

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ НЕЙТРАЛЬНЫХ СТЕКОЛ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ СТЕКЛОТАРЫ

*Д.Н. Хвесеня, И.М. Терещенко*  
**Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет»**

**Summary.** *In the manufacture of medical vials borosilicate glasses based on a problem that is connected with the hydrolytic stability of these glasses. The output corresponding to the requirements of the product does not exceed 12–15%. Attempts to control temperature and time molding bottles regimes have not led to an improvement in product quality. At the Department of Glass and Ceramics technology BSTU were examined reasons for the low quality of medical glass. The main reason for the low yield rate of products turned high content of boron oxide in the glass composition. To solve this problem, optimization of the chemical composition of the glass was carried out. The study was designed optimal composition comprising, by weight. %:  $\text{SiO}_2$  – 73,0;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,0;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 7,0;  $\text{ZnO}$  – 2,0;  $\text{BaO}$  – 2,5;  $\text{CaO}$  – 1,5;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 8,0;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,0. Chemical stability of the synthesized composition is as follows: water resistance – I hydrolytic class, alkali resistance – I class (loss of 36.57 mg/dm<sup>2</sup>).*

При производстве медицинских флаконов на основе боросиликатного стекла ХТ-1 в условиях ПРУП «Борисовский хрустальный завод» имеет место несоответствие качества выпускаемой продукции требованиям СТБ ISO 4802-1, регламентирующим гидролитическую устойчивость внутренней поверхности сосудов. Как правило, гидролитическая устойчивость медицинской стеклянной тары соответствует классу НС-3, в то время как стекло и получаемый из него полуфабрикат – стеклотрубка, из которой формуются флаконы, имеют I класс водостойкости (НС-1). В итоге выход годной продукции (по 1-му классу водостойкости) не превышает 12–15 %. Предпринимаемые попытки регулирования температурного и временного режимов формования флаконов не привели к улучшению качества продукции. Следует отметить, что сходные проблемы имеют место у других производителей медицинских флаконов, в частности на Полтавском заводе, работающем на составе УСП-1.

На кафедре технологии стекла и керамики БГТУ проведено изучение причин низкого качества флаконов, производимых ПРУП «Борисовский хрустальный завод». В ходе проведенной работы установлено следующее: основной причиной низкого выхода годной продукции является повышенное содержания оксида бора в составе стекла. Главная проблема использования оксида бора в стекле – высокая степень улетучивания. Из-за высокой степени улетучивания  $\text{B}_2\text{O}_3$  образуется стекломасса с неоднородным химическим составом по объему. Улетучивание  $\text{B}_2\text{O}_3$  имеет место как в выработочном канале печи, так и при формовании полуфабриката-стеклотрубки.

На первом этапе исследований была предпринята попытка оптимизации химического состава исходного стекла с целью снижения содержания  $\text{B}_2\text{O}_3$  без ухудшения его эксплуатационных и технологических характеристик. В качестве базовой для синтеза составов нейтральных стекол была выбрана система  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  (где  $\text{R}_2\text{O}$  –  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{RO}$  –  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$  и  $\text{MgO}$ ), а именно, ее область, ограниченная следующим содержанием компонентов, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 71–74;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 4–7;  $\text{R}_2\text{O}$  – 6,5–8,5;  $\text{RO}$  – 4–7;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 6–9.

Так как, увеличение количества щелочных компонентов является нежелательным, вследствие ухудшения химической устойчивости стекол – основное свойство для медицинского стекла и роста ТКЛР, то оптимизацию химического состава проводили путем определения оптимального соотношения оксидов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{RO}$  при пониженном содержании  $\text{B}_2\text{O}_3$  – весьма дорого и сложного в технологическом плане оксида. Введение  $\text{K}_2\text{O}$  дополнительно к  $\text{Na}_2\text{O}$  является целесообразным ввиду проявления двущелочного эффекта.

Варка стекла проводилась в газовой пламенной печи периодического действия. Скорость подъема температуры в печи обычно составляла 250–300 °С, продолжительность выдержки при максимальной температуре составляла 1 ч. Максимальная температура варки определялась составом стекла и составляла 1500–1600 °С. При достижении однородности стекломассы тигли извлекались из печи и из стекломассы формовали изделие. Формование стекломассы проводили отливкой в формы. Образцы стекол сразу же переносили в муфельную печь и проводили отжиг.

Для полученных образцов были определены следующие физико-химические свойства: ТКЛР, химическая устойчивость, кристаллизационная способность. Отмечено, что с увеличением в составах количества CaO и снижением количества ZnO показатель ТКЛР увеличивается с  $57,236 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  до  $62,327 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  соответственно. Изучение кристаллизационной способности показали, что стекла чрезвычайно устойчивы к кристаллизации. Это объясняется достаточным содержанием в них оксида алюминия (5,0 мас. %). Что касается водостойкости, то наиболее значимое влияние оказывает содержание ZnO в стеклах, причем рост водостойкости наблюдался, как при замещении оксидом цинка оксида калия, так и при замене им оксида бора (результаты представлены на рисунке 1).

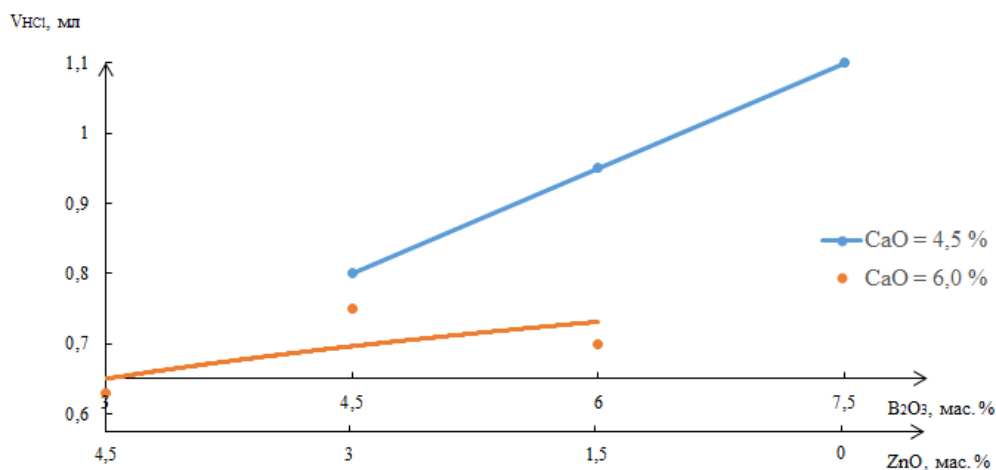


Рисунок 1 – Зависимость показателя водостойкости от содержания В<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ZnO.

Как следует из рисунка 1, введение ZnO вместо В<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 0 мас. % до 3 мас. %, приводит к снижению количества мигрирующих в раствор ионов почти на 40 %, что соответственно увеличивает показатель водостойкости. Полученные результаты в достаточной мере неожиданны и требуют дополнительного изучения.

В ходе исследования был разработан оптимальный состав, включающий, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 73,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,0; В<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7,0; ZnO – 2,0; ВаО – 2,5; СаО – 1,5 Na<sub>2</sub>O – 8,0; К<sub>2</sub>O – 1,0. Химическая устойчивость синтезированного состава характеризуется следующими показателями: водостойкость – I гидролитический класс, щелочестойкость – I класс (потери 36,57 мг/дм<sup>2</sup>).

Использование подобного стекла для производства медицинской тары позволит снизить затраты на производство, поскольку В<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, вводимый в состав стекол борной кислотой, является весьма дорогостоящим компонентом, а его содержание в экспериментальном составе на 3,5 % ниже чем в промышленном ХТ-1. Также снижение содержания оксида бора позволит повысить технологичность процессов производства изделий; снизить количество брака на стадии формования полуфабриката (стеклотрубки), выработки и отжига изделий (флаконы, ампулы).