

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ФАКУЛЬТЕТІ

**«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ  
ИНТЕГРАЦИЯСЫ»**

Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ФИЗИКЕ: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И  
ОБРАЗОВАНИЯ»**

Материалы международной научной конференции

**«MODERN TRENDS IN PHYSICS: INTEGRATION OF SCIENCE AND EDUCATION»**

Materials of the international scientific conference

**Астана, 2024 ж**

ОӘЖ 53.(075)  
Н90

**Редакциялық кеңес:**

Е.Б. Сыдықов, С.Б.Мақыш, Ж.М.Құрманғалиева, Д.Р.Айтмағамбетов,  
Л.Т.Нуркатова, Н.Г.Айдарғалиева

**Ә43 Физикадағы заманауи тенденциялар: ғылым мен білім интеграциясы:**  
Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары (2024 жылдың 23 ақпаны, Астана, Қазақстан). – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ баспасы, 2024. – 555 б.

**ISBN 978-601-337-957-9**

**«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ ИНТЕГРАЦИЯСЫ»** атты Халықаралық ғылыми-теориялық конференция материалдар жинағына кәсіптік-техникалық білім беруді жетілдіруде «Космологияның қазіргі мәселелері», «Техниканың дамуындағы физиканың рөлі», «Ядролық физика, жаңа материалдар мен технологиялар», «Радиоэлектроника мен телекоммуникацияның қазіргі даму тенденциялары», «Ғарыштық техника мен технологияларды дамытудың озық бағыттары», жоғары оқу орындарындағы кәсіби педагогика проблемалары «Университетте физика және астрономия білімінің даму тенденциялары», «Орта мектепте физиканы оқытудың тиімді педагогикалық технологиялары», «Жаратылыстану пәндері бойынша мұғалімдерді даярлау жүйесіндегі инновациялар», «Қазіргі ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» және оларды шешу әдістері мен жолдары қарастырылған мақалалар жарияланған.

ОӘЖ53.(075)

КБЖ 22.3я73

**ISBN 978-601-337-957-9**

© Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2024

$$\lambda D = h/p = h/\sqrt{(2m_n E)},$$

где  $m_n$  - масса нейтрона,  $h$  - постоянная Планка. Длина волны де Бройля принимает значение.

$$\lambda D = 1 \times 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ мкм}$$

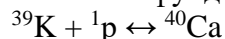
( $E = 98 \text{ МэВ} = 0,098 \text{ эВ}$ ) для кинетической энергии

$$E = 0,098 \text{ эВ, и } \lambda D = 1,80 \times 10^{-8} \text{ см} = 1,80 \text{ \AA} = 0,18 \text{ нм} = 180 \text{ мкм}$$

( $E = E_T \approx 25 \text{ МэВ}$ ) для  $E = E_T \approx 25 \text{ МэВ} = 0,025 \text{ эВ}$  (тепловая энергия при 300 К)

Как видно из формул энергия нейтрона небольшая, но тем не менее этого достаточно для ядерного превращения.

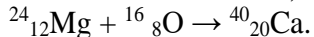
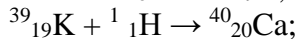
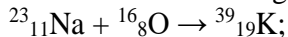
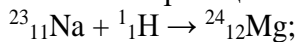
Наиболее фундаментально изучены превращения калия в кальций



Основные теоретические положения гипотезы Керврана о преобразовании элементов в биологических системах выглядят следующим образом. Главными химическими элементами определены Н, С, N и О. Из них могут образовываться другие элементы.

Например,  ${}^{12}_6\text{C} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg}$ .

Возможны реакции присоединения Н и О:



#### *Заключение*

Трансмутация химических элементов – это увлекательная область исследований, объединяющая знания в ядерной физике, химии и инженерии. Современные эксперименты и технологии позволяют расширить наши знания о возможностях трансмутации и могут привести к новым технологическим решениям и приложениям в различных областях, от энергетики до медицины. В долгосрочной перспективе, продолжение исследований в этой области может привести к революционным изменениям в понимании и использовании химических элементов.

#### **Список литературы:**

1. Балакирев В. Ф, Крымский В. В, Болотов Б. В, Васильева Н. В, Вачаев А. В, Иванов Н. И, Казбанов В. И, Павлова Г. А, Солин М. И, Уруцкоев Л. И. – «Взаимопревращение химических элементов», 2003 г. 11 с.
2. Корнилова А.А, Высоцкий В.И. – «Синтез и трансмутация стабильных и радиоактивных изотопов в биологических системах», Ядерная физика, РЭНСИТ, том 9, номер 1, 2017 г. 52 – 64 с.
3. Proc. JCF16, 16-18, pp. 216 – 239 (2016), ISSN 2187-2260 Biotransmutation as a Cold Fusion Phenomenon Hideo Kozima, Cold Fusion Research Laboratory <http://www.geocities.jp/hjrfq930/597-16> Yatsu, Aoi, Shizuoka, 421-1202 Japan

**Сайлауханов Нұржан Асқарұлы<sup>1</sup>, Гиниятова Шолпан Гиниятовна<sup>2</sup>,  
Козловский Артем Леонидович<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Докторант 3-го курса специальности "Ядерная физика"

физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>2</sup> к.ф. - м.н., доцент физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>3</sup> Заведующий лабораторией физики твердого тела Астанинского филиала Института ядерной физики, Астана, Казахстан

**ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ИНЕРТНЫХ МАТРИЦ ЯДЕРНОГО  
ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ZRO<sub>2</sub>-СЕО<sub>2</sub> МИКРОЧАСТИЦ**

**Аннотация:** В данной статье исследуется воздействие допирования иттрием на фазовый состав и структурные свойства керамических материалов  $ZrO_2—CeO_2$ . Особое внимание уделяется анализу перспектив этих материалов в качестве инертных матриц для дисперсного ядерного топлива. Установлено, что введение иттрия приводит к образованию новой триклинной фазы  $CeZrO_4$ , что предполагает возможное существенное улучшение тепло и механических характеристик керамики. Экспериментальные данные подчеркивают значимость дальнейших исследований допированных иттрием керамик в целях улучшения производительности и безопасности ядерных энергетических установок.

**Ключевые слова:** иттрий-легированная керамика,  $ZrO_2—CeO_2$ , фазовые переходы, термические свойства, механическая прочность, дисперсное ядерное топливо, инертные матрицы.

### **Введение**

В эпоху возрастающих энергетических потребностей и стремления к устойчивому развитию, ядерная энергетика остается ключевым компонентом глобальной энергетической стратегии. Однако этот сектор сталкивается с рядом критических вызовов, включая обеспечение безопасности ядерных реакторов, управление отходами и повышение эффективности использования ядерного топлива [1-3]. В ответ на эти вызовы, значительное внимание уделяется инновациям в области разработки и оптимизации ядерного топлива, особенно через применение дисперсного топлива с инертными матрицами [4].

Дисперсное ядерное топливо представляет собой передовую концепцию, в которой fissильный материал, такой как уран или плутоний, равномерно распределен в матрице из инертного материала. Этот подход обещает значительные улучшения в управлении тепловыми процессами в реакторе, уменьшении производства долгоживущих радиоактивных отходов, а также повышении безопасности за счет снижения риска ядерного расплавления.

В контексте выбора материалов для инертных матриц, особый интерес вызывают оксидные керамики. Эти материалы, благодаря своей высокой химической стойкости, термической устойчивости и превосходным механическим свойствам, представляют собой идеальные кандидаты для использования в условиях высоких температур и интенсивного радиационного излучения, характерных для ядерных реакторов. Особенно примечателен диоксид циркония ( $ZrO_2$ ) - материал, который выделяется своей исключительной термической стабильностью, механической прочностью и коррозионной устойчивостью. Эти качества делают его оптимальным выбором для создания инертной матрицы, способной выдерживать экстремальные условия работы современных ядерных реакторов [5-6].

Целью данной статьи является глубокий анализ потенциала и перспектив использования диоксида циркония и других оксидных керамик в качестве инертных матриц для дисперсного ядерного топлива. Мы предпринимаем шаги к пониманию ключевых характеристик этих материалов, их преимуществ и технических вызовов, а также исследуем последние достижения и определяем будущие направления исследований в этой области. Данное исследование предлагает всесторонний взгляд на роль инновационных материалов в преобразовании сектора ядерной энергетики и способствует развитию технологий для устойчивого и безопасного использования ядерной энергии.

Исследование началось с выбора высокочистых порошков диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) и диоксида церия ( $CeO_2$ ), приобретенных у Sigma Aldrich (USA) с чистотой 99.95%. Эти порошки были смешаны в равных мольных соотношениях (0.5:0.5) [7-8].

### **Экспериментальная часть**

Допирование осуществлялось путем добавления раствора нитрата иттрия ( $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ) в концентрациях 0.10, 0.15, 0.20 и 0.25 mol к исходной смеси порошков  $ZrO_2$  и  $CeO_2$ . Смеси порошков подвергались твердофазному механохимическому синтезу для получения однородной керамической массы. Спекание производилось в муфельной печи SNOL при температуре 1100°C в течение 5 часов. Скорость нагрева составляла 20°C/мин, а охлаждение происходило вместе с печью в течение 24 часов.

Фазовый состав и структурные параметры синтезированных керамик были определены с помощью рентгеновского дифрактометра D8 Advance ECO (Bruker, Germany). Дифрактограммы были получены в конфигурации Брегг-Брентано в угловом диапазоне  $2\theta$  от  $20^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $0.03^\circ$ . Для уточнения фазового состава использовался полнопрофильный анализ рентгеновских дифрактограмм методом Ритвельда в программном обеспечении TOPAS, используя базу данных PDF-2 (2016).

### Результаты и обсуждение

На представленном рисунке 1 видна диаграмма, которая демонстрирует фазовый состав керамики  $ZrO_2$ — $CeO_2$  в зависимости от концентрации допанта иттрия.

Изначально, в отсутствие допанта, керамика представляет собой смесь двух фаз: моноклинной  $ZrO_2$  и кубической  $CeO_2$ , что соответствует равновесной стехиометрии состава. При добавлении допанта наблюдается изменение фазового состава. Особенно заметно появление триклинной фазы  $CeZrO_4$  при концентрации допанта 0.25 моль, что указывает на формирование сложного оксида и изменение структурных свойств материала.

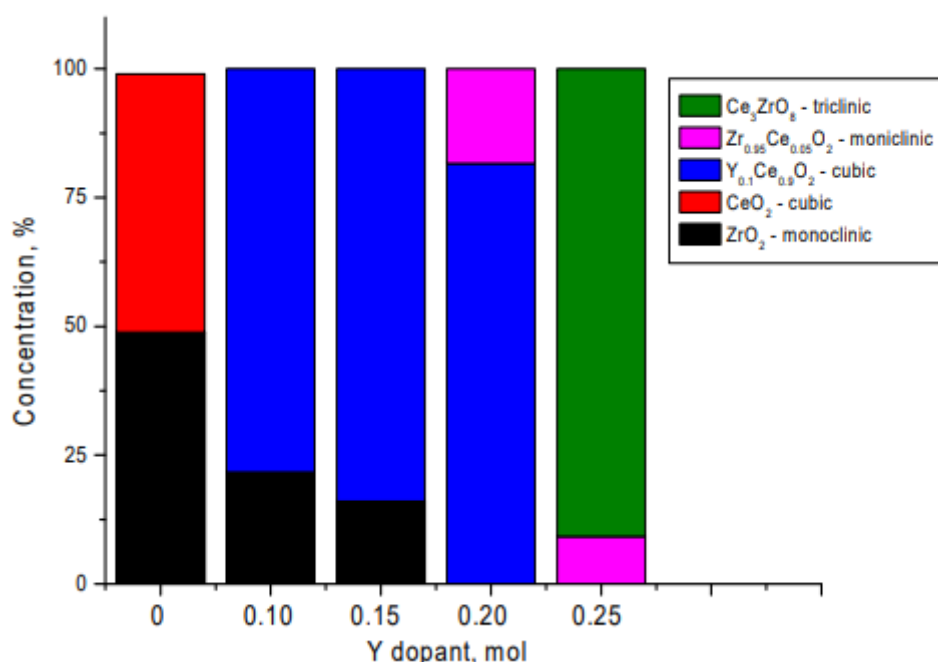


Рисунок 1 - Диаграмма фазового состава керамики  $ZrO_2$ — $CeO_2$  в зависимости от концентрации допанта иттрия.

Формирование новой фазы  $CeZrO_4$  может быть связано с улучшением таких свойств материала, как термическая стабильность и механическая прочность. Эти характеристики критически важны для материалов, применяемых в ядерных топливах, где требуется высокая устойчивость к радиационному излучению и тепловым нагрузкам.

Механохимический синтез может привести к деформации кристаллической решетки исходных фаз, способствующей образованию новых фаз и/или частичной замене ионов в решетке. Это, в свою очередь, может влиять на механические и тепловые свойства керамики.

Уменьшение размера зерен и увеличение плотности дислокаций, как правило, приводят к усилению материала и повышению его теплопроводности. Это обусловлено тем, что мелкозернистая структура улучшает сопротивление материала к распространению трещин.

Определение фазового состава и структурных изменений позволяет сделать выводы о потенциальном применении этих материалов в составе дисперсного ядерного топлива. Присутствие триклинной фазы  $CeZrO_4$  при высоких концентрациях иттрия может указывать на перспективность такого состава для использования в условиях, где требуются высокая теплопроводность и механическая прочность.

### Заключение

Исследование показало, что допирование иттрием керамики  $ZrO_2-CeO_2$  влияет на фазовый состав, способствуя образованию триклинной фазы  $CeZrO_4$ . Это изменение может улучшить теплопроводность и прочность материала, что важно для его использования в ядерных топливах. Результаты подчеркивают потенциал внедрения таких материалов в топливные матрицы и направления для будущих исследований.

### Список литературы

- 1 Zhang, D. (2022). Solvothermal synthesis of  $CeO_2-ZrO_2-M_2O_3$  ( $M = La, Y, Bi$ ) mixed oxide and their soot oxidation activity. RSC Advances, 12, 14562-14569. DOI: 10.1039/d1ra08183g.
- 2 Kozlovskiy, A., Shlimas, D., Borgekov, D., & Berguzinov, A. (2022). STUDY OF THE EFFECT OF ZCO CERAMIC PHASE COMPOSITION ON OPTICAL AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES. Вестник КазАТК, 2022.
- 3 Cuevas, A. J. S., Cabrera, C. B. P., Aguilar, C. A. H., Martínez, I. P., Thangarasu, P., Contreras, E. F. V., Alonzo, F. R., & Narayanan, J. (2022). Effect of the structural integrity on the size and porosity of gold-implanted mixed-metal oxide nanocomposites: their influence on the photocatalytic degradation of thioanisole. Dalton Transactions, 2022. DOI: 10.1039/d2dt01537d.
- 4 Kulyk, V., Duriagina, Z., Kostryzhev, A., Vasylyv, B., Vavrukh, V., & Marenych, O. (2022). The Effect of Sintering Temperature on the Phase Composition, Microstructure, and Mechanical Properties of Yttria-Stabilized Zirconia. Materials, 15. DOI: 10.3390/ma15082707.
- 5 Santiago Cuevas, A. J., Zhang, D., et al. (2022). Solvothermal synthesis of  $CeO_2-ZrO_2-M_2O_3$  ( $M = La, Y, Bi$ ) mixed oxide and their soot oxidation activity. RSC Advances, 12, 14562-14569. DOI: 10.1039/d1ra08183g.
- 6 Kozlovskiy, A., Khametova, A. A., Shlimas, D., & Berguzinov, A. (2022). Synthesis, Phase Transformations and Strength Properties of Nanostructured  $(1 - x)ZrO_2 - xCeO_2$  Composite Ceramics. Nanomaterials, 12. DOI: 10.3390/nano12121979.
- 7 Fan, W., Wang, Y., Liu, Y., Bai, Y., Wang, Y., & Liu, Q. (2022). Mechanical Properties Durability of  $Sc_2O_3-Y_2O_3$  Co-Stabilized  $ZrO_2$  Thermal Barrier Materials for High Temperature Application. Coatings, 2022. DOI: 10.3390/coatings12020155.
- 8 Kareem, I. A., & Hamdan, S. A. (2022). The Influence of  $CeO_2$  Concentration on Some Physical Properties of  $Y_2O_3$  Thin Films. Iraqi Journal of Science, 2022.

**Қабдулқак А.А.**

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

### ГАЗ ҚОСПАЛАРЫН ПОЛИМЕРЛІ МЕМБРАНАЛАРМЕН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ ЖҮЙЕЛЕРМЕН БӨЛУ ПРИНЦИПТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Андатпа:** өндіріс орындарындағы газ қоспаларын тазарта отырып, қоршаған ортаға зиянды газ қалдықтарын шығаруды азайту. Сондай-ақ полимерлік мембрана арқылы тазартуға арналған құрылғылар аясын зерттеу және кеңейту.

**Кілт сөз:** газ қоспалары, мембраналық технология, полимер, мембрана, мембраналық тазарту.

Қазіргі таңда полимерлердің газ қоспаларын бөлетін мембраналық материалдар ретінде өнеркәсіптік қолданылуы екі категорияға бөлінеді: газ қоспасының кішірек компоненттерін өткізгіштігі жоғары полимерлерді пайдаланатын сепарациялар және газдағы үлкенірек компоненттерді өткізгіштігі жоғары полимерлерді қажет ететін сепарациялар. Бөлінудің бірінші түрі үшін тиімді полимерлі мембраналық материалдар қатты тізбекті, шыны тәрізді, орташа жоғары бос көлемді полимерлер болып табылады. Олар еніп кететін молекулаларды өте қатаң түрде пенетранттық мөлшерге сәйкес електен өткізеді. Бөлінудің екінші түрі үшін оңтайлы полимерлер не жоғары икемді, резеңке тәрізді полимерлер немесе белгілі бір өте жоғары бос көлемді, шыны тәрізді алмастырылған полиацетилендер болып табылады. Мұндай