

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

УДК 537.622.4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ГАММА – ИЗЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫМИ КЕРАМИКАМИ Bi_2O_3 – WO_3 – TeO_2

Темір Әділет Махамбетұлы

Adilet.temir@mail.ru

докторант кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий ЕНУ им. Л.Н.

Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – PhD, профессор Жумадилов К.Ш.

В последние годы одним из альтернативных путей решения проблемы радиационной защиты является создание так называемых тяжелых стекол или керамик, в составе которых содержатся редкоземельные элементы или элементы с большим атомным номером [1-5]. Как правило, это структуры, в состав которых входят такие элементы как В, Ва, Са, Zn, Те, Мо, W, Bi и т.д. Отличительными особенностями данных материалов являются высокие показатели массового коэффициента ослабления ионизирующего излучения, высокие показатели эффективности экранирования от 30 до 70-80%, устойчивости к радиационным повреждениям и деградации [8, 9]. Так в цикле работ научной группы Sayyed, M. I., et al. показана перспективность применения таких стекол и керамик на основе Bi_2O_3 , MoO_3 , WO_3 , BaO и др. для экранирования и снижения интенсивности гамма и нейтронного излучения [6-12]. Однако, не смотря на большое количество работ в данной области, все еще остается много вопросов, касающихся способов получения керамик и стекол, влияния фазового состава на эффективность экранирования, а также изучению структурных и оптических характеристик для поиска и достижения наилучших показателей эффективности экранирования, а также радиационной стойкости материалов [13, 14].

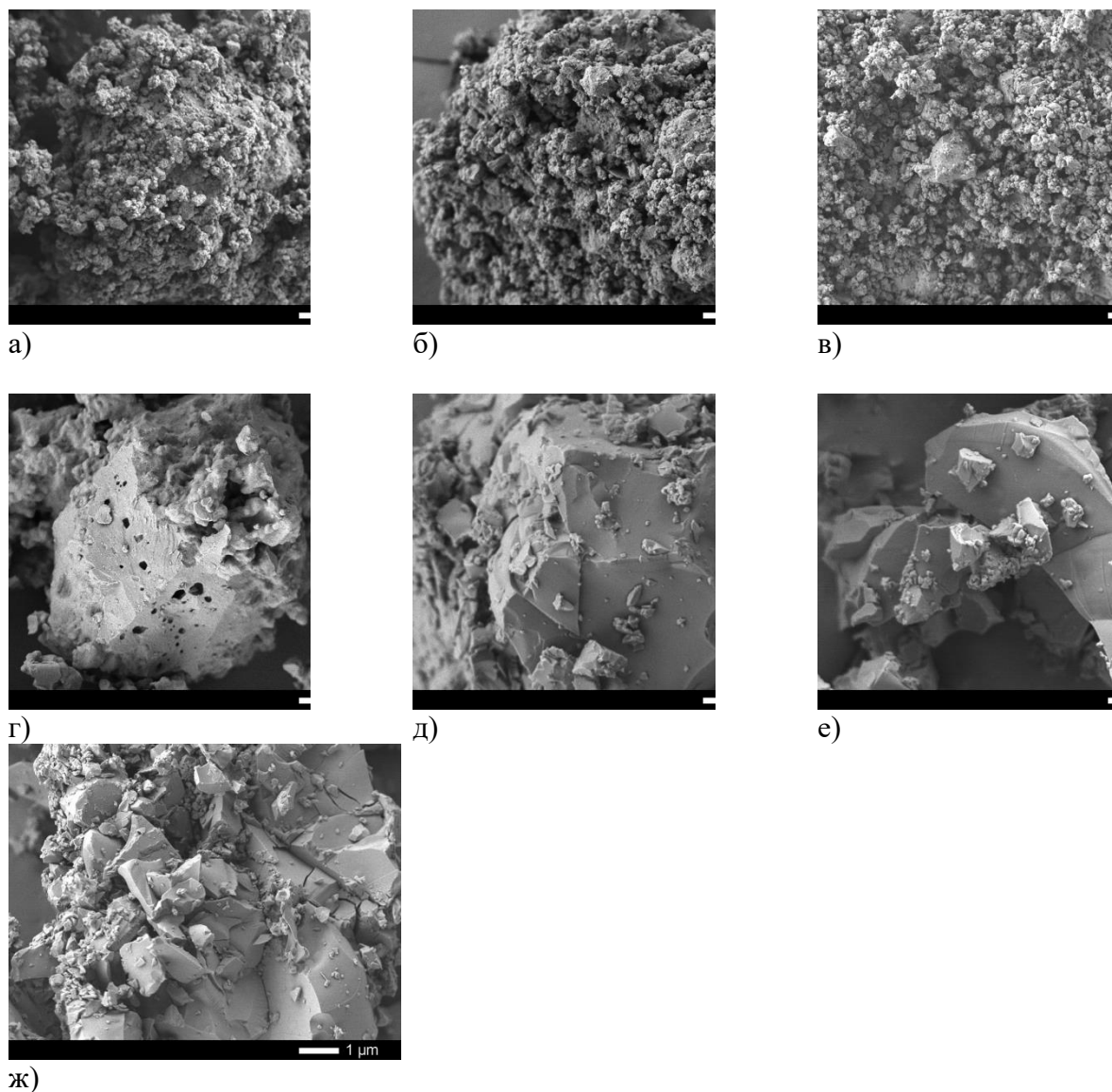
В качестве основных компонент для получения композитных стеклоподобных Bi_2O_3 - WO_3 - TeO_2 керамик использовались оксид висмута (Bi_2O_3), оксид вольфрама (WO_3) и оксид теллура (TeO_2), химической чистоты 99.95 %. Все исходные оксиды в виде порошков с размерами зерен порядка 10 – 15 мкм были приобретены у компании Sigma Aldrich (США), при этом при навеске и последующем механохимическом перемалывании соблюдались требования по недопущению загрязнения порошков примесями с целью избегания ошибочных результатов, связанных с наличием примесей в составе керамик.

Для получения композитных стеклоподобных Bi_2O_3 - WO_3 - TeO_2 керамик был применен метод механохимического твердофазного синтеза, реализованного в планетарной мельнице PULVERISETTE 6 (Fritsch, Берлин, Германия). Для перемалывания был использован стакан и мелющие шары из карбида вольфрама. Скорость помола составляла 400 оборот/мин, время помола 60 минут. При перемалывании нагрев образцов не осуществлялся, что в свою очередь исключало эффект фазообразования в процессе перемалывания.

Термический отжиг образцов после перемалывания осуществлялся в муфельной печи Nabertherm LE 4/11/R6 (Nabertherm, Лилиенталь, Германия) в диапазоне температур от 300 до 800 °С при скорости нагрева 10 °С/мин. При достижении заданной температуры отжига образцы выдерживались в течение 5 часов с целью инициализации процессов фазовых трансформаций, после чего остывали вместе с печью в течение 24 часов до достижения комнатной температуры. В результате термического отжига в случае высоких температур (более 600 °С) образцы представляли собой полупрозрачные стекла, а в случае низких температур исследуемые образцы оставались в порошкообразном виде. Выбор диапазона температур отжига обусловлен процессами фазовых трансформаций, а также инициализации процессов аморфизации или образования стеклоподобной структуры при температурах выше 700 °С.

На рисунке 1 представлены РЭМ изображения синтезированных керамик до и после термического спекания в диапазоне температур 300-800°С [15]. В случае исходных керамик, размеры зерен варьируются от 300 до 500-700 нм, при этом они образуют агломераты, размер

которых составляет несколько десятков микрон. Термический отжиг при температуре выше 500°C приводит к укрупнению зерен в результате их спекания. Дальнейшее увеличение температуры выше 600°C приводит к полному спеканию керамик с образованием зерен размер которых составляет от 50 до 200 мкм. При этом визуально отчетливо видно отсутствие пористых образований для керамик, полученных при температуре 700-800°C.



а) Исходное состояние после перемалывания; б) отожженный при температуре 300°C; в) отожженный при температуре 400°C; г) отожженный при температуре 500°C; д) отожженный при температуре 600°C; е) отожженный при температуре 700°C; ж) отожженный при температуре 800°C

Рисунок 1 – РЭМ изображения $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2\text{-WO}_3$ керамик в зависимости от температуры отжига

Примечание – составлено по данным источника [15, p. 110846-3]

Таблица 1 Данные элементного состава исследуемых керамик и Z_{eff}

Образец	Bi, ат. %	Te, ат. %	W, ат. %	O, ат. %	Z_{eff}
Исходный	9.1±1.2	19.1±1.	10.2±1.	61.6±2.	2.5
	*	4	1	3	2

300°C	9.1±1.1	17.1±1.	11.6±1.	62.3±2.	2.5
	2	1	9	6	
400°C	9.0±1.3	18.2±1.	10.8±1.	61.9±3.	2.6
	4	3	4	4	
500°C	9.2±1.2	17.7±1.	12.4±1.	60.7±3.	4.6
	2	1	5	7	
600°C	7.9±0.9	12.7±1.	11.0±1.	68.4±3.	4.7
	1	2	6	1	
700°C	7.3±0.7	13.9±1.	11.3±1.	67.5±3.	4.7
	2	1	4	1	
800°C	6.4±0.5	14.5±1.	6.7±0.6	72.3±3.	4.7
	1		4	1	
* усреднение проводилось на основе анализа 10 различных областей образца и определению элементного состава					

Согласно полученным данным, увеличение температуры отжига до 500°C не приводит к каким-либо существенным изменениям элементного состава керамик, а небольшие отклонения находятся в пределах погрешности измерений (не более 2-3%). В случае увеличения температуры отжига до 600°C и выше наблюдается резкое снижение концентрации теллура на 25-30 % и увеличение содержания кислорода на 10-12 %, по сравнению с остальными образцами, что может быть обусловлено процессами фазовых превращений при высоких температурах спекания.

На рисунке 2 представлен график изменения рентгеновских дифрактограмм исследуемых $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2\text{-WO}_3$ керамик в зависимости от температуры спекания. Общий вид дифрактограммы образца в исходном состоянии свидетельствует о сильной деформации исходного образца, возникших в процессе перемалывания. Термический отжиг при температуре 300-400°C приводит к структурным упорядочениям и увеличению степени кристалличности. Дальнейшее увеличение температуры отжига приводит к изменению положения рефлексов, что свидетельствует об изменении фазового состава керамик, а также увеличении степени кристалличности и структурных упорядочений.

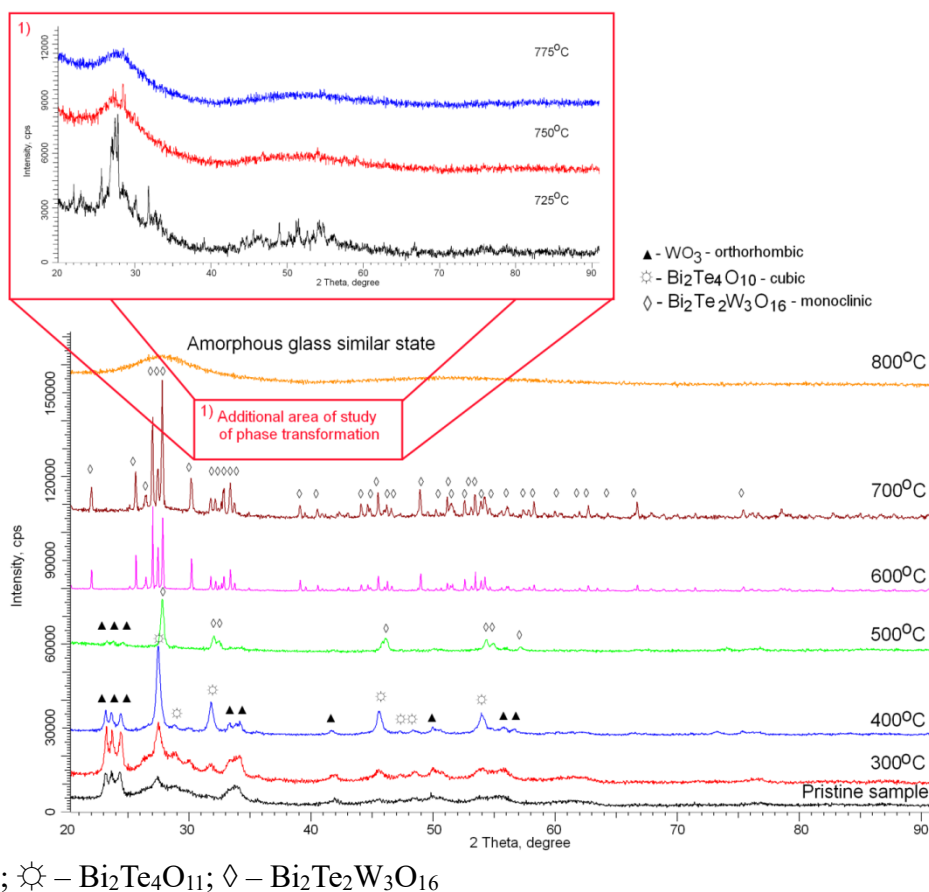


Рисунок 2 - Рентгеновские дифрактограммы в зависимости от температуры спекания Bi_2O_3 - TeO_2 - WO_3 керамик

Примечание – составлено по данным источника [15, p. 110846-5]

Как известно наибольшей перспективностью применения керамик на основе Bi_2O_3 , MoO_3 , WO_3 , BaO и др. является использование их в качестве экранирующих защитных покрытий или керамик, способных существенно снижать интенсивность ионизирующего излучения, в частности гамма-квантов, электронов или нейтронов. Стоит отметить, что большое внимание исследователи радиационно-стойких керамик и стекол уделяют теоретическим расчетам таких величин как массовый коэффициент ослабления (μ/ρ), эффективный атомный номер (Z_{eff}), электронная плотность (N_{el}), слоя половинного ослабления (HVL) и среднего свободного пробега (MFP), и полное сечение взаимодействия (σ_t), которые позволяют оценить с высокой точностью эффективность экранирования различных видов ионизирующего излучения [6-12]. В большинстве случаев для оценки данных параметров применяют программные коды MCNP5 и WinXCom [16-18]. При этом экспериментальных работ по определению эффективности экранирования до сих пор недостаточно, чтобы определить наиболее перспективные материалы для защиты, в связи с чем получение экспериментальных данных в данном направлении является весьма важной и приоритетной задачей для исследования.

В отличие от защиты от тяжелых ионов, для которых длина пробега незначительна и полное торможение происходит в слоях толщиной от 10 до 50 мкм, длина пробега гамма-квантов весьма значительна. При этом полное торможение гамма-квантов происходит в больших толстых слоях, которое может превышать от нескольких миллиметров до десятков сантиметров в зависимости от энергии гамма-квантов. В большинстве случаев необходимость экранирования заключается в снижении интенсивности потока гамма-квантов в несколько раз, с целью достижения безопасного уровня.

Изменение величины эффективности экранирования (Radiation protection efficiency – RFE), которая отражает эффективность снижения интенсивности прошедшего гамма-излучения защитным экраном проводилось согласно стандартной методике сравнительного анализа интенсивности гамма-излучения до и после прохождения.

На рисунке 3 представлен график эффективности экранирования в зависимости от толщины керамики в случае экранирования гамма-квантов энергией 130 кэВ. Оценка проводилась с применением формулы RFE, путем сравнительного анализа интенсивностей спектров до и после экранирования. Как видно из представленных данных, в случае, когда толщина керамики составляет 0.1-0.3 мм, величина экранирования не превышает 30-40%, при этом наименьшей степенью экранирования обладают керамики двухфазного состава. Увеличение толщины керамики до 0.4-0.5 мм приводит к увеличению экранирования до 70 % для керамики с фазой $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{W}_3\text{O}_{16}$ и аморфных стекол.

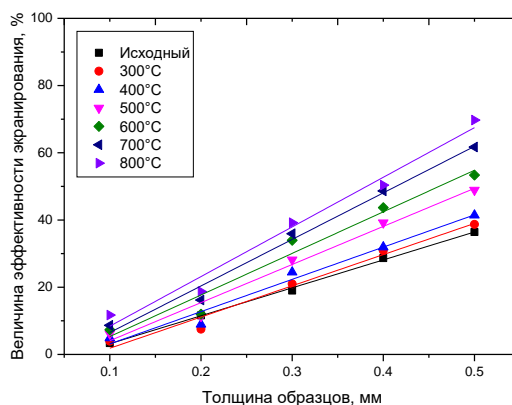
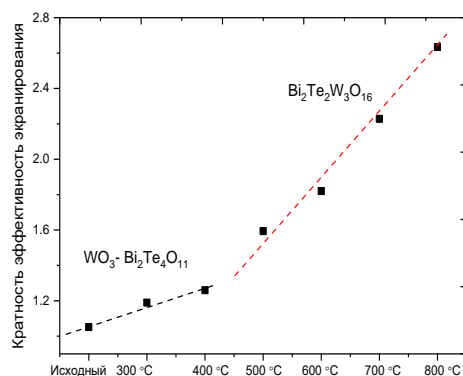
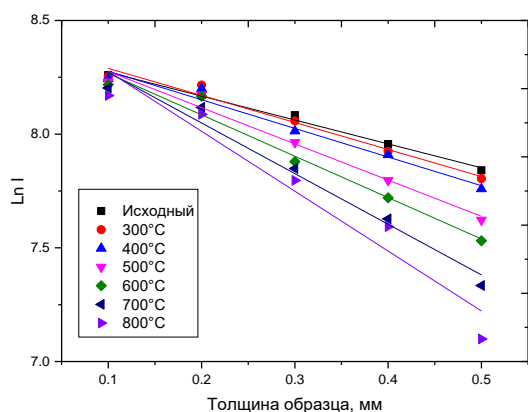


Рисунок 3 – График эффективности экранирования в зависимости от толщины керамики

На рисунке 4 представлены графики зависимости изменения логарифма интенсивности в зависимости от толщины керамики, на основе которых был рассчитан коэффициент кратности ослабления гамма излучения от типа синтезированных керамик. Согласно полученным расчетным данным, для двухфазных керамик, полученных при температуре отжига 300-400°C, кратность ослабления не превышает 1.2 раза, в то время как для керамик с фазой $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{W}_3\text{O}_{16}$, кратность ослабления составляет от 2 до 2.7 раз. Столь значительное изменение в кратности ослабления гамма излучения для исследуемых керамик, объясняется изменением структурных характеристик, а также увеличением плотности керамик в зависимости от фазового состава, что приводит к более интенсивному ослаблению гамма излучения. В случае использования Co^{57} источника, энергия гамма-квантов составляет 130 кэВ, и следовательно, основной вклад приводящий к ослаблению интенсивности потока в керамиках вносит фотоэффект, то есть поглощение электронами гамма-квантов сопровождающейся полной передачей энергии. В этом случае изменения фазового состава и увеличение Z_{eff} для керамик, отожженных при температуре 600-800°C, хорошо объясняет увеличение эффективности ослабления интенсивности потока гамма-квантов. Ослабление интенсивности потока гамма-квантов свидетельствует об изменении величины эффективного сечения фотоэффекта, которая прямопропорциональна Z_{eff} . Изменение фазового состава керамик приводит к увеличению Z_{eff} в среднем в 1.7-1.8 раза в зависимости от температуры отжига. При этом увеличение Z_{eff} приводит к увеличению кратности ослабления в 1.8-2.2 раза, что является хорошим показателем ослабления, сравнимым с аналогичными данными из литературы [16-18].



а)

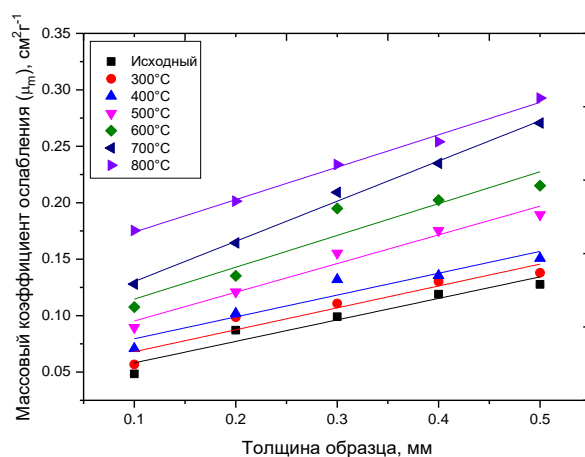
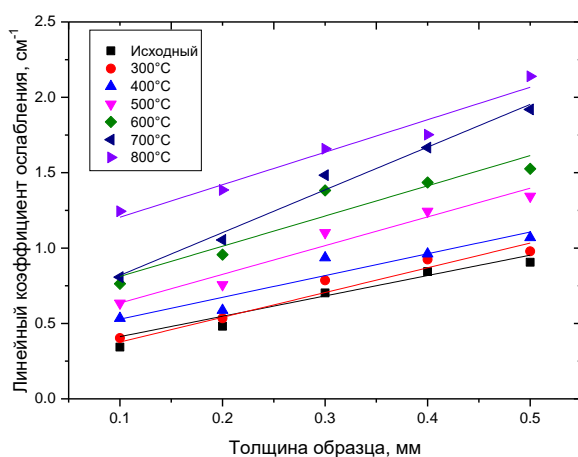
б)

а) График изменения логарифма интенсивности в зависимости от толщины керамики;
 б) График зависимости коэффициента кратности ослабления гамма излучения от типа синтезированных керамик

Рисунок 4 – Результаты эффективности экранирования

Примечание – составлено по данным источника [15, р. 110846-8]

Одними из важных характеристик позволяющих оценить эффективность экранирования являются линейный и массовый коэффициенты ослабления в зависимости от толщины экранов. Данные величины позволяют оценить эффективность экранирующих материалов в зависимости от их толщины, а также плотности, что делает возможным прогнозирование дальнейших разработок защитных экранов. На рисунке 5 представлены зависимости изменения линейного и массового коэффициента ослабления гамма-излучения в зависимости от толщины керамики и температуры отжига.



а)

б)

а) зависимость линейного коэффициента ослабления; б) зависимость массового коэффициента ослабления

Рисунок 5 – Результаты эффективности экранирования

Примечание – составлено по данным источника [15, р. 110846-8]

Для изменения величин линейного и массового коэффициента ослабления наблюдается аналогичная ситуация, как и в случае эффективности радиационной защиты. Изменение фазового состава при изменении условий отжига приводит к увеличению коэффициентов

ослабления гамма-излучения, что указывает на перспективность использования выбранных условий синтеза для повышения эффективности экранирования. Как видно из представленных данных, в случае керамик полученных при температуре отжига 300-500°C увеличение толщины, приводит к незначительному увеличению коэффициентов ослабления в зависимости от толщины. В то время как изменение фазового состава, и, следовательно, плотности керамик приводит к значительному увеличению ослабления более чем в 2-2.5 раза по сравнению с исходными керамиками и отожженными при температурах 300-500°C.

Суммируя полученные данные можно сделать следующие промежуточные выводы о высокой перспективности применения синтезированных керамик для экранирования гамма-излучения с энергией 130 кэВ. Также полученные зависимости экранирующих характеристик, таких как RFE , μ , μ_m имеют хорошее согласие с теоретическими данными эффективности экранирования аналогичных стекол и открывают большие возможности для дальнейших исследований в данной области.

Список использованных источников

1. E. Zorla, C. Ipbüker, A. Biland, M. Kiisk, S. Kovaljov, A.H. Tkaczyk, V. Gulik, Radiation shielding properties of high performance concrete reinforced with basalt fibers infused with natural and enriched boron, Nucl. Eng. Des. 313 (2017) 306–318.
2. Aşkın, A. "Evaluation of the radiation shielding capabilities of the Na₂B₄O₇–SiO₂–MoO₃–Dy₂O₃ glass quaternary using Geant4 simulation code and Phy-X/PSD database." Ceramics International 46.7 (2020): 9096-9102.
3. Tekin, H. O., and O. Kilicoglu. "The influence of gallium (Ga) additive on nuclear radiation shielding effectiveness of Pd/Mn binary alloys." Journal of Alloys and Compounds 815 (2020): 152484.
4. Sayyed, M. I., et al. "Gamma radiation shielding investigations for selected germanate glasses." Journal of Non-Crystalline Solids 512 (2019): 33-40.
5. Akman, F., et al. "Study of gamma radiation attenuation properties of some selected ternary alloys." Journal of Alloys and Compounds 782 (2019): 315-322.
6. Sayyed, M. I., El-Mallawany, R.: Shielding properties of (100-x)TeO₂-(x)MoO₃ glasses. Mater. Chem. Phys. 201, 50 (2017).
7. R. El-Mallawany, M.I. Sayyed, M.G. Dong, Comparative shielding properties of some tellurite glasses: part 2, J. Non-Cryst. Solids 474 (2017) 16–23.
8. Sayyed, M. I., et al. "Investigation on gamma and neutron radiation shielding parameters for BaO/SrO–Bi₂O₃–B₂O₃ glasses." Radiation Physics and Chemistry 145 (2018): 26-33.
9. Sayyed, M. I., et al. "Novel tellurite glass (60-x) TeO₂–10GeO₂–20ZnO–10BaO-xBi₂O₃ for radiation shielding." Journal of alloys and compounds 844 (2020): 155668.
10. Al-Hadeethi, Y., and M. I. Sayyed. "Radiation attenuation properties of Bi₂O₃–Na₂O–V₂O₅–TiO₂–TeO₂ glass system using Phy-X/PSD software." Ceramics International 46.4 (2020): 4795-4800.
11. Al-Buriahi, M. S., et al. "MoO₃-TeO₂ glass system for gamma ray shielding applications." Materials Research Express 7.2 (2020): 025202.
12. Sayyed, M. I., et al. "Physical, structural, optical and gamma radiation shielding properties of borate glasses containing heavy metals (Bi₂O₃/MoO₃)." Journal of Non-Crystalline Solids 507 (2019): 30-37.
13. Gaikwad D. K. et al. Comparative study of gamma ray shielding competence of WO₃-TeO₂-PbO glass system to different glasses and concretes //Materials Chemistry and Physics. – 2018. – Vol. 213. – P. 508-517.
14. Aşkın, A. "Gamma and neutron shielding characterizations of the Ag₂O–V₂O₅–MoO₃–TeO₂ quaternary tellurite glass system with the Geant4 simulation toolkit and Phy-X software." Ceramics International 46.5 (2020): 6046-6051.

15. Temir A., Zhumadilov K. S., Zdorovets M. V., Korolkov I. V., Kozlovskiy A., Trukhanov A. V. Synthesis, phase transformations, optical properties and efficiency of gamma radiation shielding by Bi₂O₃-TeO₂-WO₃ ceramics //Optical Materials. – 2021. – Vol. 113. – P. 110846.

УДК 54.02

НЕЙТРОНДАРДЫҢ КӨМІРТЕКТЕ ШАШЫРАУЫ

Хинаят Нурмухамед Бохийханулы

nkhinayat@bk.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Ядролық физика»
мамандығының 2 курс магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Темербаев А.А.

Көміртектегі нейтрондардың шашырауы ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында, соның ішінде ядролық физика, медицина және материалтану салаларында шешуші рөл атқарады. Бейтарап бөлшектер болып табылатын нейтрондар көміртегі ядроларымен әрекеттескенде шашырауға ұшырайды. Ядролық физика мен технология контекстінде бұл құбылыс ядролық реакцияларды талдау және ядролық реакторлардың құрылысы үшін өте маңызды. Бұл процесті түсіну ядролық материалдарды бөлу немесе радиоактивті изотоптарды өндіру процестерін әзірлеу және оңтайландыру үшін маңызды [1]. Медицинада нейтрондардың көміртегіге шашырауын қатерлі ісік терапиясында қолдануға болады. Мысалы, боронды нейтронды қармау терапиясы (BNCT) әдісінде денеге енгізілген бор көміртегіге шашыраған нейтрондармен белсендірілуі мүмкін, бұл ісікке локализацияланған радиациялық әсерге әкеледі.

Материалтану саласында көміртектегі нейтрондардың шашырауы әртүрлі материалдардың, соның ішінде полимерлердің, металдардың және композиттердің құрылымы мен сипаттамаларын зерттеу үшін қолданылады. Мысалы, нейтронды рефлектометрия әдісі диагностикалық құрал ретінде көміртектегі нейтрондардың шашырауын қолдана отырып, материалдардың беттік қасиеттерін талдауға мүмкіндік береді.

Осылайша, бұл құбылысты зерттеу кең ауқымды қолданбаларға ие және ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында маңызды рөл атқарады.

Көміртектегі нейтрондардың шашырауын зерттеу бірнеше себептерге байланысты өзекті болып қала береді:

- Атом энергетикасы мен ядролық реакторларда: көміртектегі нейтрондардың шашырау процестерін терең түсіну ядролық реакторлардың дизайнын жақсартады, ядролық материалдардың бөліну процестерін оңтайландырады және ядролық қондырғылардың қауіпсіздігін арттырады.

- Материалтануда: көміртектегі нейтрондардың шашырауы әртүрлі материалдардың құрылымы мен қасиеттерін талдау үшін қолданылады, бұл жақсартылған сипаттамалары бар жаңа материалдарды әзірлеуге және олардың өндірістік процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

- Медициналық технологияда: көміртектегі нейтрондардың шашырауы тырмалы нейтронды қармау терапиясы (BNCT) сияқты қатерлі ісікке қарсы сәулелік терапия технологияларында қолданылады. Бұл процесті терең түсіну қатерлі ісік ауруларын емдеудің тиімді әдістерін жасауға ықпал етуі мүмкін.

- Болашақ энергетикада: нейтрондардың көміртегіге шашырау процестерін зерттеу синтез сияқты баламалы энергия көздері саласында жаңа әдістер мен технологияларды дамытудың кілті болуы мүмкін.

Негізгі әдіс сипаттамасы көміртектегі нейтрондардың шашырауы ядроның оптикалық моделін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Ядроның оптикалық моделі-нейтрондардың атом ядролары немесе атом ядроларының ядролары сияқты ядролық құрылымдармен өзара әрекеттесуін сипаттау үшін қолданылатын модель. Бұл модель ядролық құрылымдар арқылы