

Литература:

1. Возобновляемая энергетика 2020. Статистический отчет о глобальном состоянии. <https://www.ren21.net/reports/global-statusreport/>
 2. Развитие зелёной энергетики в Казахстане. 19.09.2018 .<https://eenergy.media/2018/09/19/razvi-tie-zelyonoy-energetiki-v-kazahstane/>
 3. Mukhamediyev I.R., Mustakayev R., et al. Multi-criteria spatial decision making system for renewable energy development support in Kazakhstan. // IEEE Access, 2019. - №.7. - С.122275-122288.
 4. Дукенбаев К. Энергетика Казахстана: условия и механизмы ее устойчивого развития. / Алматы, 2004. - 604 с.
 5. Дорошин А.Н. Исследование эффективности использования комбинированных энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии. Автореф. дисс. - М., 2011. - 20 с.
 6. Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Молот С.В., Ербаев Е.Т. Ветроизмельчаточная установка для электроснабжения фермерского хозяйства. // Вестник аграрной науки Дона, 2016. - № 1(33). - С. 41 - 48.
 7. Артюхов И.И., Степанов С.Ф., Ербаев Е.Т. Гибридная автономная система для электроснабжения фермерского хозяйства. // Вестник Жезказганского университета им. О. Байконурова, 2015. - № 2(30). - С. 39 - 44.
 8. Sakipova, S.E., Tanasheva, N.K., Minkov, L.L. Modeling aerodynamics of a wind turbine with cylindrical blades in a turbulent air flow. // Eurasian phys.tech.j., 2020. - №17(1). - С. 106–112.
- Yershina, A.K., Sakipova, S.E., Manatbayev, R.K. Some design features of the carousel type wind turbine bidarrieus. // Eurasian phys.tech.j., 2019.- №2(32).–С. 63 – 67.

УДК 539.1

ЖЫЛУЛЫҚ НЕЙТРОНДАРДЫҢ Рb, Вi ЖӘНЕ Po ҚҰРАМЫНДА ЖҰТЫЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ

¹Сарқұлов Б.Қ., ¹Белисарова Ф.Б., ¹Жұманова А.Б.
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
bsarqulov@gmail.com

Кіріспе. Өсіп келе жатқан әлемдік экономика атом энергиясының дамуына және ядролық реакторлардың жетілуіне тікелей әсер ететін энергияны тұтынудың артуымен байланысты. Соңғы уақытта қорғасын мен висмуттың изотоптары ядролық реакторлардың жаңа буындарын құруға қызығушылық танытып отыр [1]. [1-3] жұмыстарда қорғасын мен висмуттың изотоптары сұйық салқындатқыш ретінде қарастырылады, олар реактордың қауіпсіздігі тұрғысынан, нейтрондардың үнемділігі тұрғысынан да жеңіл салқындатқыш сұйықтықтарда жақсы тексерілген реакторларға қарағанда белгілі бір артықшылықтарға ие болуы ықтимал [2]. Сонымен қатар қорғасын мен висмут изотоптарын жылу тасымалдағыш сұйықтық ретінде қолданумен байланысты бірқатар кемшіліктер мен шешілмеген техникалық проблемалар бар [3]. [4-5] жұмыстарында қорғасын, висмут және полоний изотоптарының құрамын тұрақты нейтрон ағынында энергияның қосымша көзі ретінде пайдалану ұсынылған. [4] авторларының пікіріне сәйкес, қорғасын мен висмуттың мұндай изотоптарын пайдалану жалпы энергияның бөлінуін көбейтіп қана қоймай, радиациялық тұрақтылық беретін құрамның өзінде циклдік реакцияның жүруіне мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста [5] Монте-Карло әдісімен авторлар ұсынған Рb, Вi, Po құрамы бойынша жылу нейтрондар ағынының жұтылуын компьютерлік модельдеуі жүргізіліп, табиғи қорғасынның жұтылу қабілетіне салыстыру жүргізілген.

Мұндағы Σ – ортаның толық макроскопиялық қимасы. Біздің жағдайда нейтронның затпен өзара әрекеттесуінде тек екі процесс мүмкін - Σ_s және Σ_a макроскопиялық қималарымен нейтронның сәйкесінше изотропты шашырауы және жұтылуы. Өйткені барлық изотоптар үшін 0,0253 эВ нейтрон энергиясында жоғарыда аталған реакцияның тек екі ғана арнасы бар

$$\Sigma = \Sigma_s + \Sigma_a \quad (2)$$

Монте-Карло әдісімен орташа еркін жүру жолының кездейсоқ мәнін ұтысқа салу үшін келесі теңдеуді шешу керек

$$F(L) = \int_0^L \Sigma \exp(-\Sigma x) dx = 1 - e^{-\Sigma L} = \gamma \quad (3)$$

Осыдан мына өрнекті аламыз

$$L = -\frac{1}{\Sigma} \ln(1 - \gamma) \quad (4)$$

γ -ның мәні 0 мен 1 арасында біркелкі үлестірілетіндіктен, біз $(1-\gamma)$ - ны γ –мен алмастыра отырып, оны былай жазамыз

$$L = -\frac{1}{\Sigma} \ln(\gamma) \quad (5)$$

Сөйтіп, нейтрон пластинаға соқтығысқан сәттен бастап және ол пластина аумағынан шыққанша немесе нейтронның пластина ішіне жұтылғанынша (5) формула бойынша орташа еркін жүру жолын қайта ойната береміз.

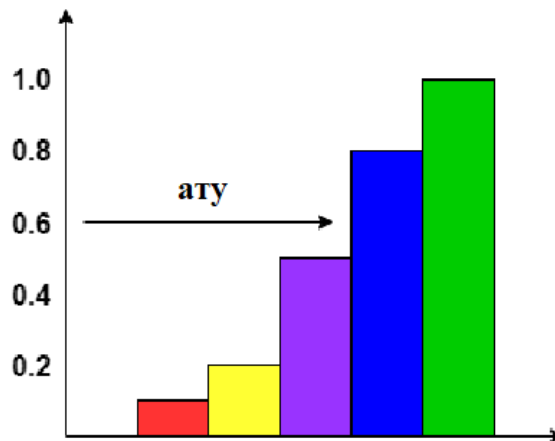
Белгілі бір сәтте өзара әрекеттесу пайда болғанын анықтағаннан кейін, ол пайда болған орта құрамынан қай изотоппен және мүмкін болатын реакциялардың қайсысы болатынын анықтау қажет. Бұл сұрақтарға жауап беру үшін әр изотоп үшін әрекеттесуінің толық және ішінара қималары туралы мәліметтер болуы керек. Егер қарастырылып отырған ортада n_i концентрациялы m типті изотоптар болса, сонымен бірге жалпы микроскопиялық қималары σ_i болса, онда ортаның жалпы макроскопиялық көлденең қимасы

$$\Sigma = \sum_i^m n_i \sigma_i \quad (6)$$

$p_i = n_i \sigma_i / \Sigma$ ықтималдығымен 1-ден m -ге дейін мән қабылдай алатын X дискретті кездейсоқ шамасын енгізе отырып, оның мәнін мына өрнек арқылы ойната аламыз

$$\sum_i^j n_i \sigma_i / \Sigma < \gamma \leq \sum_i^{j+1} n_i \sigma_i / \Sigma, \quad X = j + 1 \quad (7)$$

(7) өрнекті схемалық түрде 2-суреттегідей бейнелесек болады.



2-сурет. P_i ықтималдықтары бар оқиғаның кездейсоқ тандауының диаграммасы

Соқтығысу жүретін изотопты анықтағаннан кейінгі келесі қадам (7) өрнектерге сәйкес орындалатын өзара әрекеттесудің түрін (немесе реакциясын) ойнату болып табылады.

Әрі қарай, егер нейтрон пластинаның ішіне жұтылып кететін болса немесе ол пластинаның аймағынан шығып кетсе, біз басқа нейтронның оқиғасын жаңадан қарастырамыз. Егер серпімді шашырау пайда болса, онда шашырау бұрышын ойнатамыз. Біздің жағдайымызда шашырау бұрышы біртекті деп есептелді және келесі формула бойынша табылды

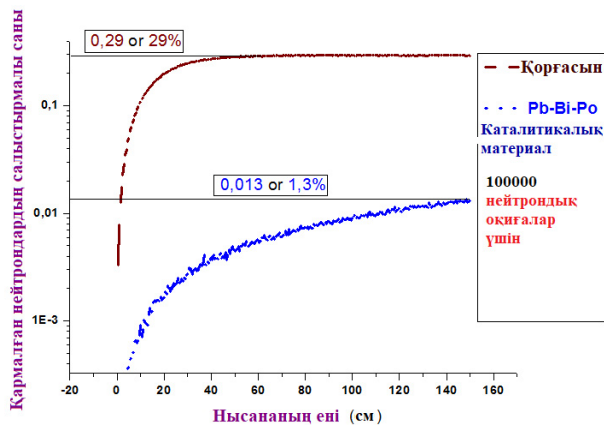
$$\varphi = 2\pi\gamma \quad (8)$$

мұндағы φ - шашырау бұрышы, γ - 0 мен 1 аралығында біркелкі үлестірілген кездейсоқ сан.

Модельдеу нәтижелері. Жоғарыда көрсетілген Монте-Карло әдісі негізінде бұл жұмыста каталитикалық құрамның, сондай-ақ табиғи қорғасынның нейтронды жұту қабілеті компьютерлік модельдеу жүзеге асырылды. Каталитикалық құрам үшін изотоптардың концентрациясы [5,6] жұмыстарда есептелген 1-кестеден алынды. Табиғи қорғасынның изотоптық құрамы төмендегі кестеде көрсетілген.

Изотоп	%
Pb ²⁰⁴	1.4
Pb ²⁰⁶	24.1
Pb ²⁰⁷	22.1
Pb ²⁰⁸	52.4

Үлгі ретінде x осі бойынша қалыңдығы екі өлшемді пластина, ал y осі бағытында пластина шексіз деп қарастырылды. Монте-Карло әдісімен модельдеу кезінде материалдың бекітілген қалыңдығында әр құрам үшін 100000 нейтрондық оқиғалар ойнатылды. Бұл жағдайда нейтрондардың энергетикалық спектрі монохромды және 0,0253 эВ тең деп алынды. Барлық изотоптар үшін көрсетілген энергиялар аймағында реакцияның тек екі арнасы бар: бұл серпімді нейтрондардың шашырауы және оның жұтылуы. Материалдың x осі бағытындағы қалыңдығы 5 см қадаммен 5-тен 150 см-ге дейін өзгерді. Каталитикалық құрам мен табиғи қорғасын үшін берілген қалыңдықтағы нейтрондарды жұтылу нәтижелері төменде суретте көрсетілген, мұнда y осінде - жұтылған нейтрондардың жалпы нейтрондардың санына қатынасы, ал x осінде - материалдың қалыңдығы.



Қорытынды. Суретте көрсетілген графиктен каталитикалық құрам үшін нейтрондардың жұтылуының қанықтылығы материалдың 150 см қалыңдығында жүретіндігін көруге болады, ал табиғи қорғасын үшін бұл көрсеткіш 50 см құрайды. Бұл жағдайда табиғи қорғасынның қанығу кезде сіңіру қабілеті 29% құраса, ал каталитикалық құрам үшін ол тек 1,3% құрайды. Сонымен, бос нейтрондардың жұтылу қабілеті өте төмен, бұл оны [3] жұмыстағы авторлар көрсеткендей, осы уақытқа дейін көрсетілген нейтрондық энергияның ауқымында қосымша энергия көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік бермейді. Бұл Pb208 изотопы үшін нейтрондарды қармау қимасы өте төмен және 0,0253 эВ энергиясы үшін 0,000230374 барнға тең, ал оның каталитикалық құрамдағы үлесі 97,53% құрайды. Алайда каталитикалық құрам үшін басқа энергия диапазонында нейтрондардың жұтылу қабілеті жоғары болуы мүмкін екендігі де жоқ емес. Мұнда қармап алудан және серпімді шашыратудан басқа реакция арналары болуы мүмкін болғандықтан каталитикалық құрам үшін изотоптардың тұрақты концентрациясын берілген энергия диапазонында қайта есептеу керек.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Takahashi M., Uchida S., Hata K., Matsuzawa T., Osada H., Kasahara Y., Sawa N., Okubo Y., Obara T., Yusibani E. (2005) PbBi-cooled direct contact boiling water small reactor. *Progress in Nuclear Energy*, 47(1-4), 190-201.
2. GROMOV B.F. et al., "Use of Lead-Bismuth Coolant in Nuclear Reactors and Accelerated-Driven Systems". *Nucl. Eng. Design*, 173, 207, 1997.
3. SEKIMOTO, H., ZAKI S., Design Study of Lead- and Lead-Bismuth-Cooled Small Long-Life Nuclear Power Reactors Using Metallic and Nitride Fuel, *Nucl. Technol.*, 109 (1995) 307-313.
4. М. Е. Абишев, М. К. Хасанов, Н. Б. Кенжебаев. О циклической реакции с участием тепловых нейтронов // *Вестник НАН РК* //Том 6, стр. 15-19, 2013.
5. М. Абишев, М. Хасанов, Д. Утепова, Т. Айтасов. Моделирование взаимодействия тепловых нейтронов с каталитическим составом (Pb, Bi, Po) в безграничной среде. // *Вестник НАН РК*//Том 3, стр. 307, 2016.
6. М. Хасанов, Н. Отарбек. Расчет количества тепла, испускаемого каталитическим составом (Pb, Bi, Po) при разных значениях нейтронного потока в программном комплексе "IBUS" // *Вестник НАН РК. Серия Физическая* //Том 65, стр. 27-32. 2018.
7. P. Hejzlar, M. J. Driscoll, M. S. Kazimi, "Conceptual neutronic design of a lead-bismuth-cooled actinide burning reactor," *Nucl. Sci. Eng.*, 139, 1–18 (2001).
8. J. E. Buongiorno, N. E. Todreas, M. Kazimi, "Void fraction prediction for the Pb–Bi/water direct contact nuclear reactor," *Proc. Int. Conf. on Nuclear Engineering*, Apr. 2–6, 2000, Baltimore, MD, (ICONE-8), (2000).
9. N. Li, "Liquid lead-bismuth technology: Russian Nuclear Coolant Technology and its transfer and extension for ATW," Slides at ATW Roadmap Working Group Meeting, Mar. 15, 1999.