудованием, необходимым для решения задач по внедрению результатов актуальных и перспективных НИР.

Большую помощь в данных вопросах оказывал не только ректорат института, но и Ми-

нистерство высшего и среднего специального образования БССР. Благодаря оказанной финансовой поддержке кафедрой было приобретено новейшее научное оборудование: дериватограф венгерского производства, рентгеновский дифрактометр ДРОН-2, электронный микроскоп ЭМ-4, дилатометры, высокотемпературные электрические печи и др. По своей оснащенности кафедра технологии силикатов стала одной из лучших в Советском Союзе. Существенно активизировалась деятельность кафедры по подготовке аспирантов. При БТИ был создан специализированный совет по защите диссертаций силикатного профиля. Так, в период с 1976 по 1993 гг. было защищено более 30 диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук по силикатным специальностям. К сожалению, в начале 1990-х гг. по объективным причинам активность работы несколько снизилась, и следующая защита состоялась только в 1997 г.

Большую помощь кафедре по обеспечению сырьевой базы оказывали промышленные предприятия отрасли. Тесная связь с производственными и научными организациями республики нашла реализацию в создании учебно-научно-производственного комплекса «БТИ – Минский комбинат строительных материалов – НИИ строительных материалов», на регулярных заседаниях которого ставились и решались актуальные вопросы учебного, научного и производственного направления.

Для освещения и популяризации научных достижений был создан и ежегодно выпускался межведомственный сборник «Стекло, ситаллы и силикаты» (издательство «Вышэйшая школа»). Всего было издано 14 выпусков.

Кафедра технологии стекла и керамики получила широкое признание среди родственных кафедр СССР. В 1985 г. на базе кафедры было проведено Всесоюзное совещание «Катализируемая кристаллизация стекла» с выпуском в г. Москве сборника трудов совещания. Кроме того, на базе кафедры в 1987 г. осуществлено заседание секции керамики Координационного совета Госкомитета по науке и технике СССР.

Огромный потенциал кафедры реализован в подготовке научных кадров высшей квалификации. На базе выполненных научных исследований защищено 6 докторских диссертаций: Л. Я. Мазелевым (1961 г.), Л. А. Жуниной (1968 г.), Н. М. Бобковой (1969 г.), Н. Н. Ермоленко (1971 г.), И. В. Пищом (1991 г.); И. А. Левицким (1999 г.). Среди выпускников кафедры – доктора наук М. И. Кузьменков, В. Н. Яглов, Б. К. Демидович, С. Г. Ковчур, О. Г. Городецкая.

За весь период существования кафедры и научной школы подготовлено и защищено свыше 140 кандидатских диссертаций.

С более подробными сведениями о многогранной деятельности кафедры технологии стекла и керамики можно ознакомиться в статьях [1–4].

Деятельность Н. М. Бобковой на посту заведующей кафедрой была отмечена присвоением ей почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники РБ» и ордена «Знак почета».

Активная деятельность кафедры по подготовке инженерных и научных кадров, совершенствованию учебного процесса и проведению научно-исследовательских работ получила свое продолжение при руководстве кафедрой доктором технических наук, профессором И. А. Левицким, который в 2005 г. награжден медалью «За трудовые заслуги».

Для повышения эффективности учебного процесса и приближения к условиям производства на ОАО «Керамин» был создан филиал кафедры, что позволило проводить ряд учебных занятий непосредственно на предприятии, усилив производственную направленность учебного процесса. Студенты имеют возможность не только решать реальные производственные задачи, но и защищать свои дипломные работы и проекты непосредственно на предприятии.

В значительной мере активизировалась работа с аспирантами, создана магистратура. Руководство аспирантами осуществлялось профессорами Н. М. Бобковой, И. А. Левицким, И. В. Пищом, доцентами Е. М. Дятловой, И. М. Терещенко, Ю. Г. Павлюкевичем. Профессорско-преподавательский состав кафедры активно пополняется молодыми преподавателями (Ю. А. Климош, А. П. Кравчук, Р. Ю. Попов).

В последние годы существенно обновилась материальная база кафедры. Было приобретено современное высокоэффективное оборудование, в частности дилатометр DIL 402 PC (Германия), спектрофотометр MC 122 (Германия – Беларусь), оптический микроскоп со встроенной аналогово-цифровой фотокамерой Leica DFC 280 (Германия), три вискозиметра фирмы Orton для измерения вязкости стекол в широких пределах (США), прибор для определения микротвердости по Виккерсу 401/402-MVD (Германия), мельница SPEEDY1 (Италия), планетарная шаровая мельница PM-100 (Германия), полировально-шлифовальный станок MINIMET (США), отрезной станок IsoMet (США), полярископ-поляриметр ПКС-250М (Россия) и др.

По инициативе заведующего кафедрой профессора И. А. Левицкого на базе кафедры организовываются и регулярно проводятся

Международные научно-технические конференции с участием ученых из России, Украины, Прибалтики и Польши.

В настоящее время на кафедре преподаются 16 учебных дисциплин, ежегодно выпускаются учебники, учебные пособия и монографии. В период с 2001 по 2010 гг. издан 1 учебник, 2 монографии, 7 учебных пособий с грифом Министерства образования, 16 учебно-методических разработок.

На кафедре успешно сочетается учебная и научно-исследовательская работа, что явилось основой реализуемого на современном этапе обучающе-исследовательского принципа организации образовательного процесса.

Научно-исследовательская работа кафедры осуществлялась по заданиям государственных научно-технических программ, программ ориентированных фундаментальных исследований, заданиям Министерства образования Республики Беларусь и прямым договорам с предприятиями республики и ближнего зарубежья.

В качестве основных научных направлений работы кафедры технологии стекла и керамики можно выделить следующие:

- стекловидные и стеклокристаллические покрытия различного назначения и фактуры для строительной, бытовой и санитарно-технической керамики;
- силикатные материалы на основе природного и техногенного сырья Республики Беларусь (диабазы, глаукониты, гранитоиды, амфиболиты, гальванические шламы и др.);
- стеклокристаллические материалы с биоактивными свойствами (биоситаллы) для стоматологической ортопедии;
- совершенствование производства листового, сортового и медицинского стекла;
- оптические стекла, наноматериалы, волоконная оптика;
- термостойкие керамические материалы;
- стеновая и фасадная керамика;
- методы повышения качественных характеристик глинистого сырья (биообработка, обогащение и др.);
- керамические пигменты;
- стеклокристаллические высокоизносостойчивые материалы на основе технического и природного сырья;
- малосвинцовые легкоплавкие керамические флюсы, стекла и припой;
- химически устойчивые керамические материалы и изделия.

Выполнение НИР по указанным направлениям осуществляется научными группами, включающими преподавателей, штатных научных сотрудников, аспирантов, магистрантов и студентов старших курсов, возглавляемыми

ведущими учеными кафедры: профессорами И. А. Левицким, Н. М. Бобковой, И. В. Пищом, доцентами Е. М. Дятловой, И. М. Терещенко, ведущим научным сотрудником Г. Е. Рачковской и др.

Тематика научно-исследовательских работ, проводимых в 2001–2010 гг. В комплексе НИР под руководством заведующего кафедрой, доктора технических наук, профессора *И. А. Левицкого* принимали участие кандидаты технических наук С. Е. Баранцева, Л. Ф. Папко, Ю. Г. Павлюкевич, Н. В. Мазура, младшие научные сотрудники О. В. Кичкайло, М. В. Дяденко, аспирант И. А. Битель, лаборант С. Г. Олексиевич.

В соответствии с программой «Строительство и архитектура» осуществлена разработка научных основ и технологии получения окрашенных стекловидных материалов строительного назначения на основе сырья Республики Беларусь (2002–2004 гг.).

По результатам исследований спектральных характеристик стекол, синтезированных с использованием комплексного минерального сырья Беларуси (метадиабазов, амфиболитов, гранодиоритов, глауконитовых песков), установлена зависимость цветových характеристик стекол от вида применяемого алюмосиликатного сырьевого материала.

Получены цветные стекла архитектурно-строительного назначения расширенной цветовой гаммы при доминирующей роли оксидов железа.

Показана возможность применения метадиабазов в качестве основного компонента при синтезе цветных фриттованных глазурей с температурой наплавления 850–1100°C, обладающих высокими показателями физико-химических свойств и декоративными характеристиками с блестящей, полуматовой и матовой фактурой. Глазури характеризуются широкой цветовой гаммой: зеленой, светло-коричневой, красно-коричневой, темно-коричневой и шоколадной.

По результатам исследований опубликовано 15 работ и получено 2 патента. Материалы докладывались на 8 международных семинарах и конференциях.

Разработка научных основ структурно-управляемого синтеза стекловидных покрытий по керамике с регулируемым комплексом свойств осуществлялась в соответствии с программой «Вещество 2» (2004–2005 гг.).

Проведено исследование процессов структурообразования при синтезе глазурных стекол и покрытий на основе системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO}(\text{MgO}) - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$. Установлена возможность получения глушенных глазурных покрытий различной фактуры – бле-

стящей, матовой, полуматовой. Показано, что основными глушащими фазами в глазурях являются сфен, анортит и волластонит. Кристаллизации данных фаз предшествует ликвационное разделение в исходных стеклах. Выявлено, что фактура формируемых в температурном интервале обжига 950–1050°C покрытий определяется главным образом соотношением $\text{CaO} : \text{TiO}_2$ в составе глазурных стекол.

По тематике данного исследования опубликовано 15 работ, в том числе 10 статей, 5 тезисов докладов, получено 2 патента, результаты доложены на 12 научно-технических конференциях.

Проведено исследование и предложены способы и условия переработки глауконитсодержащих пород для получения технических материалов различного целевого назначения (2003–2004 гг.).

Получены новые научные сведения о глауконитсодержащих породах и возможности переработки их по следующим целевым направлениям: пигменты и пигменты-наполнители, стекловидные, стеклокристаллические и керамические материалы различного назначения. Применение глауконитсодержащего сырья позволит внедрить импорто- и ресурсосберегающие технологии в производстве вышеуказанных материалов.

Проведены исследования по разработке научных основ синтеза глазурных покрытий, характеризующихся низкой миграцией химических элементов при контакте с пищевыми продуктами (2004–2005 гг.).

Для получения стабильных прозрачных покрытий показана возможность управления механизмом формирования однофазных глазурей на основе стеклообразующей системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ путем введения оксидов-модификаторов RO (CaO , MgO , SrO и их комбинаций) вместо борного ангидрида и установлены предельные концентрации содержания Al_2O_3 , вводимого вместо SiO_2 . Это обеспечивает миграцию в уксуснокислые вытяжки ионов бора и алюминия в количестве не превышающем 0,5 мг/л каждого, что соответствует санитарным нормам и правилам.

Результаты работы докладывались на пяти международных конференциях, опубликовано 6 статей и 1 тезис докладов, получено 2 патента.

Проведена разработка составов масс и технологии изготовления керамических изделий для реставрации фасадов зданий по ул. Ленина г. Минска (2005–2006 гг.).

Созданы состав керамической массы и технология получения морозостойких керамических фасадных изделий: балясин, декоративных плиток, плиток облицовки фасадов и др., которые внедрены в производство на ком-

бинате декоративно-прикладного искусства им. А. М. Кищенко в г. Борисове (2007 г.).

Результаты исследований являются частью диссертационной работы Е. О. Богдан.

На IX Московском Международном салоне инноваций и инвестиций (г. Москва, 26–29 августа 2009 г.) разработана удостоена Бронзовой медали.

Опубликовано 5 статей, получено 2 патента, результаты исследований доложены на 8 конференциях.

В соответствии с программой «Химические реагенты и материалы» проводится выполнение НИР «Исследование взаимосвязи процессов фазо- и структурообразования с реологическими свойствами стеклообразующих расплавов с целью создания стекловидных материалов многофункционального назначения» (2006–2010 гг.).

Исследованы фазовые превращения в цинковоборатных системах, определены составы стекол, дающих качественное покрытие на стеклянной подложке при обжиге в интервале температур 560–580°C, проведено исследование температурной зависимости вязкости в диапазоне $10^3 - 10^{14}$ Па·с стекол систем $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ на вискозиметрах фирмы «Orton» (США).

Установлено влияние фазового разделения (ликвации, кристаллизации) на вязкость стекол и расплавов с повышенным содержанием B_2O_3 , SiO_2 , CaO и критерии выбора составов стекловидных покрытий по керамике и стеклу по реологическим свойствам.

По результатам исследований опубликовано 12 работ, получено 3 патента, материалы доложены на 8 конференциях.

Проведены исследования и разработаны составы масс и технология изготовления плиток для полов, предназначенных для реставрации дворцово-паркового ансамбля в г. Несвиже (2006–2007 гг.).

Практическая значимость состоит в изобретении и внедрении составов масс и технологии получения орнаментированных плиток полов методом двухслойного полусухого прессования в условиях комбината декоративно-прикладного искусства им. А. М. Кищенко в г. Борисове (2008 г.).

Проведено научное редактирование и подготовка к изданию серии стандартов ИСО на медицинское стекло и изделия из него в соответствии с Программой технического нормирования и стандартизации Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2008 г. (2008–2009 гг.).

Разработана технология получения керамзита с использованием гальваношламов для Петриковского керамзитового завода ОАО «Гомельский ДСК» (2008–2009 гг.).

Реализация НИР при производстве керамзита позволит утилизировать порядка 3,5 тыс. т гальваношламов, образующихся на Белорусском металлургическом заводе, снизить энергоемкость производства, улучшить экологическую ситуацию региона, сохранить качественные показатели пористого заполнителя и исключить вымывание из него тяжелых металлов.

Произведены анализ состояния, определение перспектив развития, разработка предложений по решению проблемных вопросов, координация научных исследований и организация работ по научно-техническому обеспечению ОАО «Полоцк-Стекловолокно» и других предприятий стекольной промышленности (2006–2008 гг.).

Научная новизна работы состоит в разработке предложений по техническому переоснащению предприятий ОАО «Гомельстекло», ОАО «Стеклозавод “Неман”», ПРУП «Борисовский хрустальный завод», ОАО «Полоцк-Стекловолокно», ПРУП «Завод “Оптик”» и ОАО «Брестский электроламповый завод» путем внедрения прогрессивного технологического оборудования и агрегатов, энергосберегающих технологических процессов стекловарения и других переделов технологии производства изделий из стекла с целью повышения конкурентоспособности продукции, увеличения экспортного потенциала, утилизации отходов промышленного производства и улучшения экологии.

Осуществлен анализ финансово-хозяйственной деятельности, технического состояния производства и экологической ситуации на указанных предприятиях.

Научно-практическое значение работы состоит в определении перспектив развития предприятий и разработке предложений, реализация которых обеспечит их выход на одну из ведущих позиций в экономике республики.

В рамках программы «Строительство и архитектура» проведена разработка научных основ энергосберегающей технологии получения стеклокристаллических покрытий для строительной керамики (2006–2010 гг.).

Исследованы процессы глазурирования в стеклообразующих сырьевых композициях, впервые в практике синтезирован новый состав белой глушеной блестящей нефритовой глазури на основе сырьевой композиции, не содержащей токсичных компонентов, с использованием борсодержащего природного колеманита.

Проведена промышленная апробация глазури состава К-6 на ОАО «Керамин» с положительным результатом, подтвердившим возможность использования ее на данном предприятии с ожидаемым экономическим эффектом 240,4 тыс. евро в год.

Н. В. Мазура защищена кандидатская диссертация «Глушеные глазури для санитарных керамических изделий».

С использованием разработанных фритт получены составы полуфриттованных износостойких покрытий для декорирования плиток для полов. Определен комплекс технологических, физико-химических и декоративно-эстетических характеристик.

Оптимизированы составы цирконийсодержащих фритт и показана возможность использования бесциркониевой фриттованной составляющей при синтезе полуфриттованных глазурных покрытий с целью декорирования плиток для полов, что позволит снизить топливно-энергетические затраты на их производство.

Опубликовано 27 статей, 4 тезиса докладов, получено 5 патентов, подана 1 заявка на изобретение, результаты доложены на 22 конференциях.

Произведено определение ТКЛР, структуры и фазового состава керамических масс, глазурей с выдачей рекомендаций по устранению отклонений параметров для ОАО «Березастройматериалы» и ОАО «Керамин» (2004–2010 гг.).

Под руководством **Н. М. Бобковой** за последнее десятилетие выполнен ряд научно-исследовательских работ, посвященных созданию стеклокристаллических, тугоплавких, теплоизоляционных материалов и стекол различного назначения. В составе группы работали старший научный сотрудник С. Е. Баранцева, младший научный сотрудник Е. Е. Трусова, кандидат технических наук А. П. Кравчук. Так, в рамках программы «Вещество» (2001–2003 гг.) исследованы процессы формирования структур ряда тугоплавких соединений шпинельного типа, полученных методом химического осаждения. Новизна разработки состоит в оптимизации условий получения химически осажденных смесей для последующего синтеза шпинелей методом гидроксидного осаждения.

Установлены условия получения высокоплотных осадков исходных веществ в высокодисперсном состоянии для последующего синтеза шпинелей, позволившие снизить температуру их синтеза на 300–400°C.

По результатам работы опубликовано 7 статей, 2 материала Международных конференций, 2 тезиса докладов. Получен 1 патент на изобретение.

Выполнена диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук Н. Ф. Поповской.

Вышеуказанные исследования продолжены в рамках программы «Вещество-2» (2004–2005 гг.). Установлено, что на этапе совместного осаждения и при термообработке процессы

формирования алюмохромовой и алюмомагниево-шпинелей обусловлены различием степени ковалентности их связей.

Разработана технологическая схема получения керамики с применением метода химического осаждения.

По результатам НИР опубликовано 8 статей, получено 2 патента на изобретение.

По заданию Министерства образования Республики Беларусь проведена НИР «Разработка научных основ регулирования фазовых переходов в стеклообразных системах при введении 3d-элементов» (2000–2001 гг.). Установлено различие влияния оксидов Cr^{3+} , Fe^{3+} и Mn^{3+} на процессы фазообразования в стеклах пироксенового состава.

Изучена двустадийность процессов кристаллизации стекол: формирование хромжелезистых шпинелидов типа $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$, а затем активное пироксенообразование.

Даны рекомендации по использованию результатов исследования при синтезе петроситаллов и каменного литья.

Результаты исследований опубликованы в трех статьях.

В рамках программы «Материал» (2001–2005 гг.) разработаны научные основы управления процессами фазообразования в стеклах на основе минеральных расплавов с целью создания высокоизносостойчивых стеклокристаллических материалов. Исследованы процессы ситаллизации стекол, полученных из расплавов диабаз – гранит и гранитоидов, и доказана устойчивость хромшпинелидов в ходе направленной кристаллизации.

Исследовано влияние стимуляторов кристаллизации Cr_2O_3 и Fe_2O_3 на фазообразование.

Разработаны составы петроситаллов на основе отходов производства строительного камня Микашевичского РУПП «Гранит».

Изготовлена опытная партия мелющих тел из разработанного петроситалла, которая прошла успешные испытания на ОАО «Керамин».

По результатам работы опубликовано 5 статей, 6 материалов конференций, 5 тезисов докладов, получено 2 патента Республики Беларусь.

По результатам данных исследований защищена диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук А. П. Кравчуком.

В 2005–2006 гг. проведены исследования по установлению закономерностей межфазового взаимодействия в присутствии поверхностно-активных веществ и разработка составов и технологии получения пористого теплоизоляционного материала на основе минерального сырья Республики Беларусь. Выполнены детальные экспериментальные исследования

свойств стекол в системе «гранитоиды – мел – кальцинированная сода – кварцевый песок». Для разработанных составов стекол изучен процесс вспенивания в присутствии ПАВ (MoO_3 , WO_3 , Cr_2O_3) и показано, что наилучшую вспенивающую способность обеспечивает Cr_2O_3 в количестве 0,05–0,10 мас. %.

Опубликовано 2 статьи, 5 материалов конференций. Получено 2 патента на изобретение.

Данные исследования явились основой для выполнения работ по разработке составов сырьевых смесей для пеностекла с использованием гранитных отсеков РУПП «Гранит» на основе хозяйственного договора с ОАО «Гомельстекло». Установлена возможность введения в сырьевую композицию для пеностекла до 10% гранотсеков при сохранении их теплоизоляционных свойств и разработаны температурно-временные параметры вспенивания.

Проведена промышленная апробация пеностекольных смесей в условиях ОАО «Гомельстекло», определены свойства образцов из пеноблоков на соответствие требованиям нормативно-технической документации.

В настоящее время под руководством профессора Н. М. Бобковой выполняется разработка стекловидных и керамических материалов с расширенным диапазоном свойств для электродов рН-метрических приборов. Цель работы: создание научных основ регулирования физико-химических и электротехнических свойств материалов, обеспечивающих расширение электродных функций и создание конкурентоспособных импортозамещающих стеклянных электродов для рН-метрических приборов.

Установлены закономерности изменения свойств и щелочестойкости электродных стекол от содержания BaO и ZrO_2 . Оптимальные составы стекол переданы РУП «Гомельский завод измерительных приборов».

Изучено влияние P_2O_5 , ZrO_2 и фторидов на устойчивость стекол во фторсодержащих средах. Разработан ряд составов керамики для электролитических ключей стеклянных электродов.

Оптимальные составы стекол и керамики переданы РУП «Гомельский завод измерительных приборов».

По результатам работы опубликованы 2 статьи и 9 тезисов докладов, подано 4 заявки на изобретение.

Под руководством профессора **И. В. Пицца** при участии кандидатов технических наук Ю. А. Климоша, В. А. Бирюка, С. Е. Баранцевой, Н. А. Гвоздевой, аспирантов Р. Ю. Попова, Е. Е. Трусковой, К. Б. Подболотова, лаборантов В. Г. Киселевой, В. Ф. Кузьменкова выполнен ряд НИР. Так, осуществлен синтез химически стой-

ких керамических материалов и исследованы их антикоррозионные свойства (2001–2003 гг.).

Комплекс физико-химических исследований влияния химико-минералогического состава алюмосиликатного сырья на антикоррозионные свойства полученных керамических изделий позволил разработать принципы направленного регулирования процессов спекания, структуро- и фазообразования при получении химически стойкой керамики. Выявлено положительное влияние ионов железа на образование в расплаве структурных тетра- и октаэдрических группировок кремния и алюминия и формирование муллита, обеспечивающего повышение химической стойкости керамических материалов.

Н. А. Гвоздевой защищена кандидатская диссертация «Получение химически стойкой керамики на основе сырья Республики Беларусь». Получено 2 патента.

По теме «Создание новых химически стойких материалов и исследование их физико-химических, технологических и функциональных свойств» (2003–2005 гг.) проведены исследования свойств разработанных композитных антикоррозионных масс для промазки и пропитки керамических изделий и футеровочных материалов, полученных с использованием огнеупорных глин, циркона и техногенного отхода ОАО «Атлант». Материал обладает химической стойкостью к концентрированной H_2SO_4 и $NaOH$ в пределах 94,8 и 98,3% соответственно и может быть использован в химической, гидролизной, фармацевтической промышленности для продления срока службы футеровочных керамических изделий.

Проведены исследования влияния различных электролитов на реологические свойства шликеров (2003–2004 гг.). Установлены оптимальные составы дефлокулянтов, которые внедрены в производство на ОАО «Керамин».

Реальный экономический эффект составил 120 млн. руб.

В период 2006–2010 гг. осуществлялось исследование влияния различных добавок на физико-химические свойства керамических стеновых материалов с целью повышения эксплуатационных показателей. Основными результатами работы являются: снижение формовочной влажности керамических масс, улучшение их формовочных и сушильных характеристик, повышение эксплуатационных и декоративных свойств стеновых керамических материалов путем введения в керамическую массу различных модификаторов и поверхностно-активных веществ.

Установлены особенности процессов декарбонизации, фазообразования, спекания керамических материалов, полученных на основе

глин различного химико-минералогического состава. Разработаны составы масс, технология изготовления керамического кирпича с повышенной пористостью и установлено влияние химико-минералогического состава глин и отходов производства на физико-химические свойства и цветовые характеристики.

Разработанные составы керамических масс прошли полупромышленную апробацию в условиях ОАО «Керамин» и испытательного центра ГУ «Институт “НИИСМ”».

В 2006–2010 гг. группой под руководством И. В. Пища разрабатываются новые неорганические пигменты и материалы на их основе, обладающие высокими хромофорными свойствами, жаростойкостью, химической устойчивостью. Установлены закономерности изменения структуры, цветовых характеристик синтезированных пигментов в зависимости от метода синтеза, исходных компонентов и температурно-временного фактора. Изучено влияние минерализаторов и модификаторов на образование цветонесущей фазы. Пигменты рекомендованы для окрашивания глазурей, ангобов, керамических масс. Получено 2 патента на изобретение Республики Беларусь.

Гидрофобизация стеновых строительных материалов предохраняет их от разрушения, вызванного воздействием влаги и автомобильного смога, позволяет продлить долговечность, межремонтный период, улучшить комфорт и эстетичность зданий и сооружений, поэтому разработка органоминеральных гидрофобизаторов является актуальной задачей.

В результате проведенных исследований (2009–2010 гг.) введен новый состав гидрофобизирующего раствора № 15 $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ на основе кальцийцинкборфосфатного связующего, эмульсии Тего 6600 и воды. Адсорбционная способность поверхности, водопоглощение и механическая прочность гидрофобизированных керамических образцов свидетельствуют о его эффективности и подтверждаются краевым углом смачивания жидкости на обработанной поверхности, составляющим 105–115°. Морозостойкость соответствует требованиям нормативной документации для керамических стеновых изделий.

Впоследствии опубликована 1 статья, подана заявка на изобретение. Материалы доложены на 2 конференциях.

Под руководством кандидата технических наук, доцента *Е. М. Дятловой* проведены исследования по влиянию биологической обработки на улучшение качественных характеристик глинистого сырья, разработаны основы синтеза керамических и композиционных материалов с низкими значениями термического

расширения, керамических проницаемых структур, огнеупорных и керамических материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

В комплексе вышеуказанных НИР принимали участие кандидаты технических наук В. А. Бирюк, С. Е. Баранцева, Е. С. Какошко, С. Л. Радченко, В. В. Тижовка, младший научный сотрудник К. Б. Подболотов.

В частности, проведены поисковые исследования по установлению закономерностей воздействия биологической обработки на реологические, структурно-механические, сушьильные и другие характеристики глин Республики Беларусь с целью получения керамических изделий с высокими технико-экономическими показателями, а также закономерностей структурообразования глинистых дисперсных систем, обработанных силикатными и другими бактериями, и синтез керамики на их основе (2001–2003 гг.).

Проведены комплексные экспериментальные исследования влияния культуральной жидкости на основе бактерий *Bacillus mucilaginosus* на технологические, структурно-механические и адсорбционные характеристики глинистых дисперсных систем, позволившие установить закономерности изменения свойств в зависимости от параметров биологической обработки (количество вводимых бактериальных клеток, температура, время выдержки) во взаимосвязи с исходным химико-минералогическим составом, дисперсностью, количеством природной микробиоты полиминеральных глинистых пород.

Е. С. Какошко защищена кандидатская диссертация «Повышение качественных характеристик полиминерального глинистого сырья путем его биологической обработки». Получен патент на изобретение Республики Беларусь.

В рамках программы «Материал» проведена разработка физико-химических основ и технологических аспектов создания высокопористых структур теплоизоляционных и акустических материалов (2001–2005 гг.).

Разработаны составы и технологические параметры получения керамических теплоизоляционных и акустических материалов, синтезированных на основе тугоплавкого алюмосиликатного сырья Республики Беларусь и побочных продуктов производства с использованием метода выгорающих добавок и химического газообразования. Керамические материалы из разработанных составов рекомендованы для футеровки теплотехнических установок и агрегатов, что обеспечит снижение потерь тепла в окружающую среду и, как следствие, сокращение расхода топливно-энергетических ресур-

сов, а также позволит уменьшить импорт теплоизоляционных изделий.

С. Л. Радченко защищена кандидатская диссертация «Теплоизоляционные тугоплавкие материалы на основе сырья Республики Беларусь».

Синтезированы керамические и композиционные материалы в системе $\text{Li}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ с модифицированием ее ранее не изученными цинк-, марганец-, титан-, цирконий- и фосфорсодержащими кристаллическими фазами, предварительно синтезированными ганитом (ZnAl_2O_4), пирофанитом (MnTiO_3), тиалитом (Al_2TiO_5), поликристаллическими неорганическими волокнами, комбинациями фосфорсодержащих соединений с оксидами цинка и циркония. В результате получен ряд керамических материалов с широким диапазоном значений ТКЛР: с малыми значениями $(1,0-1,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, близкими к нулю $(-0,3...+0,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и отрицательными $(-8,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (2001–2005 гг.). Получено два патента на изобретение Республики Беларусь.

Разработаны многофункциональные пористые проницаемые материалы с комплексом высоких физико-механических и термических свойств, которые рекомендовано использовать в качестве пористых элементов для потребности фильтрационных, аэрационных, диспергационных и очистных процессов; в создании теплоизоляционных и огнеупорных материалов, получаемых в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для использования в качестве покрытий и футеровки высокотемпературных печей в различных отраслях промышленности.

По тематике задания (2005–2006 гг.) К. Б. Подболотовым выполнена и подготовлена к защите диссертационная работа «Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы, полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза» на соискание ученой степени кандидата технических наук. Получено 2 патента на изобретение Республики Беларусь.

Оптимизированы рецептурно- и технологические параметры получения термостойких электроизоляционных изделий для различных термических нагрузок в соответствии с условиями эксплуатации и требованиями машиностроительных предприятий. Разработан технологический регламент на изготовление термостойких изделий (при частичном использовании белорусского сырья и отходов производства), а также технические условия (ТУ) Республики Беларусь на термостойкие керамические изделия. Выданы исходные данные для выполнения технического проекта участка (цеха) термостойких электроизоляционных изделий. Выпущена опыт-

ная партия изделий в соответствии с техническими условиями и регламентом (2006–2007 гг.).

Опытные партии керамических тепло- и электроизоляторов внедрены на филиале РУП «Гомсельмаш» – «Завод самоходных комбайнов» – в термическом цехе № 1 в нагревательных элементах печей цементации металлоизделий, а также на РУП «Борисовский завод “Гидроусилитель”» в печах сопротивления (2008–2010 гг.).

В рамках программы «Строительство и архитектура» осуществлена разработка физико-химических основ создания керамического кирпича и мертеля повышенной термостойкости на основе природного сырья Республики Беларусь для строительства печей различного назначения (2007–2010 гг.).

Разработаны составы шихтовых композиций керамических материалов с комплексом свойств (низкий ТКЛР и высокая механическая прочность и теплопроводность), обеспечивающих высокую термостойкость (более 50 теплосмен) при резком нагревании и охлаждении, которые рекомендованы для получения термостойкого керамического кирпича для кладки печей.

Разработаны оптимальные составы мертеля, согласующиеся по свойствам с керамическим материалом для печного кирпича и обеспечивающие кладочному раствору повышенную (более чем в два раза) термостойкость (более 20 теплосмен), имеющие близкий керамическому материалу ТКЛР, равный $(5-7) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, что позволяет повысить срок эксплуатации бытовых, банных печей, каминов и других низкотемпературных тепловых установок.

Получен патент на изобретение Республики Беларусь и подано 2 заявки.

На кафедре выполнялись ранее и ведутся до настоящего времени научно-исследовательские работы по другим приоритетным научным направлениям. Так, в рамках Межвузовской республиканской программы «Спектроаналитика» (2001–2003 гг.) и Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Спектроскопия и люминесценция молекулярных и субмолекулярных систем» («Спектр», 2004–2005 гг.) выполнялись научно-исследовательские работы под руководством кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника **Г. Е. Рачковской** с участием младшего научного сотрудника Г. Б. Захаревич. Созданы составы стекол, которые рекомендованы для изготовления светофильтров типа ЖС-4, отсекающих ультрафиолетовую область спектра и применяющихся в оптическом приборостроении.

Опубликовано 2 статьи, 5 тезисов докладов, результаты доложены на 5 конференциях, получено 4 патента.

Одной из приоритетных и перспективных научно-исследовательских работ, осуществленных кафедрой в рамках Межвузовской программы фундаментальных исследований «Лазерные технологии» (2003 г.), а затем ГПОФИ «Когерентность» (2004–2005 гг.), являлась НИР «Разработка научных основ синтеза новых эффективных стеклообразных материалов для лазерных пассивных затворов». Продолжила эту тему деятельность в рамках инновационного фонда «Разработать стекла, содержащие наночастицы сульфида свинца для пассивной синхронизации мод и модуляции добротности Nd:ИАГ лазеров» (2006–2009 гг.). Результатом этих работ явились новые составы оптических стекол для пассивных затворов твердотельных лазеров ближнего инфракрасного диапазона. Разработанные стекла использованы при создании лазерного комплекса для лабораторных практикумов ВУЗов и внедрены в качестве пассивного затвора лазера в учебный процесс на кафедре лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белгосуниверситета.

Опубликовано 3 статьи, 6 тезисов докладов, результаты доложены на 6 конференциях, получен 1 патент.

В настоящее время изучается перечень вопросов, включенный в ГКПНИ «Наноматериалы и нанотехнологии (2006–2010 гг.): “Разработка основ получения, изучение оптических характеристик и перспектив применения в электронно-оптических компонентах новых композиционных материалов на основе диэлектрических матриц, содержащих квазинульмерные частицы”». В результате созданы стекломатериалы, содержащие наночастицы сульфида и селенида свинца, успешно зарекомендовавшие себя в качестве просветляющихся сред для пассивной синхронизации мод и модуляции добротности лазеров, генерирующих в ближней инфракрасной области спектра.

Опубликованы 4 статьи, 12 тезисов докладов, результаты доложены на 12 конференциях, получено 4 патента, подано 2 заявки на изобретение.

На кафедре постоянно, на протяжении многих лет под руководством Г. Е. Рачковской ведутся научно-исследовательские работы для предприятий Российской Федерации (ООО «СКТБ ЭлПА», ООО «КварцСенс» г. Углич) по разработке и исследованию легкоплавких стекол для спаев, пассивации и герметизации приборов электронной техники. Разработаны и внедрены на указанных предприятиях легкоплавкие стекла для спаев монокристаллического кварца и пьезокварца, а также для герметизации корпусов микросборок в производ-

стве баро- и термочувствительных резонаторов. Ведутся работы по созданию стеклоцементов для высокотемпературных сплавов с монокристаллами лангасита и лантангалиевого танталата.

Группой под руководством кандидата технических наук, доцента **И. М. Терещенко** при участии кандидата технических наук А. П. Кравчука и магистранта Е. В. Карпович выполнены следующие научно-исследовательские работы.

Разработаны составы цветного стекла для изготовления светотехнических изделий. В ходе исследований выявлены закономерности изменения свойств опытных стекол в зависимости от химического состава (2003–2004 гг.). Особенностью спектров пропускания таких стекол является весьма слабое поглощение света в красной части видимого спектра, поэтому стекла характеризуются практически полным поглощением в синей и зеленой его частях. При этом изменение окраски стекол от светло-зеленой до рубиновой связано с изменением соотношения красящих комплексов CdS и CdSe в стекле. На основе проведенных исследований в качестве оптимального выбран состав № 2-ор, который прошел промышленную апробацию.

Разработаны высокотехнологические составы медицинских стекол и технологические параметры производства изделий на их основе с целью использования на предприятиях Республики Беларусь (2007–2008 гг.). Сущность работы состояла в оптимизации составов боросиликатных стекол в выбранной области системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Li}_2\text{O} - \text{ZnO} - \text{CaO} - \text{BaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ на основе изучения их существенных характеристик: водо- и щелочестойкости, ТКЛР, температурной зависимости вязкости.

В настоящее время выполняются исследования по совершенствованию химического состава листового стекла с целью повышения эффективности производства (2009–2011 гг.).

Сущность работы состоит в оптимизации составов листовых стекол в выбранной области системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ на основе изучения их варочных, выработочных и кристаллизационных характеристик.

Снижение температуры варки на 95°C до уровня значений $1560\text{--}1580^\circ\text{C}$ позволяет повысить качество и выход годной продукции, улучшить осветление стекломассы, увеличить ее съем на 10–15%. При этом обеспечивается улучшение эксплуатационных свойств стекол: механической прочности и химической устойчивости.

В результате изучения влияния Na_2SO_4 и угля на варочные и выработочные характеристики листового стекла в промышленных условиях разработан новый состав шихты, в котором количество сульфата снижено при сохранении соотношения сульфат/уголь, что приво-

дит к уменьшению количества растворенного в стекле триоксида серы при сравнительно стабильном содержании FeO и значении Redox, обеспечивая при этом снижение количества пузырей и мошки в стекле и, соответственно, увеличение выхода стекла высоких марок. Попутно частично решена проблема снижения вредных выбросов SO_3 в окружающую среду. Результаты НИР планируется использовать в производстве листового стекла в условиях ОАО «Гомельстекло».

Выполняется исследование по совершенствованию составов хрустальных стекол с целью снижения затрат на производство изделий. В ходе работы изучены варочные, выработочные, кристаллизационные и физико-химические свойства синтезированных стекол. Так, они имеют высококую степень прозрачности, величину показателя преломления $1,55\text{--}1,57$ и значение дисперсии $0,008\text{--}0,020$, что достигается введением таких компонентов, как CaO и ZnO, и обеспечивает комплекс оптических эффектов, присущих хрустальным стеклам (блеск, «игра» света, «колер» стекол).

При выполнении первого этапа работы синтезированы составы хрустальных стекол. Установлено, что в данной системе возможно получение сортовых бесвинцовых стекол из составов, в которых полностью выведен токсичный и дорогостоящий компонент Pb_3O_4 . Наиболее приемлемыми характеристиками обладали составы стекол с повышенным содержанием CaO и ZnO. Для дальнейших исследований выбраны те составы стекол, у которых показатель преломления – $1,53\text{--}1,54$; плотность – $2540\text{--}2600 \text{ кг/м}^3$; $\text{TKЛР} \cdot 10^7 = 95,0\text{--}107,0 \text{ K}^{-1}$.

Результаты НИР планируется использовать на предприятиях-изготовителях изделий из хрустала ПРУП «Борисовский хрустальный завод» и ОАО «Стеклозавод «Неман»».

Одним из важнейших направлений деятельности кафедры является организация и руководство студенческой научной работой. За последние пять лет (2005–2009 гг.) в выполнении научных исследований по бюджетным и договорным НИР на кафедре участвовало 145 студентов, студенты 4-х и 5-х курсов были задействованы полностью, 100 человек работало на условиях оплаты. Основная часть дипломных работ студентов стационара выполнялась с элементами научных исследований. За этот период студентами по результатам НИРС сделано 293 доклада на 30 международных и республиканских научно-технических конференциях, опубликовано 237 работ, включая 149 статей, подано 6 заявок на выдачу патентов. В 2003 г. на кафедре организована и функционирует студенческая научно-

исследовательская лаборатория «Химия и технология силикатов», научным руководителем которой является кандидат технических наук, доцент Ю. Г. Павлюкевич.

По результатам республиканского конкурса лучшим студенческим научным работам присвоены: I категория – 18 работам, II – 36 и III – 5 работам. По результатам Всероссийского конкурса выпускных дипломных работ звание лауреатов имели авторы 2 работ, дипломы I-й степени – 3, 2-й степени – 1 и 3-й степени – 2 работ.

Эффективность научно-исследовательской деятельности коллектива кафедры технологии стекла и керамики за 2005–2009 гг. подтверждают 398 публикаций, из них 124 статьи, 157 материалов конференций, 116 тезисов докладов, в том числе за рубежом 70 статей, 36 материалов конференций, 51 тезис докладов. Новизна разработок подтверждена 70 патентами.

В течение вышеуказанного периода разработки кафедры демонстрировались на 96 выставках, из них на 72 международных, которые состоялись в России, Туркменистане, Украине, Латвии, Корею, ОАЭ, Китае, Польше, Сирии, Казахстане, Литве, Египте, ФРГ, Бахрейне, ЮАР, Турции, Ливане, Молдове, Вьетнаме, Иордании, Азербайджане, Индии, Венесуэле, Ливии и др.

Результаты НИР доложены на 100 научных конференциях и семинарах, в том числе на 68 международных. Сделано 369 докладов, включая 217 на международных.

Общий объем финансирования научно-исследовательских работ кафедры за 2005–2009 гг. составил 1 522 217,3 млн. руб.

Заключение. Анализ содержания и основных показателей научных исследований, проводимых на кафедре технологии стекла и керамики, позволяет сделать вывод, что коллектив кафедры сохранил традиции и преемственность научной школы, заложенной ее основателем и последователями. На кафедре успешно ведутся исследования по наиболее актуальным науч-

ным направлениям, а их результаты востребованы народнохозяйственным комплексом республики.

Хорошая материальная база и современное оборудование известных мировых производителей, используемое для проведения физико-химических исследований, имеющееся в университете, обеспечивают проведение исследований на высоком научном уровне.

Научные работы ученых кафедры регулярно публикуются в ведущих академических и профильных журналах республики и за рубежом. Кафедра поддерживает тесные связи с коллегами из России, Украины, Польши, Германии, Латвии и других стран, активно участвуя во всех проводимых международных конференциях, съездах, симпозиумах, выставках. К научным исследованиям широко привлекаются студенты.

Все это является основой успешной реализации на практике обучающе-исследовательского принципа подготовки специалистов химико-технологического профиля, а также специалистов высшей квалификации.

Литература

1. Левицкий, И. А. К 70-летию кафедры технологии стекла и керамики Белорусского государственного технологического университета / И. А. Левицкий, Н. М. Бобкова // Стекло и керамика. – 2005. – № 6. – С. 3–6.
2. Левицкий, И. А. Кафедре технологии стекла и керамики БГТУ – 65 лет / И. А. Левицкий, Н. М. Бобкова // Стекло и керамика. – 2000. – № 12. – С. 3–6.
3. Левицкий, И. А. 70 лет кафедре технологии стекла и керамики БГТУ / И. А. Левицкий, Н. М. Бобкова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2005. – № 5. – С. 2–7.
4. Левицкий, И. А. Кафедре технологии стекла и керамики БГТУ – 65 лет / И. А. Левицкий, Н. М. Бобкова // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганич. в-в. – 2000. – Вып. VIII. – С. 361–373.

Поступила 31.03.2010