

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**

8. K. S. Kolbig. Remarks on the Compilation of Coulomb Wave Functions. Comp. Phys. Comm. 4(1972) 214 – 220.
УДК 621.499. 681.528.2

²⁴¹Am РАДИОИЗОТОПЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖОҒАРЫ ЭФФЕКТИВТІ РАДИОИЗОТОПТЫҚ ТЕРМОЭЛЕКТРЛІК ГЕНЕРАТОРЛАР ӨЗІРЛЕУ

Орынжай Нұркөктем Саматқызы
nurkoktemorynzhay@gmail.com

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің физика-техникалық факультеті 7M05305 – «Ядролық физика» мамандығының 2-курс магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі: Кутербеков Кайрат Атажанович

Салауатты және таза энергияны қамтамасыз ету бүгінгі күннің басты мәселелерінің бірі болып табылады. Қазба отындары қазіргі уақытта әлемдік энергия өндірісіне үлкен үлес қосуда. Бұл энергия көздері қоршаған ортаны ластайды, парниктік газдар шығарады, сонымен қатар бірнеше онжылдықта таусылады [1].

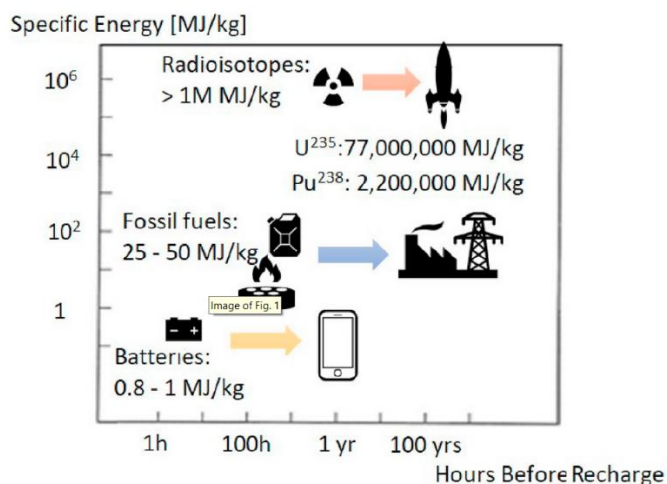
Болашақ ұрпақ үшін әлемде тұтынылатын энергия мөлшерін азайту өте маңызды және бұған тек технологиялық прогресс пен әртүрлі жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы қол жеткізуге болады. Осы әртүрлі энергия көздерінің ішінде термоэлектр энергиясы қазір болашаққа ортақ және перспективалы балама энергия көзіне айналуға [2].

Термоэлектрлік материалдар жылу ағынын электр энергиясына айналдырудың (Зеебек эффектісі) және керісінше (Пельтье эффектісі) ерекше қабілетіне ие. Оларды пайдалану барған сайын қызықты бола түсуде, өйткені олар қалдықтардың энергиясын қайта пайдаланудың артықшылықтарын ұсынады. Бұл өнеркәсіптік немесе автомобиль көлігі шығаратын жылуды электр энергиясына айналдыруды, жүйенің тиімділігін арттыруды және пайдалану шығындары мен қоршаған ортаның ластануын азайтуды білдіреді. Термоэлектрлік құрылғылар ерекше сенімділікпен, үнсіздікпен ерекшеленеді және діріл тудырмайды, өйткені олар жұмыс істеуі үшін механикалық энергияның үлесін қажет етпейді [3]. Осы себептерге байланысты термоэлектрлік жүйелер технологиясын дамыту үшін жаңа материалдарды қолдану арқылы үлкен күш жұмсалды. 1960 жылдары осы саладағы ең маңызды зерттеу бағдарламалары жартылай өткізгіш материалдарды қолдану арқылы жүргізілді.

Ядролық батареялар ретінде РИТЭГ-лар 20 ғасырдың басында зерттеушілердің (Moseley and Harling, 1913) назарын аударған болатын, ұзақ және дербес қуат көзін қамтамасыз ету факторының арқасында әлі күнге дейін назар аудартуды жағастыруда [4]. Ядродан электр энергиясын алудың әртүрлі технологиялары бар: термоэлектрлік, термофотоэлектрлік, зарядтың тікелей жинақталуы, термоэмиссия, сцинтилляциялық аралық өнімдер және альфа, бета-вольтаикалар энергиясын тікелей түрлендіру. Соңғы қырық жыл ішінде ядролық батареялардың басым технологиясы радиоизотоптардың ыдырауынан жылу энергиясын Зеебек эффектісі арқылы электр энергиясына айналдыратын радиоизотоптық термоэлектрлік генератор (РИТЭГ) болды.

Радионуклидтер – бұл 10^6 МДж/кг шамасында өте жоғары меншікті энергиясымен танымал тұрақты энергияның ерекше түрі. Электрохимиялық батареялармен немесе қазба отын қозғалтқыштарымен салыстырғанда радиоизотопты электр генераторы бірнеше онжылдықтар бойы бір зарядта жұмыс істей алады. Юпитерден тыс планетааралық және жұлдызаралық ғарыштық зондтардағы зерттеулер үшін атом энергиясын пайдалану күн энергиясы жеткіліксіз болған кезде ғылыми құралдарды, антенналарды және байланыс жүйелерін басқарудың жалғыз шешімі болып көрінеді. Радиоизотопты генераторлар планеталар бетіндегі Марс атмосферасында Curiosity роверін қуаттандыру үшін пайдаланылды. Ол сондай-ақ полярлық аймақтарда, қалқымалы қалтқылардың бақылауынсыз

және құрлықтағы терең су астында кеңінен қолданылды. 1-суретте дәстүрлі энергия көздерінің меншікті энергиясы мен жалпы зарядтау уақытын салыстырылған [5].



1-сурет. Радионуклидтер қуаттаусыз ондаған жылдар бойы электр энергиясын өндіру үшін пайдаланыла алады.

Изотоптық ресурстарды қолданудың негізгі саласы – ғарышты игеру. Радиоизотоптық генераторларды қолданбай "терең ғарышты" зерттеу мүмкін емес, өйткені күннен едәуір қашықтықта аспапты басқаруға және радио сигналдарын беруге қажетті электр энергиясын өндіруге болатын күн энергиясының деңгейі өте аз. Химиялық қорлар ақталмады.

Жерде радиоизотоптық көздер навигациялық маяктарда, радиомаяктарда, метеостанцияларда және техникалық немесе экономикалық себептермен басқа электр көздерін пайдалану мүмкін болмайтын далада орнатылған ұқсас жабдықтарда қолданылды. Атап айтқанда, КСРО-да термоэлектрлік генераторлардың бірнеше түрі шығарылды. Радиоактивті изотоптар ретінде ⁹⁰Sr және ²³⁸Pu қолданылды. Дегенмен, олар қауіпсіз жұмыс істеу үшін көп уақыт қажет. Олардың қызмет ету мерзімі 10 жыл және қазіргі уақытта қайта өңделу қажет. Қазіргі уақытта радиация мен радиоактивті материалдардың ағып кету қаупіне байланысты қараусыз қалған радиоизотоптық көздерді қол жетімді емес жерлерде орнату тәжірибесі тоқтатылды.

Радиоизотоптық қуат көздері жабдықтың дербестігін, шағындығын, сенімділігін қамтамасыз ету қажет болған жағдайда қолданылады.

РИТЭГ құру туралы алғашқы мақалалар 1960 жылдары ұсынылған: АҚШ-та – "System for Nuclear Auxiliary power" бағдарламасы бойынша, КСРО-да "Орион" бағдарламасы бойынша жұмыстар [6,7]. Энергия көзі плутоний-238 (реакторларда нептуний-237 сәулеленуі) қолданылады. ²³⁸Pu-дің жартылай ыдырау периоды 87,7 жыл, жылу шығару – 0.57 Вт/жыл. АҚШ-тағы Galileo (1989 ж.), Cassini (1992 ж.), New Horizon (2004 ж.) ұзақ ғарыштық ұшулар үшін 300 Вт қуатты РИТЭГ құрылды [8]. Осы рейстерді жүзеге асыру үшін барлық қолданыстағы ²³⁸Pu қорлары пайдаланылды. АҚШ-та ²³⁸Pu өндірісі 1988 жылы тоқтатылып, 1992 жылдан бастап Ресейден сатып алынды.

Атом энергетикасы дамып, өскен сайын ең маңызды генератор изотоптарының бағасы тез төмендеп, изотоптар өндірісі тез өсті. Бұл жағдайда сәулелену нәтижесінде алынған изотоптардың құны (U-232, Pu-238, Po-210, Cm-242 және т.б.) аздап азайды. Осыған байланысты нысаналарды сәулелендірудің неғұрлым ұтымды схемасын, сәулеленген отынды неғұрлым терең өңдеу жолдарын іздеу жүргізілуде.

Плутоний-238, кюрий-244 және стронций-90 – ең көп қолданылатын изотоптар болып табылады. Олардан басқа, техника мен медицинада 30-ға жуық радиоактивті изотоптар қолданылады.

²³⁸Pu-да жартылай ыдырау кезеңі 87,7 жыл (қуат жоғалтуы жылына 0,78%), таза изотоптың меншікті қуаты 0,568 Вт/ж және гамма-нейтрондық сәулеленудің ең төмен

деңгейлері бар. ^{238}Pu ең төменгі экрандалу талаптарына ие. Оның сәулеленуін тоқтату үшін 25 мм-ден аз қорғасын экраны жеткілікті. ^{238}Pu плутоний оксиді (PuO_2) түрінде РИТЭГ-тер үшін ең көп қолданылатын отынға айналды.

Өткен ғасырдың ортасында кардиостимуляторларды қуаттандыру үшін радиоизотоптық электр батареяларын жасау үшін ^{236}Pu және ^{238}Pu қолданылды, олардың қызмет ету мерзімі 5 жыл немесе одан да көп болды. Алайда, көп ұзамай олардың орнына радиоактивті емес литий батареялары қолданыла бастады, олардың қызмет ету мерзімі 17 жылға жетеді.

^{238}Pu арнайы синтезделуі керек; ол ядролық қалдықтарда өте аз (~1-2%), оның изотоптық бөлінуі қиын. Таза ^{238}Pu -ді ^{237}Np элементін нейтронды сәулелендіру арқылы алуға болады.

^{238}Pu тапшылығына байланысты РИТЭГ-тер үшін отын ретінде оған балама ^{241}Am болуы мүмкін. ^{241}Am жартылай ыдырау периоды 432 жыл. Ол іс жүзінде таза альфа-шығарушы. ^{241}Am ядролық қалдықтарда болады және толықтай дерлік изотоптық таза. Алайда, ^{241}Am -дің меншікті қуаты ^{238}Pu -дің меншікті қуатының 1/4 бөлігін ғана құрайды. Сонымен қатар, ^{241}Am ыдырау өнімдерінен көбірек енетін сәуле шығады және жақсы қорғаныс қажет. Алайда, ^{241}Am үшін сәулеленуді қорғауға қойылатын талаптар ^{238}Pu жағдайына қарағанда әлдеқайда қатал емес.

1-кестеде Pu-238 және Am-241 оксидтеріне негізделген радиоактивті «отынның» қасиеттері көрсетілген.

Кесте 1

Pu-238 және Am-241 негізіндегі РИТЭГ үшін радиоактивті «отынның» салыстырмалы сипаттамасы

Сипаттамалары	Pu-238	Am-241
Отын құрамы	PuO_2	AmO_2
Теориялық тығыздық, г/см ³	11,5	12,7
Меншікті жылу бөлу, Вт/г	0,41	0,09
Меншікті жылу бөлу, Вт/см ³	4,7	1,1
Балқу температурасы, °C	2 400	2 205
T = 600 K, Вт/МК кезіндегі жылу өткізгіштік	6	1
Зат класы	Радиоактивті зат	Ядролық материал

Бұл зерттеудің мақсаты жоғары тиімді термоэлектрлік материалды қолдану және кез-келген қажетті қорғанысты қоса алғанда, сәулелену дозасының минималды қуаты мен массасы бар РИТЭГ құрылымын жеңілдету болып табылады. Бірегей РИТЭГ аппараттарды ұзақ уақыт энергиямен қамтамасыз ету үшін, ең алдымен ғарыш пен планеталарды зерттеу кезінде, электроника жұмысында – Қазақстан мен әлемнің жету қиын өңірлерінде қолданыла алады.

Ұсынылып отырған жобаның негізгі артықшылықтары: 1) тапшы емес: ^{241}Am , ^{208}Po , ^{210}Po , ^{90}Sr , ^{238}Pu оңтайлы техникалық параметрлері бар пайдаланудағы ең радиациялық қауіпсіз изотопты іріктеу; 2) РИТЭГ тиімділігін арттыру мақсатында жаңа жоғары эффективті термоэлектрлік материалды (ЖЭТЭМ) қолдану; 3) ядролық батареяның массагабариттік параметрлерінің миниатюризациясы (РИТЭГ+ЖЭТЭМ) және энергияны түрлендірудің жалпы тиімділігін арттыру.

РИТЭГ жұмысының жоғары энергия тиімділігі мен тұрақтылығына қол жеткізу үшін мыналар қолданылады: оңтайлы радиоизотопты іріктеу тәсілдерін эксперименттік-қолданбалы зерттеулер (ЭҚЗ), сондай-ақ құрамның стехиометриясын электрохимиялық басқару, жаңа нанокөмірлік ЖЭТЭМ синтезінің оңтайлы шарттары. Бұрын пайдаланылған

^{238}Pu радионуклид өндірісінің тоқтатылуына байланысты өте тапшы болып табылатынын ерекше атап өтеміз.

Бұл жобаның идеясы әлемдік аналогтармен салыстырғанда энергияны түрлендіру тиімділігі жақсартылған радиоизотоптық термоэлектрлік генераторды құру болып табылады. Ол үшін жоғары тиімді термоэлектрлік материал және оңтайлы параметрлері бар радиациялық қауіпсіз изотоптар қолданылады. Қазіргі уақытта ^{238}Pu радионуклид өндірісінің аяқталуына байланысты өте тапшы болып табылады. Жобаның ғылыми жаңалығы – үлкен уақыт ресурсы бар жаңа радионуклид ^{241}Am негізінде жаңа жоғары эффективті РИТЭГ әзірлеу. Осының арқасында мыналарға қол жеткізіледі: ең жоғары ПӘК, ғарышты зерттеу кезінде РИТЭГ үшін аз масса, оңтайлы өлшемдер және радиациялық қауіпсіздік.

Оларды іске асыру үшін жұмыстың екі түрі жүргізіледі: 1) жоғары техникалық параметрлері бар жаңа ^{241}Am радиоизотопын алғаш рет пайдалану; 2) жоғары энергия тиімділігі бар түбегейлі жаңа ВЭТЭМ әзірлеу (ЗТ~1,5-2,0).

Жаңа РИТЭГ әзірлеудің маңызды алғышарты мынадай факт болып табылады: ^{241}Am радиоизотопы – әскери-ғарыштық технологиялар аппараттарын ұзақ мерзімді энергиямен қамтамасыз етудің және Қазақстан мен әлемнің жету қиын өңірлеріндегі электроника жұмысында іс жүзінде жалғыз оңтайлы ұзақ мерзімді көзі.

Қуаттылығы бір және ондаған ватт және ресурсы 20 жылдан асатын жаңа РИТЭГ әзірлеу бойынша жұмыстарға жоғары сұранысты ерекше атап өтеміз.

Жаңа РИТЭГ әлемдік нарықта әскери-ғарыштық технологиялар үшін өте қажет. 2014 жылы термоэлектрлік генераторлардың (ТЭГ) әлемдік нарығы 245,3 млн болған. Ал 2020 жылы ол 13,8% -ға – 547,7 млн. долларға дейін өсті. Алайда, ЖЭТЭМ-дың жоғары құны нарықтың өсуіне кедергі келтіреді. Біздің арзан өнім ұсынысымыз ЖЭТЭМ бар сұранысты айтарлықтай арттырады. 2015 жылдан бастап әлемдік нарықта 33,5% үлесі бар Gentherm Inc. басым болды. Басқа негізгі ойыншылар – II-VI Incorporated және Ferrotec Corporation, сәйкесінше нарықтың 19.7% және 16.1% иеленеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Elsheikh, M.H.; Shnawah, D.A.; Sabri, M.F.M.; Said, S.M.; Hassan, M.H.; Bashir, M.B.A.; Mohamad, M. A review on thermoelectric renewable energy: Principle parameters that affect their performance. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 30, 337–355. Mohamed Amine Zoui, Saïd Bentouba, John G. Stocholm, Mahmoud Bourouis. A Review on Thermoelectric Generators: Progress and Applications. – *Energies* 2020, p. 1-32
2. Oral, A.Y.; Oral, Z.B.B. (Eds.) 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM2015): Proceedings, Oludeniz, Turkey, 19–23 October 2015; Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; Available online: <https://www.springer.com/us/book/9783319456768> (accessed on 8 June 2018). Furlong R R, Wahlquist E J. US space missions using radioisotope power systems. – *Nuclear news*, 1999, p. 26-35.
3. Schierning, G.; Chavez, R.; Schmechel, R.; Balke, B.; Rogl, G.; Rogl, P. Concepts for medium-high to high temperature thermoelectric heat-to-electricity conversion: A review of selected materials and basic considerations of module design. *Transl. Mater. Res.* 2015, 2, 025001.
4. Singh N., (Ed.). *Radioisotopes – Applications in Physical Sciences*. IntechOpen.– 2011. <https://doi.org/10.5772/858>
5. Xiawa Wang // *Renewable and Sustainable Energy Reviews* <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109572>
6. Лазаренко Ю.В., Пустовалов А.А., Шаповалов В.П. Малогабаритные ядерные источники электрической энергии // М. – Энергоатомиздат, 1992.– 207 с.
7. Пустовалов А.А., Гусев В.В., Панкин М.И., Сметанников В.П. Состояние, области применения и перспективы использования РИТЭГ на плутонии-238 для исследования планет Солнечной системы // Тезисы Межд. конференция «Ядерная энергетика в космосе». 2005.–Москва-Подольск, 1–3 марта 2005 г.– С. 14.

8. Mission of daring: the general-purpose heat source radioisotope thermoelectric generator // 4th International Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit (IECEC).— San Diego, California (American Institute of Aeronautics and Astronautics: 2006.—4096), 26–29 June 2006.

УДК 54.548.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПАНТОВ MgO НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ КЕРАМИК

Кабиев Муса Булатулы

kabiyevmussa@gmail.com

Докторант Международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – PhD, Кабдрахимова Г.Д.

Интерес к исследованиям по разработкам новых типов дисперсного ядерного топлива [1,2] обусловлен в первую очередь возможностью снижения запасов накопленного плутония, который можно использовать в качестве альтернативного ядерного топлива в новых типах ядерных реакторов, путем создания альтернатив традиционному урановому топливу, а также возможностям повышения КПД выгорания ядерного топлива без разрушения материалов твэлов и увеличения ресурсного времени жизни [1-3]. Концепция дисперсного ядерного топлива заключается в размещении делящихся элементов (плутония или диоксида урана) в инертной матрице на основе тугоплавких соединений или керамик, которые способны поглощать большую часть осколков деления, сохраняя теплофизические и прочностные параметры материала в неизменности достаточно длительное время, при этом выдерживая большие нагрузки радиационного повреждения осколками деления [3,4].

Выбор в качестве объектов исследования $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ керамик обусловлен их структурными, прочностными и теплофизическими свойствами [5,6], совокупность которых позволит использовать их в качестве радиационно-стойких высокотемпературных материалов инертных матриц дисперсного ядерного топлива. Выбор в качестве допанта MgO обусловлен следующими факторами. Во – первых, допирование MgO может привести к улучшению структурных свойств керамики $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, таких как увеличение плотности, улучшение микроструктуры и уменьшение размера зерен. Это может привести к улучшению механических свойств материала, таких как твердость и прочность, что обуславливает увеличение устойчивости к внешним воздействиям, позволяющим повысить их ресурсное время жизни, а также увеличить износостойкость при эксплуатации. Это может сделать материал более прочным и долговечным, что важно для применений, требующих высокой механической стойкости. Во-вторых, допирование MgO может повысить термическую стабильность керамики $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$. Это означает, что керамики будут способны выдерживать более высокие температуры без деградации своих свойств. Такая термическая стабильность является важным качеством для многих приложений, особенно в высокотемпературной технологии и при использовании их в качестве дисперсного ядерного топлива.

На основании вышесказанного основная цель данной работы заключается в определении влияния концентрации допанта MgO на изменение теплофизических параметров $\text{Nd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ керамик, обладающих большими перспективами использования их в качестве основы для дисперсного ядерного топлива.

Для синтеза образцов были выбраны химические реактивы следующих оксидов: ZrO_2 , Nd_2O_3 , MgO в заданных молярных пропорциях. Химическая чистота образцов составила 99.95 %, химические реактивы были приобретены у компании Sigma Aldrich (Sigma, USA). Для синтеза керамик был применен метод механохимического твердофазного синтеза, позволяющий получить однородные по составу и гомогенные по размерам зерен порошки,