

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

О ЦИКЛИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

Аннотация. В работе исследованы цепочки реакций нейтронного катализа, определены элементы, участвующие в катализе, найдены равновесные концентрации элементов в цикле, предложена идея создания реактора на нейтронном катализе. Были изучены наиболее подходящие к нейтронному катализу элементы и их изотопы, в частности, тяжелые элементы, массовые числа которых превышает $A > 82$ (требование к альфа распаду). По изученным материалам и их дальнейшему анализу были отобраны изотопы с необходимыми свойствами в качестве составных элементов цикла нейтронного катализа. Анализ полученных результатов показал, что найденный каталитический состав может применяться не только как рабочее тело реактора, но и как защитный материал от потока нейтронов. Найдены элементы и их массовые доли в каталитическом составе, необходимые для замыкания цикла и сохранения оптимального течения реакций и свойств материала.

Ключевые слова: нейтронный катализ, циклическая реакция, каталитический состав.

Тірек сөздер: нейтрондық катализ, циклдық реакция, катализдік қоспа.

Keywords: neutron catalysis, cyclic reaction, catalytic composition.

ВВЕДЕНИЕ. Ядерной энергетике, как и многим другим отраслям промышленности, присущи вредные и опасные факторы воздействия на окружающую среду. Наибольшую потенциальную опасность представляет радиоактивное загрязнение.

Опыт эксплуатации АЭС во всем мире показывает, что биосфера надежно защищена от радиационного воздействия в нормальном режиме эксплуатации предприятий ядерной энергетике. После аварии на Чернобыльской АЭС и аварии на Фукусиме проблема безопасности ядерной энергетике встала с особенной остротой. Взрывы на реакторах Чернобыльской и Фукусимской АЭС показали, что риск разрушения активной зоны реактора из-за ошибок персонала и просчетов в конструкции остается реальностью. Необходимо принимать самые строгие и эффективные меры для снижения этого риска.

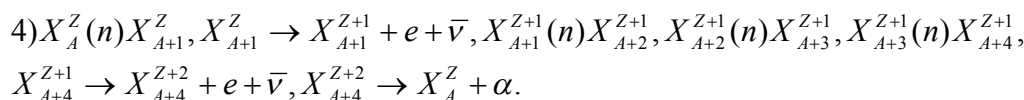
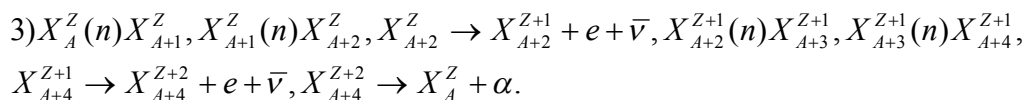
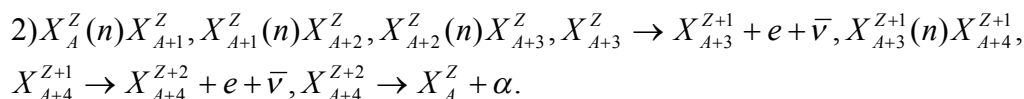
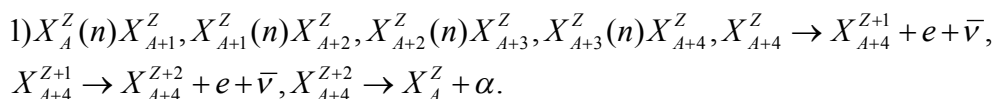
Сложные проблемы возникают с захоронением радиоактивных отходов и демонтажем отслуживших свой срок АЭС. Блоки отработанного ядерного топлива необходимо охлаждать. Дело в том, что при радиоактивном распаде выделяется так много тепла, что блоки могут расплавиться. Кроме того, блоки могут генерировать новые радиоактивные элементы. Некоторые из этих элементов как источники радиоактивности могут применяться в медицине, промышленности и научных исследованиях. Все прочие ядерные отходы необходимо изолировать.

Исследования по созданию термоядерного реактора наталкиваются на проблему наведенной реакции от нейтронов, которые активируют (радиоактивно заражают) реактор и теплообменник. Нейтронное облучение во время D-T реакции настолько велико, что после первой серии тестов на JET (наибольшем реакторе на сегодняшний день на таком топливе), реактор стал настолько радиоактивным, что для завершения годового цикла тестов пришлось разработать роботизированную систему дистанционного обслуживания.

В свете вышесказанного представляет определенный интерес применение нейтронного катализа для оптимизации этих реакторов и создании новых поколений реакторов. В данной работе приводятся результаты исследований по нейтронному катализу и циклической ядерной реакции на основе нейтронного катализа на тепловых нейтронах.

НЕЙТРОННЫЙ КАТАЛИЗ. Нейтронный катализ основан на реакции захвата четырех нейтронов ядром катализатором (X_A^Z), с последовательным (выделением) распадом на альфа частицу, два электрона и два электронных антинейтрино с восстановлением начального ядра (циклическая реакция – четыре нейтронных захвата, двойной бета распад и альфа распад). За цикл ядро-катализатор может захватывать нейтроны последовательно, испытывая бета распад, превращаться в промежуточные ядра. Число промежуточных элементов (с изотопами) два (X_A^{Z+1}, X_A^{Z+2}). Существует девять возможных цепочек реакций: ($nnnn\beta\beta\alpha$, $nnn\beta n\beta\alpha$, $nn\beta n n\beta\alpha$, $n\beta n n n\beta\alpha$, $n n n\beta\beta n\alpha$, $n n\beta n\beta n\alpha$, $n\beta n n\beta n\alpha$, $n n\beta\beta n n\alpha$, $n\beta n\beta n n\alpha$).

Схематически каналы реакций могут быть представлены в следующем виде:

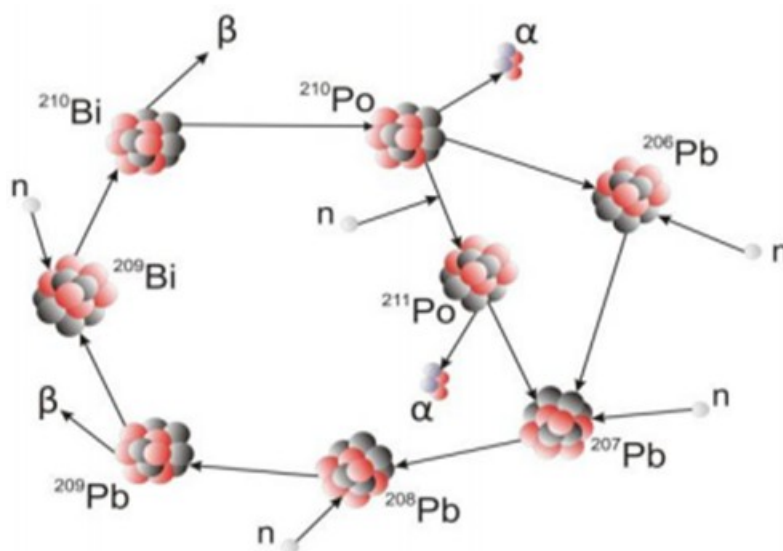


.....

Осуществление данной цепочки возможно, если найти подходящие элементы с необходимыми параметрами для устойчивого поддержания процесса.

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СОСТАВ. Были изучены наиболее подходящие к нейтронному катализу элементы и их изотопы, в частности, тяжелые элементы, массовые числа которых превышает $A > 82$ (требование к альфа распаду), поскольку для осуществления нейтронного катализа требуется альфа радиоактивный элемент. Основными объектами исследования характеристик элементов стали эффективное, полное сечение элементов, их время жизни, а также каналы распадов.

По изученным материалам и их дальнейшему анализу были отобраны изотопы с необходимыми свойствами в качестве составных элементов цикла нейтронного катализа. В состав входят: Bi^{209} , Bi^{210} , Po^{210} , Pb^{206} , Po^{211} , Pb^{207} , Pb^{208} , Pb^{209} . На рисунке изображен схематический вид цепочки ядерных реакций. Стрелками указаны переходы ядра в следующее по цепочке ядро путем захвата нейтрона или путем бета или альфа распадов.



Схематический вид цепочки ядерных реакций нейтронного катализа

Данный цикл проходит таким образом: Pb^{206} , поглощая нейтрон, превращается в Pb^{207} . Pb^{207} , поглощая нейтрон, превращается в Pb^{208} , который, в свою очередь, тоже поглощая нейтрон, превращается в Pb^{209} , период полураспада которого равен 3.253(14) часам. Поэтому идет его само-произвольный распад в Bi^{209} : он сопровождается испусканием β излучения. Период полураспада Bi^{209} составляет $1.9(2) \times 10^{19}$ лет, поэтому ее можно считать практически стабильным, таким образом, он может поглотить нейтрон. Bi^{209} , поглощая нейтрон, становится Bi^{210} , этот элемент является радиоактивным. Период полураспада Bi^{210} составляет 5.012(5) дней. Оно может испытать как альфа, так и бета распад, но вероятность альфа распада составляет 1.32×10^{-4} . Испытывая бета-распад, Bi^{210} превращается в Po^{210} , который в свою очередь является также радиоактивным, с периодом полураспада 138.376(2) дней. За это время оно может как поглотить нейтрон и стать Po^{211} , так и испуская альфа частицу стать Pb^{206} . Po^{211} является радиоактивным элементом, период полураспада которого составляет 0.516(3) с. Испуская альфа частицу, он превращается в Pb^{206} . Цикл замыкается. Ниже приведены формулы реакций ядра с нейтронами и формулы распадов:



В таблице 1 указаны постоянная распада и сечение взаимодействия каждого ядра элементов с тепловыми нейтронами.

Таблица 1 – Сечение поглощения и периоды полураспадов элементов цикла

Номер элемента	Название элемента	T _{1/2}	Сечение поглощения тепловых нейтронов, барн
1	Po 210	138,376 сут	0,002
2	Po 211	0,516 с	
3	Pb 206	стабильный	0,0297
4	Pb 207	стабильный	0,71
5	Pb 208	стабильный	0,000232
6	Pb 209	3,2 час	
7	Bi 210	5 сут	
8	Bi 209	1.9(2)×10 ¹⁹ лет	0,0338

Мы вычислили массовое соотношение каждого элемента. Массовое соотношение каждого элемента приведено в таблице 2, если полная масса состава равна 1 кг.

Таблица 2 – Массовое соотношение элементов при массе состава 1 кг

Название элемента	Массовое содержание элементов
Po 210	16 г
Pb 206	0,0435 мкг
Po 211	0,0126 мкг
Pb 207	0,317 г
Pb 208	975,3 г

Pb 209	18,98 мг
Bi 210	6,73 г
Bi 209	0,7 г

На основе полученных данных были сделаны расчеты по реактору на нейтронном катализе. В зависимости от потока нейтронов и рабочей температуры необходимо вносить различные структурные, конструкционные и элементные изменения. Предложена простейшая схема реактора на нейтронном катализе.

Для дальнейших исследований необходимы эксперименты на исследовательском реакторе, а также более точное измерение сечений взаимодействия найденных элементов с нейтронами различных энергий. Заключена предварительная договоренность по измерению сечений этих элементов на циклотроне в INFN (г. Катания, Италия). Подан патент на защитный материал от нейтронного потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В работе были изучены процессы поглощения нейтронов ядрами, испускания альфа частиц, а также полная характеристика ядер элементов каталитического состава. Основываясь на изученных материалах, была построена цепочка ядерных реакций, которая будет поддерживаться облучением нейтронами. Большим недостатком катализа является то, что элементы, входящие в данный цикл, могут уйти по другим каналам ядерных реакций в зависимости от энергии нейтронов. Однако существует решение этой проблемы путем выбора определенного спектра нейтронов и дополнением рассматриваемого цикла другими дополнительными сопряженными циклами с замыкающими каналами ядерных реакций. Таким образом, катализ нейтронов может состоять из многих подобных циклов, концентрация элементов которого будет вычисляться с помощью численных методов и статистически. Дальнейшее изучение катализа путем решения проблем с его осуществлением приведут к улучшению существующих реакторов, увеличив выход энергии и делая их применение более экологически чистым, а также созданию новых типов реакторов, полностью работающих на нейтронном катализе.

Были изучены наиболее подходящие к нейтронному катализу элементы и их изотопы, в частности, тяжелые элементы, массовое число которых превышает $A > 82$ (требование к альфа распаду), поскольку для осуществления нейтронного катализа требуется альфа радиоактивный элемент. Основными объектами характеристики элементов стали эффективное, полное сечение элементов, и их время жизни, а также каналы распадов. По изученным материалам и их дальнейшему анализу были отобраны изотопы с необходимыми свойствами в качестве составных элементов цикла нейтронного катализа. В состав входит: Bi^{209} , Bi^{210} , Po^{210} , Pb^{206} , Po^{211} , Pb^{207} , Pb^{208} , Pb^{209} .

На основе полученных данных были сделаны предварительные расчеты по реактору на нейтронном катализе.

В дальнейшем будет проводиться анализ сечений возбужденных ядер-претендентов с целью стабилизации катализа, написаны программы по определению процентного содержания элементов в каталитическом составе, проводится численные эксперименты с целью стабилизации состава и увеличения устойчивости цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1 Abishev M., Khasanov M. On the reactors with cyclic reactions // Abstracts of International Conference «Nuclear science And its application». – Samarkand, 2012. – P. 314.

2 Абишев М., Хасанов М., Кенжебаев Н. О нейтронном катализе // Тезисы 9-й международной конференции «Ядерная и Радиационная Физика». – Алматы, 2013. – С. 139.

REFERENCES

1 Abishev M., Khasanov M. On the reactors with cyclic reactions. Abstracts of International Conference «Nuclear science And its application». Samarkand, 2012. P. 314.

2 Abishev M., Khasanov M., Kenzhebayev N. On neutronic catalysis. Abstracts of 9th International Conference «Nuclear and Radiation Physics», Almaty, 2013. P. 139.

Резюме

М. Е. Әбішев, М. К. Хасанов, Н. Б. Кенжебаев

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

ЖЫЛУЛЫҚ НЕЙТРОНДАР ҚАТЫСУЫМЕН ЖҮРЕТІН ЦИКЛДЫҚ РЕАКЦИЯЛАР ЖАЙЛЫ

Жұмыста нейтрондық катализ реакциялары тізбегін, катализға қатысатын элементтердің тепе-тең концен-трациясын табу, нейтрондық катализ негізінде істейтін реактор жобасын жасау мәселелері қарастырылды. Алынған нәтижелерді сараптау табылған катализдық қоспа тек реактордың жұмыс денесі ғана емес, ней-трондар ағысынан қорғаныс материалы ретінде де пайдаланыла алатынын көрсетті. Циклға қажетті эле-менттер табылып, олардың реакцияны ұстап тұратын және қоспа қасиеттерін сақтайтын массалық үлестері анықталды.

Тірек сөздер: нейтрондық катализ, циклдық реакция, катализдік қоспа.

Summary

M. E. Abishev, M. K. Khasanov, N. B. Kenzhebayev

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Republic of Kazakhstan)

ON CYCLIC REACTION WITH PARTICIPATION OF THERMAL NEUTRONS

In this work the catalytic neutron chain reaction was investigated and elements involved in catalysis were defined, the equilibrium concentrations of the elements were found in the cycle and the idea of a reactor based on neutron catalysis was proposed. Analysis of the results showed that the recovered catalysis composition can be used not only as a working body of the reactor, but also as a protective material on the neutron flux. Found elements and their mass fractions in the catalysis composition, required to close the cycle and keep the optimal implementation of reactions and properties of the material.

Keywords: neutron catalysis, cyclic reaction, catalytic composition.

Поступила 11.11.2013 г.