

**СТЕКЛООБРАЗОВАНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ОКСИФТОРИДНЫХ СТЕКОЛ СИСТЕМ
 $B_2O_3-Al_2O_3-Me_2O/MeF$ ($Me = Li, Na, K$)**

Т.В. ГРИГОРЯН, ДЖ.Р. ЕГАНЫН, М.Р. ОГАНЕСЯН,
Л.А. ГАСПАРЯН, В.П. ТОРОЯН, Н.В. ЯЩЕНКО,
Б.В. МОВСИСЯН, Г.Г. МАНУКЯН, Н.Б. КНЯЗЯН*

Институт общей и неорганической химии имени М.Г. Манвеляна, Ереван, Армения

*e-mail: knigo51@mail.ru

(Поступила в редакцию 15 июля 2026 г.)

Исследованы физические, физико-химические и оптические свойства оксифторидных щелочесодержащих алюмооборатных стекол систем $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$), а также особенности их стеклообразования и кристаллизации. Установлено, что частичная замена кислорода фтором и изменение природы щелочного катиона оказывают существенное влияние на интервалы стеклообразования, плотность, молярный объем, показатель преломления, коэффициент дисперсии и молярную рефракцию стекол. Показано, что введение оксифторидов щелочных металлов расширяет области стеклообразования, снижает склонность расплавов к кристаллизации и позволяет целенаправленно регулировать оптические характеристики материалов. Разработаны новые составы оптических стекол с пониженным показателем преломления и высокими значениями коэффициента дисперсии, располагающиеся в области легких кронов и кронов на диаграмме Аббе.

1. Введение

Алюмооборатные стекла представляют значительный интерес как функциональные материалы, поскольку основной стеклообразователь B_2O_3 обладает легкоплавкостью, низким показателем преломления, уменьшенной относительной дисперсией в синей области спектра, устойчивостью против воздействия паров щелочных металлов, возможностью варьирования структуры и свойств стекол за счет координационных переходов боратных групп [1, 2]. Оксид алюминия Al_2O_3 является условным стеклообразователем, и в зависимости от химического состава стекла и соотношения компонентов может проявлять свойства стеклообразователя или модификатора структуры [3, 4]. Известно, что основой структуры как кристаллического, так и стеклообразного B_2O_3 являются тригональные группы BO_3 , формирующиеся за счет sp^2 -гибридизации атомов бора [5, 6]. При введении модификаторов и второго стеклообразующего оксида возможны координационные преобразования $BO_3 \rightarrow BO_4$, существенно влияющие на стеклообразование, плотность упаковки и оптические свойства стекол [7, 8]. В системах, содержащих Al_2O_3 , в зависимости от координационного состояния алюминия оксид может выступать как стеклообразователь или как модификатор структуры. Соотношение структурных единиц AlO_4 и AlO_6 оказывает существенное влияние

на связность стеклосетки, вязкость расплава и его устойчивость к кристаллизации [9, 10].

Введение фтора в оксидные стекла представляет особый интерес, поскольку частичное замещение кислорода фтором приводит к изменению поляризуемости структурной сетки, силы межатомных взаимодействий и характера локального окружения щелочных катионов, что может сопровождаться изменением областей стеклообразования, плотности, молярного объема и оптических характеристик [3, 11–14]. Фтор обладает меньшей способностью образовывать мостиковые связи, чем кислород, поэтому он обычно замещает часть кислорода в боратных и алюминатных полиэдрах, образуя оксифторидные группировки $[\text{BO}_3\text{F}]^-$ и $[\text{AlO}_3\text{F}]^-$, отрицательный заряд которых компенсируется катионами-модификаторами [2, 15, 16]. Благодаря этим особенностям алюмоборатные фторсодержащие системы рассматриваются как перспективные среды для разработки новых стекол оптического назначения, в которых можно направленно изменять плотность, молярный объем, показатель преломления, рефракцию и дисперсионные характеристики [15, 17, 18].

Целью настоящей работы являлось исследование стеклообразования и оптических свойств стёкол систем $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Me}_2\text{O}/0.2\text{MeF}$ ($\text{Me} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) в зависимости от природы щелочного катиона и содержания оксифторидного компонента, а также разработка новых составов стёкол с пониженным показателем преломления и высокими значениями коэффициента дисперсии, расположенных в области легких кронов и кронов на диаграмме Аббе, и обладающих фотохромными свойствами [13, 19–22].

2. Методы исследований

Стёкла синтезировали в корундовых и платиновом тиглях в электрической печи марки Nabertherm при 1000–1250°C с продолжительностью 40 мин в атмосфере воздуха. В качестве сырьевых материалов использовались «х. ч.» и «ос. ч.» реактивы H_3BO_3 , Al_2O_3 , LiF , NaF , KF , Li_2CO_3 , Na_2CO_3 и K_2CO_3 . Компоненты взвешивали на аналитических весах фирмы KERN с точностью 0.001 г и тщательно перемешивали до получения однородной смеси. Стеклообразование определяли бинокулярным микроскопом БМП, отливкой 15–20 г расплава на холодную металлическую плиту, со скоростью охлаждения 10 К/с. Кристаллизовавшиеся поверхностно в виде корки или плёнки составы стёкол относились к границе стеклообразования. Показатели преломления стёкол (n_D , n_C , n_F) определяли на рефрактометре Аббе DR-M-4 при 20°C, погрешность измерений составляла $\pm 2 \times 10^{-4}$.

Плотность стёкол определялась методом гидростатического взвешивания образцов в толуоле. Молярный объём стекла рассчитывался по формуле: $V_m = M/d = \sum M \times n/d$, $\text{см}^3 / \text{моль}$ (M — молярная масса стекла в г/моль^{-1} и d — плотность стекла в г/см^3) [2, 3]. Погрешность измерений плотности составляла $\pm 3 \times 10^{-3} \text{ г см}^{-3}$. Число Аббе (коэффициент дисперсии) рассчитывали по выражению $v_D = (n_D - 1)/(n_F - n_C)$, где n_D , n_F , n_C — показатели преломления при длинах волн линий Фраунгофера $D = 589.3$, $F = 486.1$ и $C = 656.3$ нм, соответственно [21, 22], а молярную рефракцию рассчитывали по уравнению Лорентца—Лоренца: $R = [(n_D^2 - 1)/(n_D^2 + 2)] \times M/d$, где R — молярная рефракция ($\text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$), n_D — показатель преломления при длине волны 589.3 нм [13].

3. Результаты и обсуждение

3.1. Области стеклообразования систем $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$)

Области стеклообразования исследованных псевдо-тройных систем и границы кристаллизующихся расплавов представлены на рис.1. Стеклообразование в псевдо-бинарных системах $B_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$, $B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$, $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$ ограничено кристаллизацией расплавов, содержащих 45, 40 и 42 мол% $0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$, соответственно).

В системе $B_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$ стеклообразование прекращается из-за повышения температуры ликвидуса системы и перехода в область кристаллизации фторсодержащего соединения $Li_8B_{16}O_{28}F$ [22]. Система $B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$ отличается тем, что образуются две области стеклообразования, прерывающиеся в интервале содержания $0.8Na_2O/0.2NaF$ от 40 до 60 мол%, что связано с резким повышением температуры ликвидуса системы и образованием соединения $Na_{10}B_{15}O_{27}F$. Появление верхней границы стеклообразования в области более 60 мол% $0.8Na_2O/0.2NaF$ связано с образованием низкотемпературной эвтектики $\sim 575^\circ C$.

В системе $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$ стеклообразование также прекращается вследствие повышения температуры ликвидуса системы и кристаллизации фторсодержащего соединения $K_{10}B_{15}O_{27}F$, что приводит к сужению области стеклообразования. Таким образом, во всех исследованных псевдо-бинарных системах верхняя граница стеклообразования определяется пересечением с областью первичной кристаллизации соответствующих фторборатных фаз. Результаты исследования псевдо-бинарных систем использованы при изучении стеклообразования в псевдо-тройных системах $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$), области стеклообразования которых представлены на рис.1.

Введение Al_2O_3 существенно изменяет положение границ стеклообразо-

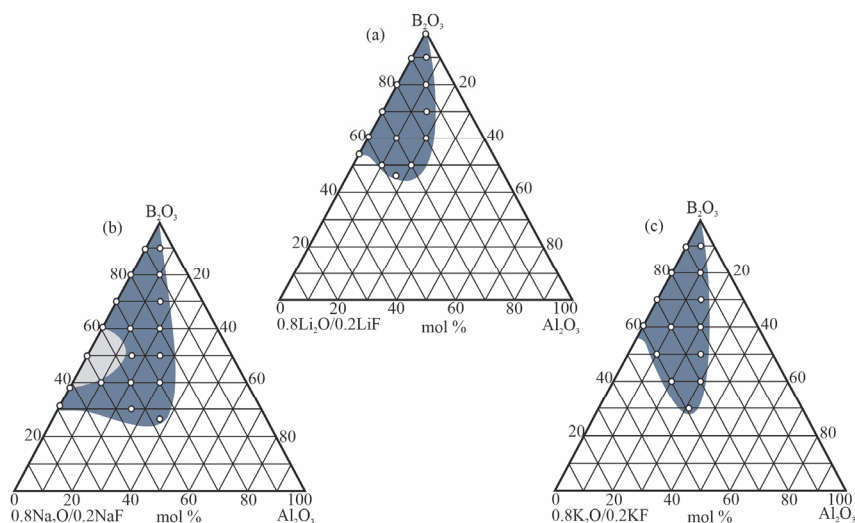


Рис.1. Области стеклообразования систем: (a) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$; (b) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$; (c) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$.

вания благодаря участию оксифторидных алюминатных групп $[AlO_4]$ и $[AlO_3F]$ в формировании пространственного каркаса алюмообратного стекла и повышению устойчивости расплава к кристаллизации [3, 9]. В псевдо-тройных системах по разрезу 40 мол% B_2O_3 границы стеклообразования расширяются до 23 мол% Al_2O_3 , что указывает на стабилизирующую роль алюминия по отношению к стеклообразному состоянию.

Отличительной особенностью исследованных псевдо-тройных систем является формирование условных границ стеклообразования при соотношении $(0.8Me_2O/0.2MeF)/Al_2O_3 \approx 1$. Это, по-видимому, обусловлено снижением концентрации щелочных катионов по мере увеличения содержания Al_2O_3 , что приводит к изменению соотношения структурных групп $[BO_3]/[BO_4]$, $[BO_3]/[BO_3F]$ и уменьшению степени стабилизации тетраэдрически координированных алюминатных групп $[AlO_4]$ и $[AlO_3F]$ [7, 8, 10]. В результате возрастает доля шестикоординированных алюминиевых центров $[AlO_6]$, что способствует повышению кристаллизационной способности расплавов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что частичная замена кислорода фтором и образование в расплаве оксифторидных алюмообратных группировок $[BO_3F]$ и $[AlO_3F]$ способствуют стеклообразованию и уменьшают склонность расплавов к кристаллизации [3, 15]. Следовательно, оксифторидные модификаторы можно рассматривать как эффективный способ уменьшения температуры синтеза, расширения областей стеклообразования и получения новых составов алюмообратных стёкол.

3.2. Плотность и молярный объем стекол систем $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$)

В присутствии оксифторидов щелочных металлов наблюдается монотонное увеличение плотности стёкол, что указывает на отсутствие резких структурных перестроек в исследованном интервале составов. В целом влияние оксифторидов на плотность и молярный объём стёкол по характеру близко для систем $B_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$, $B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$ и $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$, поскольку в одном и том же интервале концентраций рост плотности обусловлен изменением координации $BO_3 \rightarrow BO_4$ и увеличением молярной массы оксифторидных компонентов [7, 13]. В системе бората лития увеличение плотности стёкол составляет 0.44 г/см³, в натриевой системе – 0.46 г/см³, а в калиевой – 0.56 г/см³. Близкие по величине изменения плотности при введении различных модификаторов указывают на то, что важную роль играет не только природа катиона, но и уплотнение структуры за счёт перераспределения координационных состояний и более плотной упаковки структурных групп. Литий- и натрийсодержащие стёкла характеризуются более низкими значениями плотности по сравнению со стёклами калиевой системы. Однако с учётом меньшей молярной массы лития значения их молярного объёма остаются практически сопоставимыми и изменяются в диапазоне 22.25–27.20 см³/моль.

На рис.2 видно, что уменьшение молярного объёма при одновременном росте плотности отражает постепенное уплотнение пространственной сетки стекла без скачкообразных изменений на концентрационных зависимостях.

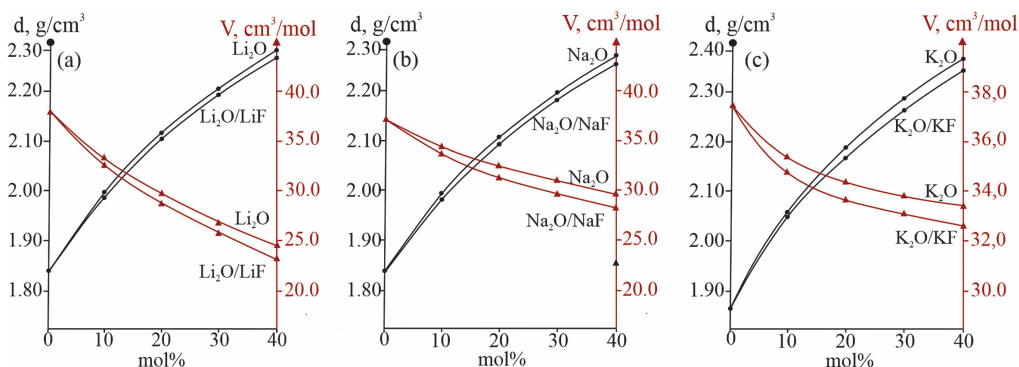


Рис.2. Зависимость плотности и молярного объема стёкол бинарных систем от состава: (a) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$; (b) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$; (c) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$.

В исследованных системах плотность возрастает в ряду Li–Na–K, поскольку увеличивается молярная масса оксифторидного компонента [12, 17]. При переходе от литий- к натрий- и калийсодержащим стёклам наблюдается закономерное увеличение плотности, обусловленное возрастанием молярной массы щелочных компонентов. Одновременно возрастает и молярный объём, достигая максимальных значений для калиевой системы. Это связано с большим ионным радиусом катиона K^+ по сравнению с Na^+ и Li^+ , что приводит к увеличению среднего межатомного расстояния и менее плотной упаковке структурных единиц стеклообразной сетки. Несмотря на более высокую плотность калиевых стёкол, обусловленную высокой молярной массой $0.8K_2O/0.2KF$, увеличение объёма, занимаемого структурной сеткой, компенсирует этот эффект и приводит к росту молярного объёма. Во всех системах зависимость молярного объёма от состава носит нелинейный характер. Следовательно, введение оксифторидов щелочных металлов сопровождается энергетически выгодным перераспределением координационного окружения катионов и анионов, образованием оксифторидных структурных групп и уплотнением пространственной структуры стекла.

3.3. Показатель преломления и молярная рефракция стёкол систем $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$)

Оптические свойства исследованных стёкол определяются природой вводимого щелочного катиона. В отличие от натрия и калия, литий, благодаря малому ионному радиусу ($0.74 \text{ \AA}$) способен образовывать группы $Li(O,F)_4$ и участвовать в формировании пространственной сетки стекла наряду с боро- и алюмоокислородными тетраэдрами [15]. Это позволяет получать стёкла с высокой плотностью и относительно высоким содержанием фторида (до 10 мол%).

На рис.3 представлена зависимость показателя преломления n_D стёкол оксидных и оксифторидных бинарных систем от состава. Для стёкол системы $B_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$ значения n_D находятся в интервале 1.468–1.531; для стёкол системы $B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$ – 1.468–1.502; для стёкол системы $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$ – 1.468–1.510. Изменение показателя преломления определяется

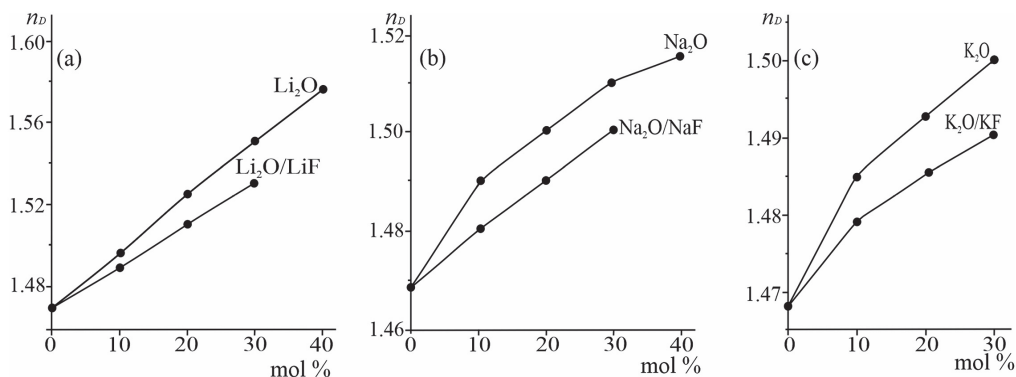


Рис.3. Зависимость показателя преломления стёкол бинарных систем от состава: (a) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Li}_2\text{O}/0.2\text{LiF}$; (b) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Na}_2\text{O}/0.2\text{NaF}$; (c) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{K}_2\text{O}/0.2\text{KF}$.

природой введённых катионов и анионов, а также изменением поляризуемости катионно-анионной подсистемы [3, 10]. Рост показателя преломления при увеличении содержания оксифторидного компонента обусловлен возрастанием вклада щелочных катионов в общую электронную поляризуемость стекла. Вместе с тем, частичная замена кислорода менее поляризуемым фтором ограничивает увеличение n_D , вследствие чего показатель преломления изменяется плавно и остаётся в относительно низком диапазоне [3, 15].

Данные рис.3 показывают, что частичное замещение кислорода фтором позволяет удерживать показатель преломления на сравнительно низком уровне при одновременном варьировании состава. Это является важным результатом для разработки стёкол, предназначенных для оптических элементов, где требуется сочетание низкого n_D , устойчивости к кристаллизации и удовлетворительной термической стабильности [18].

Сопоставление исследованных систем показывает, что при переходе от литиевых к натриевым и калиевым стёклам характер изменения показателя преломления определяется увеличением поляризуемости щелочных катионов. Несмотря на возрастание молярной массы и ионного радиуса катионов в ряду Li--Na--K , значения n_D изменяются сравнительно незначительно, что свидетельствует о компенсирующем влиянии фтора, уменьшающего среднюю электронную поляризуемость анионной подсистемы. Отсутствие резких изменений на концентрационных зависимостях указывает на постепенную перестройку структуры стекла при варьировании состава без образования новых структурных состояний, оказывающих существенное влияние на оптические свойства. Поскольку показатель преломления непосредственно связан с электронной поляризуемостью структурных единиц стекла, выявленные закономерности находят подтверждение при анализе молярной рефракции, являющейся количественной характеристикой поляризуемости вещества.

Молярная рефракция непосредственно связана с поляризуемостью ионов, поэтому сравнительно медленное увеличение показателя преломления при введении фторидов связано с замещением более сильно поляризуемого кислорода менее поляризуемым фтором (рефракция свободного иона $\text{F}^- = 2.44$, $\text{O}^{2-} = 6.95$) [4]. На рис.4 показано, что наименьшие значения молярной рефракции имеют стёкла системы $\text{B}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Li}_2\text{O}/0.2\text{LiF}$: $R = 9.47\text{--}8.01$; для стёкол системы

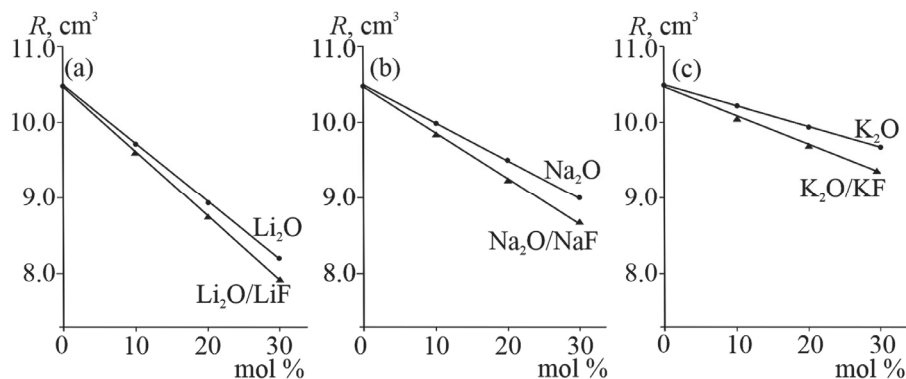


Рис.4. Зависимость рефракции стёкол систем: (a) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$; (b) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$; (c) $B_2O_3-Al_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$ от состава.

$B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$: $R = 9.87 - 8.86$; для стёкол системы $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$: $R = 9.89 - 9.48$. Последовательное увеличение молярной рефракции стёкол в ряду $Li-Na-K$ отражает рост электронной поляризуемости щелочных катионов с увеличением их атомного номера и ионного радиуса [10]. При этом влияние фтора проявляется в снижении средней поляризуемости анионной подсистемы, вследствие чего изменение молярной рефракции носит плавный характер и определяется совместным действием катионной и анионной составляющих стекла.

Совместный анализ плотности, молярного объёма, показателя преломления и молярной рефракции показывает, что изменение природы щелочного катиона оказывает комплексное влияние на структуру исследуемых стёкол. Увеличение молярной массы и поляризуемости катионов при переходе от Li^+ к Na^+ и K^+ сопровождается ростом плотности, показателя преломления и молярной рефракции, тогда как частичное замещение кислорода фтором ограничивает увеличение электронной поляризуемости и способствует сохранению сравнительно низких значений показателя преломления n_D .

Это свидетельствует о возможности целенаправленного регулирования структурных и оптических свойств оксифторидных алюмооборатных стёкол путём выбора природы щелочного компонента и степени замещения кислорода фтором [13, 15, 18].

3.4. Коэффициент дисперсии стёкол систем $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ ($Me = Li, Na, K$)

Зависимость числа Аббе оксифторидных стёкол от показателя преломления для систем, содержащих щелочные металлы с различными ионными радиусами, при частичном замещении кислорода фтором приведена на рис.5.

Значения числа Аббе изменяются в следующих пределах: для стёкол системы $B_2O_3-0.8Li_2O/0.2LiF$ $v_D = 61.7 - 64.8$; для стёкол системы $B_2O_3-0.8Na_2O/0.2NaF$ $v_D = 62.1 - 66.2$; для стёкол системы $B_2O_3-0.8K_2O/0.2KF$ $v_D = 63.2 - 65.5$. Для всех исследованных систем наблюдается характерная зависимость числа Аббе от показателя преломления, обусловленная изменением поляризуемости трёхмерной сетки стекла и структурных единиц алюмооборатной

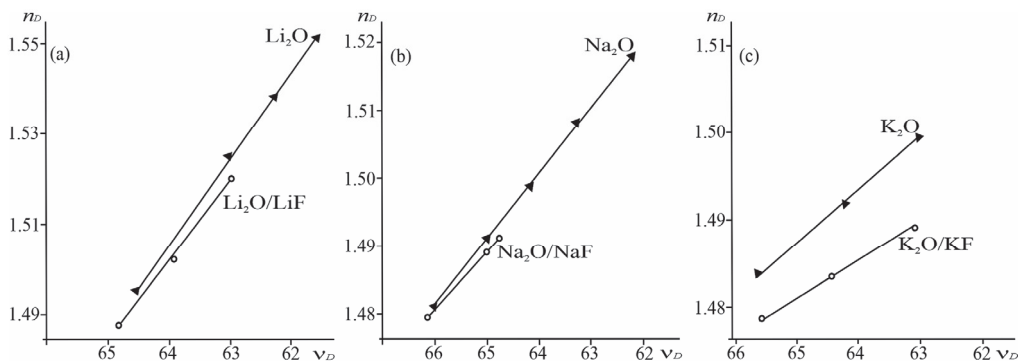


Рис.5. Зависимость числа Аббе стёкол от показателя преломления в системах: (a) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Li}_2\text{O}/0.2\text{LiF}$; (b) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Na}_2\text{O}/0.2\text{NaF}$; (c) $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{K}_2\text{O}/0.2\text{KF}$.

матрицы при варьировании состава [1, 2]. Установлено, что исследованные стёкла характеризуются относительно высокими значениями числа Аббе. С увеличением ионного радиуса щелочного катиона возрастает общая поляризуемость структуры стекла, тогда как введение фторидного компонента способствует уменьшению интервала изменения числа Аббе, что можно объяснить частичной деполимеризацией алюмообратной сетки и образованием концевых связей в пространственной структуре стёкол [2, 3].

Положение исследованных составов в координатах $n_D\text{--}v_D$ указывает на их принадлежность к области оптических стёкол типов «лёгкие кроны» и «кроны» на диаграмме Аббе [3, 19, 20]. Следовательно, полученные стёкла сочетают сравнительно низкий показатель преломления с высокими значениями числа Аббе, что представляет существенный интерес для разработки новых материалов функционального и оптического назначения.

4. Заключение

Исследовано влияние оксифторидов щелочных металлов Li, Na и K на стеклообразование, кристаллизацию, а также физические и оптические свойства алюмообратных стекол системы $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--}0.8\text{Me}_2\text{O}/0.2\text{MeF}$. Показано, что частичная замена кислорода фтором расширяет область стеклообразования и приводит к закономерным изменениям плотности, молярного объёма, показателя преломления и числа Аббе. Показано, что изменение природы щелочного катиона влияет на структурную организацию алюмообратной сетки и оптические характеристики стекол. Для всех исследованных систем выявлено сочетание сравнительно низких значений показателя преломления с высокими значениями коэффициента дисперсии. Полученные составы стекол ($n_D = 1.468\text{--}1.531$; $v_D = 61.7\text{--}66.2$) располагаются в области оптических стекол типов «лёгкие кроны» и «кроны» на диаграмме Аббе.

Благодаря оптимальному сочетанию физических и оптических характеристик разработанные стекла могут использоваться при создании новых материалов для современного оптического приборостроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **J.E. Shelby.** Introduction to Glass Science and Technology. Royal Society of Chemistry, London, 2005.
2. **A.K. Varshneya.** Fundamentals of Inorganic Glasses. Academic Press. New York, 1993.
3. **А.А. Аппен.** Химия стекла. Химия, Ленинград, 1970.
4. **Л.И. Дёмкин.** Стекла и стеклокерамика. Стройиздат, Москва, 1988.
5. **J. Krogh-Moe.** Phys. Chem. Glasses, **6**, 46 (1965).
6. **L. Konečný, J. Pinkas, M. Šimková.** J. Non-Crystalline Solids, **192**, 188 (1995).
7. **M. Bengisu, R.K. Brow, E. Yilmaz, A. Moguš-Milanković.** J. Non-Crystalline Solids, **352**, 2527 (2006).
8. **N. Mascaraque, K. Januchta, A.K.F. Frederiksen, R.E. Youngman, M. Bauchy, M.M. Smedskjaer.** J. Non-Crystalline Solids, **505**, 118 (2019).
9. **W. Vogel.** Glass Chemistry. Springer, Berlin, 1994.
10. **R.S. Welch, S. Astle, R.E. Youngman, J.C. Mauro.** International J. Applied Glass Science, **13**, 388 (2022).
11. **S. Sakka, J.D. Mackenzie.** J. Non-Crystalline Solids, **6**, 145 (1971).
12. **R.H. Doremus.** Glass Science. Wiley, New York, 1994.
13. **D. Möncke, D. Ehrt.** International J. Applied Glass Science, **13**, 327 (2022).
14. **Р.М. Оганесян, Н.Б. Князян, К.А. Костанян.** Арм. хим. журн., **60**, 648 (2007).
15. **Н.Б. Князян.** Chemical J. Armenia, **70**, 499 (2017).
16. **S. Sakka.** Handbook of Glass Science and Technology. New York, 1994.
17. **S. Ganguly, A. Choudhury, A. Saha, M. Pal.** J. Phys. Chem., **121**, 11265 (2017).
18. **H. Kim, P.A. Bingham, J.C. Mauro.** Scientific Reports, **8**, 5285 (2018).
19. **AG. Schott.** Optical Glass Data Sheets. Mainz, 2013.
20. **G. Pastorello, C. Masciovecchio, M. Pizzimenti, S. Santucci.** J. Non-Crystalline Solids. **354**, 1201 (2008).
21. **I.H. Malitson.** J. Optical Society of America, **55**, 1210 (1965).
22. **A.B. Matevosyan, L.A. Gasparyan, N.B. Knyazyan.** Technology of Inorganic Substances and Materials. **51**, 781 (2017).

GLASS FORMATION AND OPTICAL PROPERTIES OF OXYFLUORIDE GLASSES OF THE $B_2O_3-Al_2O_3-Me_2O/MeF$ (Me = Li, Na, K) SYSTEM

T.V. GRIGORYAN, J.R. YEGANYAN, M.R. HOVHANNISYAN,
L.A. GASPARYAN, V.P. TOROYAN, N.V. IASHCHENKO,
B.V. MOVSISYAN, G.G. MANUKYAN, N.B. KNYAZYAN

The physical, physicochemical, and optical properties of oxyfluoride alkali aluminoborate glasses of the $B_2O_3-Al_2O_3-0.8Me_2O/0.2MeF$ system (Me = Li, Na, K) were investigated, along with their glass-forming ability and crystallization behavior. It was found that partial substitution of oxygen by fluorine and variation of the alkali cation type significantly affect the glass formation ranges, density, molar volume, refractive index, dispersion coefficient, and molar refraction of the glasses. New optical glasses with low refractive indices and high values of the dispersion coefficient were developed, corresponding to the light crown region on the Abbe diagram.