Евсеев, Леонид Александрович. Закономерности выгорания изотопа 10B в карбиде бора стержней аварийной защиты ядерных реакторов ВВЭР-1000 и БН-600 : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.04.07 / Евсеев Леонид Александрович; [Место защиты: Ульян. гос. ун-т].- Ульяновск, 2012.- 130 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-1/1262

Открытое Акционерное Общество “Государственный Научный Центр -

Научно-исследовательский институт атомных реакторов”

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Ульяновский государственный университет»

Евсеев Леонид Александрович

Закономерности выгорания изотопа 10В в карбиде бора

стержней аварийной защиты ядерных реакторов

ВВЭР-1000 и БН-600

Специальность 01.04.07 “Физика конденсированного состояния”

Диссертация на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук

профессор В.Д. Рисованый

Ульяновск - 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР (постановка задачи)

1.1. Изменение элементно-изотопного состава поглощающих элементов

на основе карбида бора в ядерных реакторах

1.2. Методы исследования выгорания изотопа 10В в поглощающих

элементах на основе карбида бора

1.3. Аналитические возможности метода вторично-ионной масс- спектрометрии (ВИМС) при его использовании для исследования выгорания изотопа 10В в поглощающих материалах на основе карбида

бора

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристики исследуемых образцов

2.2. Методы исследования

Глава 3. ВЫГОРАНИЕ ИЗОТОПА 10В В КАРБИДЕ БОРА СТЕРЖНЕЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА ВВЭР-1000

3.1. Одномерный анализ изотопного состава поглощающего сердечника

после эксплуатации в течение 1804 эффективных суток

3.2. Двухмерный анализ изотопного состава поглощающего сердечника

после эксплуатации в течение 1804 эффективных суток

Глава 4. ВЫГОРАНИЕ ИЗОТОПА 10В В КАРБИДЕ БОРА СТЕРЖНЕЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА БН-600

4.1. Исследования таблеток после эксплуатации в течение 320

эффективных суток

4.2. Исследования таблеток после эксплуатации в течение 480

эффективных суток

4.3. Исследования таблеток после эксплуатации в течение 520

эффективных суток

4.4. Расчетная модель выгорания изотопа 10В в различных секторах

таблеток из В4С

з

Выводы 118

Список литературы 120

ВЫВОДЫ

1. Разработана и внедрена исследовательская установка для проведения одномерного и двухмерного анализа облученных поглощающих элементов методом ВИМС с линейным разрешением 10 мкм на базе промышленного вторично-ионного масс-спектрометра МС7202М. Разработаны методики и способы одномерного и двухмерного анализа методом ВИМС и обосновано их применение при проведении послереакторных исследований выгорания изотопа 10В в облученных поглощающих материалах на основе карбида бора с микронным разрешением.

Разработанные методики и способы верифицированы по результатам измерений другими методами, сравнением с литературными данными и по­зволяют проводить исследования с разрешением равным диаметру ионного зонда в диапазоне 0,001—90% с относительной погрешностью не хуже 0,6%, и при сравнимых погрешностях измерений на металлографических шлифах (с фрактальной размерностью -Оупимс^Дб при относительной шероховатости -Я9вимсотн<50% для ВИМС-установок типа МС7202М).

1. Установлено, что после облучения поглощающих элементов с кар­бидом бора с естественным соотношением изотопов 10В и ПВ в реакторе ВВЭР-1000 в течение 1804 эффективных суток в режиме аварийной защиты, максимальное выгорание изотопа 10В в поверхностном слое толщиной 0,1 мм составило 70% при среднем по сечению значении выгорания 25% и изменя­ется по радиусу таблетки по формуле 10Вшгор(г) - 20,7г0’8, где г - расстояние от края сердечника, мм.
2. После облучения поглощающих элементов с карбидом бора 80% обогащения по изотопу ,0В в реакторе на быстрых нейтронах БН-600 в тече­ние 320—520 эффективных суток в режиме аварийной защиты максимальное выгорание в поверхностном слое не превышает 20%, а среднее по сечению значение выгорания - 5%.
3. Установлено, что в потоке быстрых нейтронов (Еп>1 МэВ) в нижней части столба поглотителя выгорание снижается на расстоянии 0—1 мм и увеличивается на расстоянии 1—2 мм от края поглощающего сердечника, с последующим плавным снижением вплоть до его центра. На расстоянии 30— 50 мм от низа столба поглотителя выгорание плавно снижается на расстоя­нии 0—4 мм от края поглощающего сердечника и не изменяется далее, вплоть до центра образца.
4. Скачкообразное изменение скорости захвата быстрых нейтронов изотопами 10В по радиусу таблеток В4С в нижней части столба поглотителя, находящегося на периферии (сверху) активной зоны реактора, обусловлено микроскопическими изменениями нейтронного спектра в области погло­щающих элементов, входящих в состав стержней АЗ, вызванными снижени­ем энергии нейтронов со сдвигом их спектра в промежуточную и тепловую области при столкновении с лёгкими атомами Ви Си нарабатываемыми атомами 7Li, 4Не, 3Н, а также рассеянием нейтронов на конструкционных элементах стержней АЗ.