

УДК 666.1

М.В. Дяденко, И.А. Левицкий, В.Г. Лугин, А.С. Глинский
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ TeO_2 и V_2O_5 НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ

Аннотация. В работе представлено сравнительное влияние оксидов теллура и ванадия на технологические характеристики (кристаллизационную способность и вязкость) щелочных алюмосиликатных стекол, предназначенных для ослабления электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона.

M.V. Dyadenko, I.A. Levitskii, V.G. Lugin, A.S. Glinskii
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

THE EFFECT OF TeO_2 AND V_2O_5 ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF ALUMINOSILICATE GLASSES

Abstract. The thesis presents a comparative effect of tellurium and vanadium oxides on the technological characteristics (crystallization ability and viscosity) of alkaline aluminosilicate glasses designed to decrease electromagnetic radiation of the ultrahigh frequency range.

Разработка функциональных стекловидных материалов с особым комплексом свойств предопределяет в первую очередь их технологичность, которая традиционно определяется температурной зависимостью вязкости стекла и устойчивостью его стеклообразного состояния.

Работа посвящена изучению влияния оксидов теллура и ванадия на кристаллизационную способность и вязкость алюмосиликатных стекол в интервале значений 10^9 – 10^5 Па·с.

С целью получения изделий, ослабляющих электромагнитное излучение сверхвысокочастотного диапазона, синтезированы 2 серии щелочных алюмосиликатных стекол, модифицированных оксидами TeO_2 и V_2O_5 в количестве 2,5–15,0 мол.% с шагом 2,5 мол. %.

Синтез стекол осуществлялся в газовой пламенной печи периодического действия при максимальной температуре 1490 ± 20 °С с выдержкой при ней в течение 1 ч.

По результатам варочно-выработочных характеристик установлено, что алюмосиликатные стекла, включающие 10–15 мол. % TeO_2 либо V_2O_5 проявляют признаки фазового разделения при

выработке. Электронно-микроскопические снимки образцов стекол, включающих 15 мол. % TeO_2 или V_2O_5 , представлены на рис. 1.

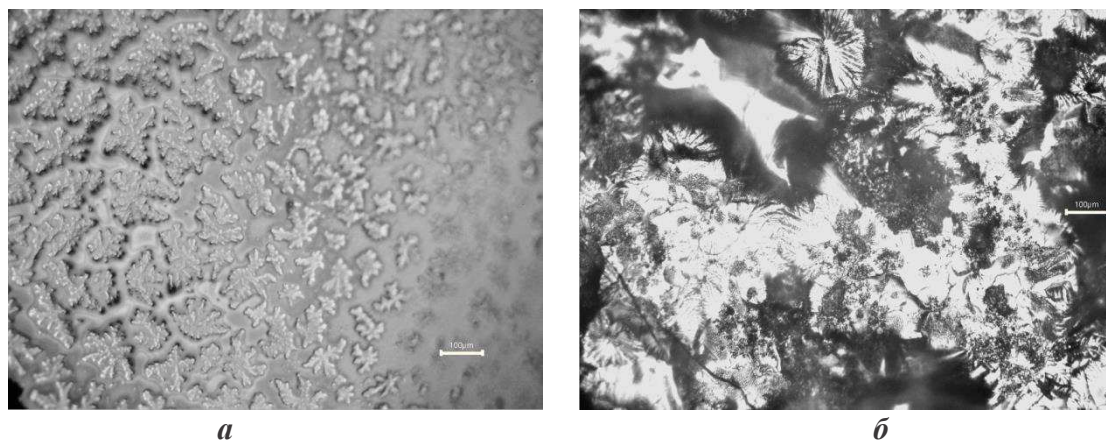


Рис. 1 – Электронно-микроскопические снимки образцов стекол, включающих, мол. %: 15 TeO_2 (а), 15 V_2O_5 (б)

Как следует из рис. 1, стекла с содержанием 15 мол.% TeO_2 характеризуются формированием по всему объему стекла кристаллов скелетного облика размером 100–125 мкм, а введение 15,0 мол. % V_2O_5 вызывает образование кристаллов в форме сферолитов.

Как известно [1], существенное влияние на фазовое разделение стекол оказывают структурные взаимодействия между их компонентами, а также прочность электростатической связи, определяемая как Z/C_N (где Z – заряд катиона, C_N – координационное число).

Известно, что структурная группировка $[\text{TeO}_4]$ представляет собой односторонне координированный многогранник со свободной электронной парой и высококомобильными аксиальными связями.

Активное взаимодействие таких многогранников при наличии свободных электронных пар с ненасыщенными ионами кислорода, по-видимому, не обеспечивает образования в щелочном алюмосиликатном стекле прочных ковалентных связей мостикового типа Si-O-Te или Al-O-Te . Это, на наш взгляд, и вызывает структурную дифференциацию и, как результат, несмешиваемость расплава.

В работе проведено изучение вязкости стекол в диапазоне 10^9 – 10^5 Па·с, который для ряда стекол, в том числе промышленных составов, является недостаточно изученным.

Изучение вязкости в данном диапазоне позволит оценить поведение стекла при его переходе из высоковязкого в пластическое состояние, а также оценить влияние природы и эквивалентного содержания вводимых оксидов на данный показатель.

На рис. 2 приведено влияние оксидов теллура и ванадия на вязкостные характеристики стекол в интервале 10^9 – 10^5 Па·с.

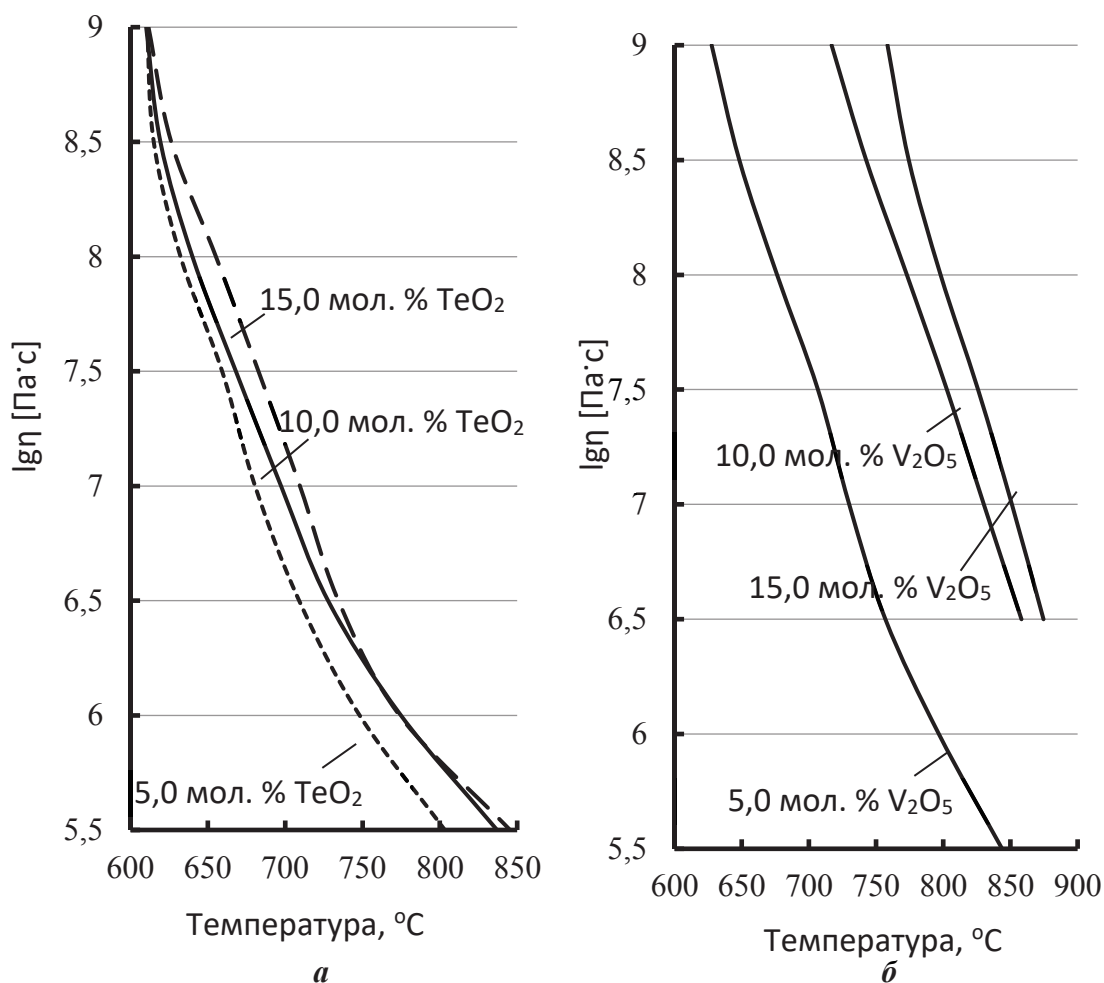


Рис. 2 – Температурная зависимость вязкости алюмосиликатных стекол, модифицированных, мол.‰: TeO₂ (а), V₂O₅ (б)

Как следует из рис. 2а, введение оксида TeO₂ взамен SiO₂ в количестве от 5 до 15 мол. % обуславливает смещение кривой вязкости в высокотемпературную область в среднем на 30–40 °С. При этом с ростом температуры данное смещение между крайними концентрационными пределами содержания TeO₂ изменяется от 2 до 42 °С.

Следует отметить, что в интервале значений 10^9 – 10^8 Па·с градиент вязкости выше, чем в интервале значений ниже 10^8 Па·с.

Примечательно, что концентрация оксида теллура, вводимого в пределах 5–15 мол.%, практически не оказывает влияния на температуру образца при значении вязкости 10^9 Па·с, что предположительно может свидетельствовать об иной концентрационной зависимости вязкости в интервале выше 10^9 Па·с.

То есть, при данном значении вязкости предположительно происходит изменение структурного влияния оксидов SiO_2 , Al_2O_3 , TeO_2 .

Напротив, введение оксида ванадия в состав исследуемых стекол взамен SiO_2 в количестве 5–15 мол. % вызывает смещение температурной зависимости вязкости в высокотемпературную область. Градиент вязкости при этом остается практически постоянным и составляет 125 ± 5 °C.

Поскольку стекла, включающие оксид ванадия в количестве 10–15 мол. %, склонны к кристаллизации, кривые температурной зависимости вязкости для них представлены до значения $10^{6,5}$ Па·с. Ниже этой величины активно развиваются процессы фазового разделения, отражающиеся на кривой температурной зависимости вязкости.

На рис. 3 приведено сравнительное влияние оксидов теллура и ванадия, вводимых взамен SiO_2 в количестве 5,0 мол. %.

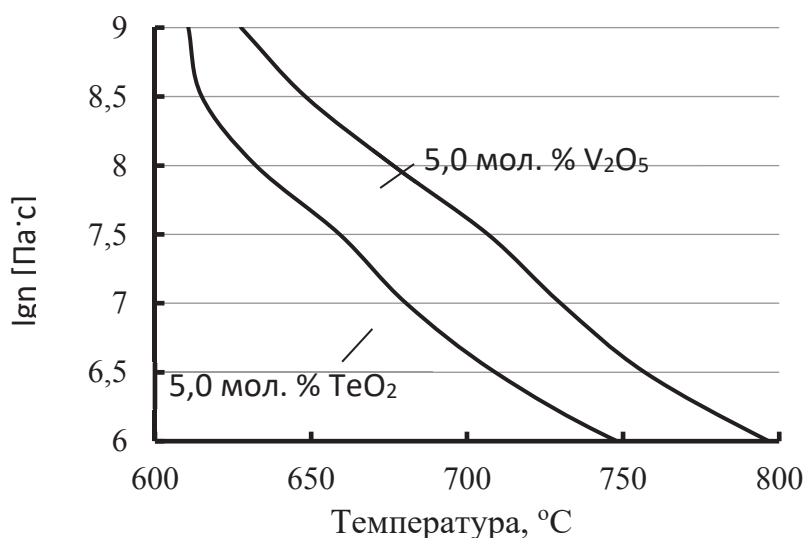


Рис. 3 – Сравнительное влияние TeO_2 и V_2O_5 на вязкость алюмосиликатных стекол

Как следует из рис. 3, введение 5,0 мол. % V_2O_5 взамен SiO_2 в большей степени повышает (в среднем на 45 ± 5 °C) вязкость исследуемых щелочных алюмосиликатных стекол, чем эквивалентное количество TeO_2 . Причем в интервале значений вязкости 10^9 – $10^{8,5}$ Па·с различие во влиянии минимально и составляет порядка 30 °C.

Высокая прочность единичной связи Si–O (443 кДж/моль), доля которой снижается в рамках указанных эквимольных замен, должна способствовать уменьшению вязкости исследуемых стекол, однако на практике наблюдается противоположный эффект.

На наш взгляд, увеличение вязкости опытных стекол при замене оксида кремния на TeO_2 или V_2O_5 связано с силой поля катиона по Дитцелю и электроотрицательностью. Для оксидных стекол электроотрицательность представляет собой энергию притяжения катионом валентных электронов при соединении его с кислородом, характеризует силовое поле атомного ядра и зависит от его заряда и степени экранирования ядра как законченными электронными слоями так и отдельными электронами. По величине электроотрицательности и силы поля по Дитцелю катионы теллура, ванадия и кремния возрастают в следующем порядке:

для электроотрицательности $\text{V}^{5+}(1,6) \rightarrow \text{Si}^{4+}(1,8) \rightarrow \text{Te}^{4+}(2,1)$ [2];

для силы поля катиона $\text{Si}^{4+}(1,56) \rightarrow \text{V}^{5+}(1,85) \rightarrow \text{Te}^{4+}(1,92)$ [2].

Как следует из приведенных данных минимальная сила поля характерна для иона кремния. Различия в данном параметре для катионов кремния, ванадия и теллура свидетельствуют о том, что они оказывают различное поляризующее действие на кислород, который отличается прочностью единичной связи с указанными выше катионами. Чем выше сила поля вводимого катиона (V^{5+} и Te^{4+}), тем в большей степени он поляризует кислород и ослабляет связь Si-O. В связи с этим, по-видимому, формируются ванадий- и теллурсодержащие структурные области, обладающие достаточно высокой прочностью связей. Для их разрыва необходимы более высокие затраты энергии, что выражается в повышении значений вязкости стекол.

Различие во влиянии оксидов теллура и ванадия на вязкость алюмосиликатных стекол обусловлено более высокой энтальпией связи V-O (644 кДж/моль) в сравнении со связью Te-O (376 кДж/моль) [3, 4].

Таким образом, изучено влияние оксидов TeO_2 и V_2O_5 , вводимых взамен SiO_2 , на кристаллизационную способность и вязкость щелочных алюмосиликатных стекол. Определены концентрационные пределы их содержания, обеспечивающие усваиваемость щелочным алюмосиликатным стеклом.

Список использованных источников

1. El-Mallawany R. A.H. Tellurite glasses. Handbook Physical Properties and Data / R. A.H. El-Mallawany. – New York: CRC Press LLC, 2002. – 525 p.
2. Scholze, H. Glass: nature, structure, and properties / H. Scholze. – Springer-Verlag: New York, 1991. – 454 p.

3. Kaur, N. Structural characterization of borotellurite and aluminoborotellurite glasses / N. Kaur, A. Khanna // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2014. – Vol. 404. – Pp. 116–123.

4. Structural and thermal properties of vanadium tellurite glasses / R. Kaur [et al.] // AIP Conference Proceedings. – 2018. doi: 10.1063/1.5028826.

УДК 630*2:502.174

И.А. Евкович, П.А. Протас

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация. В статье анализируются причины и факторы возникновения пожаров в лесном массиве. Приводится описание и программа основных этапов прогнозирования лесного пожара на основе статистических данных, получаемых при воздушном мониторинге лесного фонда. В программе применен подход к прогнозированию, дающий возможность учитывать вероятность распространения огня в различных направлениях.

I.A. Evkovich, P.A. Protas

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

MODERN METHODS FOR FOREST FIRES FORECASTING

Abstract. The article analyzes the causes and factors of fires in forests. A description and program of the main stages of forest fire forecasting are provided based on statistical data obtained from aerial monitoring of the forest fund. The program uses a forecasting approach that makes it possible to take into account the likelihood of fire spreading in various directions.

Проблема лесных пожаров (ЛП) очень актуальна для Беларуси, поскольку лесной фонд занимает примерно 40,1 % территории страны. В борьбе с лесными пожарами важную роль играет их раннее обнаружение с последующим прогнозированием процесса распространения огня.

Прогнозирование лесных пожаров объединяют погодные