

МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВА V-4Ti-4Cr, ОБЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОНАМИ, НЕЙТРОНАМИ И ИОНАМИ ДЕЙТЕРИЯ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРМО-ОБРАБОТОК. ¹В.Л. Арбузов, ¹Б.Н. Гощицкий, ¹С.Е. Данилов, ¹В.В. Сагарадзе, ¹О.В. Антонова, ¹Г.А. Распопова, ²В.М. Чернов, ³А.В. Козлов (¹ФГБУН Институт Физики Металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург; ²АО «ВНИИНМ», г. Москва; ³АО «ИРМ», г. Заречный) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 4-12.

Микроструктура сплава V-4Ti-4Cr, подвергнутого различным исходным термическим обработкам, исследована до и после облучения электронами и нейтронами методом трансмиссионной электронной микроскопии, а также до и после облучения ионами дейтерия методом ядерных реакций. Установлено, что в исходном состоянии и после облучения нейтронами и электронами тип, характер и количество выделений вторых фаз одинаковы. Во время облучения ионами дейтерия возникает дефектная структура, которая может меняться при комнатной температуре (рис. – 6, табл. – 1, список литературы – 12 назв.).

Ключевые слова: ванадиевые сплавы, карбо-окси-нитриды, облучение, электроны, нейтроны, дейтоны, кластеры точечных дефектов, дислокации, ловушки дейтерия.

MICROSTRUCTURE OF V-4Ti-4Cr ALLOY, IRRADIATED BY ELECTRONS, NEUTRONS AND IONS OF DEUTERIUM AFTER VARIOUS HEAT TREATMENTS. ¹V.L. Arbuzov, ¹B.N. Goschitskiy, ¹S.E. Danilov, ¹V.V. Sagaradze, ¹O.V. Antonova, ¹G.A. Raspopova, ²V.M. Chernov, ³A.V. Kozlov (¹Metal Physics Institute, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg; ²SC «VNIINM», Moscow; ³SC «IRM», Zarechnyi) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 4-12.

The structure of the V-4Ti-4Cr alloy subjected to various initial thermal treatments was studied before and after irradiation with electrons and neutrons by the method of transmission electron microscopy, and before and after irradiation with deuterium ions by the nuclear reaction method. It has been established that in the initial state and after irradiation with neutrons and electrons, the type, nature and amount of precipitates of the second phases are the same. During irradiation with deuterium ions, a defect structure is formed, which can change at room temperature (fig. – 6, tables – 1, references – 12).

Keywords: vanadium alloys, carbo-oxi-nitrides, irradiation, electrons, neutrons, deuterons, clusters of point defects, dislocations, deuterium traps.

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЦИНКОВЫХ НАНОСТРУКТУР С ПОМОЩЬЮ ИОННЫХ ПУЧКОВ. ^{1,2} А.Л. Козловский, ² Д.Б. Кадыржанов, ^{1,2,3} М.В. Здоровец (¹Институт ядерной физики Республики Казахстан, г. Алматы; ²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана; ³Уральский федеральный университет им. первого президента Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 13-22.

В современном материаловедении применение ионизирующего излучения является эффективным инструментом для стимулирования контролируемой модификации структурных и проводящих свойств наноматериалов. В работе представлены результаты исследований влияния облучения ионами Ar^{+8} с энергией 1,75 МэВ/нукл с флюенсом от 1×10^9 до 5×10^{11} ион/см² на структурные и проводящие свойства Zn нанотрубок. Методами РЭМ, РСА и ЭДА установлено, что облучение ионами Ar^{+8} позволяет модифицировать кристаллическую структуру нанотрубок, увеличивая их проводимость и снижая сопротивление, наноструктур, при этом, не разрушая структуру (рис. – 3, табл. – 2, список литературы – 23 назв.).

Ключевые слова: ионная имплантация, нанотехнологии, нанотрубки, кристаллическая структура, проводящие свойства.

DIRECTED MODIFICATION OF THE ZINC NANOSTRUCTURES WITH ION BEAMS. ^{1,2}Kozlovskiy A.L., ²Kadyrzhanov D.B., ^{1,2,3}Zdorovets M.V. (¹ The Institute of Nuclear Physics of Republic of Kazakhstan, Almaty; ² Eurasian National University, Astana; ³Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 13-22.

The use of ionizing radiation is an effective tool for stimulating a controlled modification of structural and conductive properties of nanomaterials. The paper presents the results of studies of the influence of irradiation with Ar^{+8} ions with an energy of 1,75 MeV/nucleon with a fluence from 1×10^9 to 5×10^{11} ion/cm² on structural and conductive properties of Zn nanotubes. Using SEM, X-ray diffraction and EDA methods it was established that irradiation with Ar^{+8} ions makes it possible to modify the crystal structure of nanotubes, increasing their conductivity and decreasing the resistance of nanostructures, without destroying the structure (fig. – 3, tables – 2, references – 23).

Keywords: ion implantation, nanotechnology, nanotubes, crystal structure, conductive properties.

ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСЛОКАЦИОННЫХ СТОКОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В ГЦК КРИСТАЛЛЕ Pu. А.Б. Сивак, С.В. Коровин, П.А. Сивак (НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 23-30.

Методом кинетического Монте-Карло рассчитаны эффективности дислокационных стоков для радиационных дефектов (вакансии, собственные межузельные атомы) в δ -Pu в интервале дислокационных плотностей $8,1 \times 10^{11} - 1,8 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$ и интервале температур 200-748 К. Рассмотрены прямолинейные винтовые, смешанные и краевые полные дислокации с вектором Бюргерса $1/2\langle 110 \rangle$ в различных системах скольжения. Энергии взаимодействия собственных точечных дефектов с дислокациями рассчитаны методом анизотропной теории упругости. Предложены аналитические выражения для зависимости расчетных значений эффективности дислокационных стоков от температуры и дислокационной плотности (рис. – 3, табл. – 2, список литературы – 15 назв.).

Ключевые слова: плутоний, эффективность дислокационных стоков, вакансии, собственные межузельные атомы, метод кинетического Монте-Карло, анизотропная теория упругости.

DISLOCATION SINK EFFICIENCIES FOR RADIATION DEFECTS IN FCC Pu CRYSTAL. A.B. Sivak, S.V. Korovin, P.A. Sivak (NRC «Kurchatov Institute», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 23-30.

The sink efficiency of perfect dislocations for radiation defects (vacancies, self-interstitial atoms) in δ -Pu has been calculated by an object kinetic Monte Carlo method in a temperature range of 200-748 K and range of dislocation densities from 8×10^{11} to $2 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$. Screw, mixed, and edge dislocations with a Burgers vector $1/2\langle 110 \rangle$ in different slip systems have been analyzed. The interaction energies of radiation defects with dislocations have been calculated using the anisotropic theory of elasticity. Analytical expressions have been proposed for the dependences of the calculated values of dislocation sink efficiency on temperature and dislocation density (fig. – 3, tables – 2, references – 15).

Keywords: plutonium, dislocation sink efficiency, vacancies, self-interstitial atoms, kinetic Monte Carlo method, anisotropic theory of elasticity.

МИКРОСТРУКТУРА ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ЧС-68 ДО И ПОСЛЕ ОТРАБОТКИ В ШТАТНОМ РЕЖИМЕ В СОСТАВЕ СБОРКИ РЕАКТОРА БН-600. ¹В.И. Воронин, ¹И.Ф. Бергер, ¹Б.Н. Гощицкий, ¹Н.В. Проскурнина, ²В.М. Чернов (¹Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург; ²АО «ВНИИНМ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 31-42.

Структура образцов из оболочек твэл из аустенитной стали ЧС-68 после отработки в штатном режиме быстрого реактора БН-600 (дозы от 1,5 до 81,4 сна, температура облучения от 370 до 525 °С) была исследована методом нейтронной дифракции. С использованием полнопрофильного анализа получены данные о микроструктуре, текстуре и микронапряжениях. Методом Вильямсона-Халла рассчитана плотность дислокаций и выявлен их тип. Сделан вывод о значительном влиянии температуры облучения на плотность дислокаций (рис. – 8, табл. – 3, список литературы – 27 назв.).

Ключевые слова: Быстрый реактор БН-600, оболочки твэл, аустенитная сталь ЧС-68, нейтронография, дефекты, дислокации, микроструктура, микронапряжения

MICROSTRUCTURE OF THE FUEL ROD CLADINGS FROM THE AUSTENITIC STEEL ChS-68 BEFORE AND AFTER IRRADIATION IN THE ASSEMBLY UNDER THE REGULAR WORKING CONDITIONS IN THE BN-600 REACTOR. ¹V.I. Voronin, ¹I.F. Berger, ¹B.N. Goshchitskii, ¹N.V. Proskurnina, ²V.M. Chernov (¹Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Science; ²JSC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 31-42.

The structure of the specimens from the core claddings from the austenitic steel ChS-68 after the regular working conditions of the fast reactor BN-600 (dozes from 1,5 dpa to 81,4 dpa, irradiation temperature from 370 °C to 525 °C) was investigated by the method of the neutron diffraction. Using the full-profile analysis the data on the microstructure, texture and microstresses were received. The density and types of the dislocations were calculated by Williamson-Hall method. The reason was made on the strong influence of the irradiation temperature on the dislocation density (fig. – 8, tables – 3, references – 27).

Keywords: fast reactor BN-600, core claddings, austenitic steel ChS-68, neutronography, defects, dislocations, microstructure, microstresses.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА КАЛЬЦИНАЦИИ ОТРАБОТАННОГО ИОНООБМЕННОГО СОРБЕНТА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ СТЕПЕНИ ВКЛЮЧЕНИЯ ЕГО В ЦЕМЕНТНУЮ МАТРИЦУ. В.А. Кашеев, Н.Д. Мусатов, А.И. Тучкова, В.Л. Виданов (АО «ВНИИНМ»), г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 44-56.

На основании анализа результатов, полученных при проведении термографического анализа, выбран температурный интервал (200-210 °С) проведения процесса кальцинации смолы КУ-2, позволяющий провести частичную деструкцию ИОС, удалить содержащуюся там «химически связанную» влагу. На опытном стенде АО «ВНИИНМ» проведена экспериментальная отработка процесса кальцинации имитатора отработанного сорбента КУ-2 и определены технологические параметры работы роторного кальцинатора, позволяющие провести деструкцию полимерного каркаса ионообменной смолы. Показано, что кальцинация ИОС перед их цементованием позволяет более чем в 3 раза уменьшить объем образующегося компаунда. При этом гидролитическая устойчивость цементных компаундов, полученных после отверждения кальцината ИОС, составляет величины от 5 до $7 \cdot 10^{-4}$ г/(см²·сутки), что более чем в 5 раз превосходит гидролитическую устойчивость компаунда, полученного прямым цементованием (без кальцинации) ИОС. Полученные результаты показали целесообразность и эффективность использования метода кальцинации ИОС перед их цементованием (рис. – 8, табл. – 5, список литературы – 10 назв.).

Ключевые слова: радиоактивные отходы, отверждение, ионообменные смолы, физико-химические свойства.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE USE OF THE METHOD OF CALCINATION OF THE PROCESSED ION EXCHANGE SORBENT FOR THE INCREASE OF THE DEGREE OF ITS INCLUSION INTO A CEMENT MATRIX. V.A. Kascheev, N.D. Musatov, A.I. Tuchkova, V.L. Vidanov (JSC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 44-56.

Based on the thermographic analysis a temperature interval (200-210 °C) of the calcination process of KU-2 resin was selected. At the temperature partial ion exchanger destruction and chemically bound moisture removal take place. Experimental testing of calcination process of spent KU-2 substitute at the SC «VNIINM» pilot unit was carried out. Process conditions of the rotary calciner operation were determined. It is shown that ion exchange resin calcination before cementation leads to threefold volume reduction of solidified waste package. The hydrolytic stability of cement compounds obtained after calcinated resin solidification is $(5-7) \cdot 10^{-4}$ g/(cm²·day) which exceeds by more than 5 times the hydrolytic stability of the compound obtained by direct resin cementation (without calcination). The obtained results showed the possibility and effectiveness of the ion exchange resins calcination method before cementing (fig. – 8, tables – 5, references – 10).

Keywords: radioactive waste solidification, ion exchange resins, physico-chemical properties.

МУРАТАИТ – МАТРИЦА ДЛЯ ОТХОДОВ РАДИОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА. ¹А.А. Лизин, ¹С.В. Томилин, ¹С.С. Погляд, ¹Е.А. Прыжевская, ^{2,3}С.В. Юдинцев, ³С.В. Стефановский (¹АО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград; ²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва; ³Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 57-72.

В работе представлены результаты исследований по включению радиоактивных отходов пирохимической переработки ОЯТ и кальцинатов от дезактивации защитного оборудования боксов и камер в керамику на основе муратаита. Изучен фазовый и химический состав полученной керамики с отходными формами технологических осадков-концентраторов продуктов деления в расплавах хлоридов. Радиационная устойчивость муратаитовых матриц изучалась путем их импрегнирования изотопом кюрия-244 (1,8 масс.%). В керамиках, полученных сплавлением при 1325 и 1350 °С, рентгеновская аморфизация муратаитовых фаз достигается при дозах $2,46 \cdot 10^{18}$ и $2,53 \cdot 10^{18}$ α -распад/г (~0,19 смец./ат.), а для спеченной керамики (температура спекания 1250 °С) $2,73 \cdot 10^{18}$ α -распад/г (0,21 смец./ат.). Структура муратаита была восстановлена после отжига при 1250 °С в течение 5 часов на воздухе. Исходные и аморфизированные образцы имеют очень низкий уровень выщелачивания кюрия и макрокомпонентов. Продемонстрировано получение устойчивых керамик, содержащих оксидные осадки от переработки ОЯТ пирохимическим способом и кальцинаты после упаривания дезактивационных растворов (рис. – 4, табл. – 5, список литературы – 32 назв.).

Ключевые слова: муратаит, химическая устойчивость, радиационная устойчивость, кюрий, оксидный осадок, калицинат.

MURATAITE – A MATRIX FOR IMMOBILIZING WASTE GENERATED IN RADIOCHEMICAL REPROCESSING OF SPENT NUCLEAR FUEL. ¹A.A. Lizin, ¹S.V. Tomilin, ¹S.S. Poglyad, ¹E.A. Pryzhevskaya, ^{2,3}S.V. Yudintsev, ³S.V. Stefanovsky (¹Radiochemical Technologies Division, Joint Stock Company «State Scientific Centre - Research Institute of Atomic Reactors», Dimitrovgrad; ² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow; ³ A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, RAS, Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 57-72.

Incorporation of waste from spent nuclear fuel pyrochemical reprocessing and calcines from the decontamination of glove box and hot cell equipment into murataite-based ceramics was studied. The phase and chemical compositions of the ceramics containing precipitates simulating fission products in molten chlorides were examined. The radiation stability of murataite matrices was studied by incorporation with ²⁴⁴Cm isotopes (1,8 wt.%). In the ceramics produced by melting at 1325 and 1350 °C the murataite phases was rendered to be X-ray amorphous at doses of $2,46 \cdot 10^{18}$ and $2,53 \cdot 10^{18}$ α -decays/g (0.21 dpa), while for the sample sintered at 1250 °C the amorphization dose was found to be $2,73 \cdot 10^{18}$ α -decays/g (0,21 dpa). The murataite structure was recovered after the annealing at 1250 °C for 5 hrs in air. Both the pristine and amorphized samples had very low leachability of Cm and major elements. Production of highly durable ceramics containing waste oxide precipitate surrogate after SNF pyrochemical reprocessing and calcine after the evaporation of decontamination solutions is demonstrated (fig. – 7, tables – 3, references – 4).

Keywords: Murataite, chemical durability, radiation stability, curium, oxide precipitate, calcine.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВОЛОКСИДАЦИИ УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ОКСИДНОГО ОТРАБОТАВШЕГО ТОПЛИВА. К.Н. Двоглазов, В.А. Кашеев, М.Н. Медведев, Т.В. Подымова. (АО «ВНИИНМ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 73-84.

Волоксияция – процесс окисления отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в содержащем кислород газовом потоке при высокой температуре. Данный процесс сопровождается изменением кристаллической решетки оксидов урана, что приводит к разрушению таблеток ОЯТ с образованием дисперсной фракции (порошка) ОЯТ. Процесс волоксияции может быть использован для отделения ОЯТ от оболочек твэлов и удалению летучих продуктов деления.

В работе рассмотрена математическая модель процесса волоксияции смешанного оксидного U-Пу ОЯТ с использованием установки, представляющей собой вращающуюся вокруг своей оси трубу (реторту), ось которой наклонена под небольшим углом к горизонту. Фрагменты твэлов, заполненные ОЯТ, непрерывно подаются в аппарат (на верхний вход реторты) и движутся вдоль вращающейся реторты за счет ее наклона к горизонту. Газовый поток (содержащий кислород) поступает в реторту с противоположной (нижней) стороны. На поверхности контакта газовой фазы с ОЯТ протекает реакция окисления ОЯТ. Окисленные таблетки ОЯТ разрушаются и высыпаются из оболочки.

Разработанная математическая модель позволяет оценивать длину рабочего пространства реторты, а также вычислять распределения концентрации кислорода и неокисленного топлива вдоль оси реторты в зависимости от параметров процесса (скорости вращения реторты, угла наклона реторты к горизонту, состава и скорости подачи газового потока в рабочий объем реторты, скорости подачи фрагментов твэлов в рабочий объем реторты) (рис. – 3, табл. – 3, список литературы – 4 назв.).

Ключевые слова: волоксияция; модель математическая; ОЯТ оксидное, смешанное уран-плутониевое.

MATHEMATICAL MODELLING OF VOLOXIDATION PROCESS FOR URAN-PLUTONIUM OXIDE SPENT NUCLEAR FUEL. K.N. Dvoeglazov, V.A. Kascheev, T.V. Podymova, M.N.Medvedev (JSC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 73-84.

Voloxidation is the process of oxidation of the spent nuclear fuel (SNF) in a high temperature oxygen-containing gas stream. This process is accompanied by a change in the crystal lattice of uranium oxides, which leads to the destruction of SNF pallets with the emergence of the disperse fraction (powder) of SNF. The process of voloxidation can be used to separate SNF from cladding and the removal of gas fission products.

The article considers a mathematical model voloxidation process of mixed oxide U-Pu SNF in a device that is a retort rotating around its axis with a small angle to the horizon. Fragments of fuel rods with SNF are continuously injected into the top input of the apparatus and move along the rotating retort due to its inclination to the horizon. The gas flow (containing oxygen) enters through opposite the lower side of the retort. The oxidation reaction takes place on the contact surface of gas phase and SNF. Oxidized SNF in the form of small particles fall out from the cladding.

The mathematical model allows to estimate the length of the working space of the retort, as well as to calculate the distribution of the concentration of oxygen and non-oxidized SNF along the retort depending of the process parameters (the speed of the retort rotation, the angle of the retort inclination to the horizon, the composition and the rate of gas flow to the working volume of the retort, the speed of fuel rod fragment supply to the working volume of the retort) (fig. – 7, tables – 1, references – 8).

Keywords: voloxidation, mathematical model, uran-plutonium oxide, spent nuclear fuel (SNF).

ОЧИСТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ОТ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ЩЕЛОЧНОГО ОСАЖДЕНИЯ. ¹А.Ю. Шадрин, ¹В.А. Кашеев, ²К.А. Кадочигов, ²Н.С. Самарина, ²А.Н. Машкин (¹ АО «ВНИИНМ», г. Москва; ²ФГУП «ПО «Маяк») – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 85-91.

Рассмотрены различные режимы щелочного осаждения трансураниевых элементов из имитационных растворов, содержащих уран, плутоний и америций. Суммарная α -активность исходных растворов составляла $1,0 \cdot 10^7$ Бк/дм³. Исследовано влияние концентрации NaNO_3 (солевой фон растворов) и содержание железа на процесс осаждения. Показано, что эффективным является соосаждение трансураниевых элементов с носителем (трехвалентным железом) при $\text{pH} = 11$ (рис. – 0, табл. – 3, список литературы – 3 назв.).

Ключевые слова: плутоний, америций, жидкие радиоактивные отходы, очистка, осаждение, носитель.

PURIFICATION OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE FROM TRANSURANIUM ELEMENTS BY THE METHOD OF ALKALINE PRECIPITATION. ¹A.Y. Shadrin, ¹V.A. Kascheev, ²K.A. Kadochigov, ²N.S. Samarina, ²A.N. Mashkin (¹JC «VNIINM»; ²FSUE «PA «Mayak») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 85-91.

Various modes of alkaline precipitation of transuranium elements from simulation solutions containing uranium, plutonium and americium are considered. The total α -activity of the initial solutions was $1,0 \cdot 10^7$ Bq/dm³. The effect of NaNO_3 concentration (salt background of solutions) and iron content on the precipitation process was investigated. It has been shown that co-precipitation of transuranium elements with a carrier (ferric iron) at $\text{pH} = 11$ is effective (fig. – 0, tables – 3, references – 3).

Keywords: plutonium, americium, liquid radioactive waste, purification, precipitation, carrier.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ ТВЭЛОВ ВВЭР УВЕЛИЧЕННОЙ УРАНОЕМКОСТИ В УСЛОВИЯХ LOCA И RIA. ¹А.А. Гончаров, ¹В.И. Кузнецов, ¹О.А. Нечаева, ¹В.В. Новиков, ¹А.В. Салатов, ¹П.В. Федотов, ²А.В. Горячев, ²Л.В. Киреева, ²В.Н. Шулимов, ³А.А. Девяткин, ³А.К. Лычагин, ³Н.А. Тесаловский, ³В.А. Устиненко (¹АО «ВНИИНМ», г. Москва; ²АО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград; ³ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 93-115.

В статье приведено описание экспериментально-расчетных исследований поведения твэлов ВВЭР современной конструкции в условиях проектных аварий LOCA и RIA, инициированных, организованных и проведенных АО «ВНИИНМ» в целях обоснования безопасности. Представлены условия и основные результаты реакторных экспериментов, имитирующих LOCA и RIA, с рефабрированными твэлами ВВЭР с топливом без центрального отверстия и утоненной оболочкой из сплава Э-110 на губчатой основе.

Для рефабрикации были использованы штатные твэлы ТВС, отработавших на 1-ом блоке Калининской АЭС в течение 3 и 5 топливных кампаний.

Эксперименты типа LOCA проводились в реакторе МИР, АО «ГНЦ НИИАР». Эксперименты типа RIA проводились на реакторе БИГР, ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ».

Результаты расчетов термомеханического поведения твэлов во время экспериментов, полученные в АО «ВНИИНМ» с использованием аттестованного кода РАПТА-5.2, также приведены в статье (рис. – 35, табл. – 6, список литературы – 3 назв.).

Ключевые слова: твэл, реакторный эксперимент, топливная таблетка, оболочка твэла, авария с потерей теплоносителя, авария с возрастанием реактивности, температура, энтальпия, деформация, разгерметизация, расчетное моделирование.

MAIN RESULTS OF EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL RESEARCH OF BEHAVIOR OF VVER FUEL RODS WITH INCREASED URANUM CONTENT UNDER LOCA AND RIA CONDITIONS. ¹P.V. Fedotov, ¹A.A. Goncharov, ¹V.I. Kuznetsov, ¹O.A. Nechaeva, ¹V.V. Novikov, ¹A.V. Salatov, ²A.V. Goryachev, ²L.V. Kireeva, ²V.N. Shulimov, ³A.A. Devyatkin, ³A.K. Lychagin, ³N.A. Tesalovskiy, ³V.A. Ustinenko (¹SC «VNIINM», Moscow; ²SC «SSC RIAR», Dimitrovgrad; ³FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 93-115.

The article describes the experimental-computational research of the behavior of modern WVER fuel rods under conditions of design LOCA and RIA accidents, which were initiated, organized and conducted by JSC «VNIINM» for the purpose of safety justification. The conditions and main results of reactor experiments simulating LOCA and RIA with refabricated VVER fuel rods with fuel without a central hole and a thin cladding made of sponge-based E-110 alloy are presented.

Standard fuel rods from assemblies irradiated at 1-st Unit of Kalinin NPP during 3 and 5 fuel campaigns were used for the refabricating.

LOCA-type experiments were carried out in the MIR reactor, appurtenant JSC «NIAR». RIA-type experiments were carried out in the reactor BIGR, appurtenant FSUE «RFNC-VNIIEF».

The calculation results of fuel rods thermomechanical behavior during the experiments obtained in JSC «VNIINM» with use the certified RAPTA-5.2 code are also given in the article (fig. – 35, tables – 6, references – 3).

Keywords: fuel rod, reactor experiment, fuel pellet, fuel rod cladding, loss of coolant accident, reactivity initiated accident, temperature, enthalpy, deformation, depressurization, computational modeling.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ ОБРАЗЦОВ-ИМИТАТОРОВ ТВЭЛОВ ВВЭР. А.В. Иванов, А.Ю. Кураев, А.А. Малахов, А.Е. Лернер, Ю.В. Лузан (ПАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2018. ВЫП. 3(94). С. 116-130.

Изготовлены опытные образцы-имитаторы твэлов типа ВВЭР с хромовым покрытием, нанесенным методом термического испарения в магнетронном разряде. Методами оптической и сканирующей электронной микроскопии исследованы толщина и равномерность, морфология и структура поверхности, а также элементный состав покрытия. Проведены исследования трибологических свойств образца-имитатора твэла применительно к условиям сборки ТВС, определены коэффициенты трения для штатной оболочки и оболочки с покрытием. Показано, что при взаимодействии с пучковками ДР при нагрузке, характерной для условий сборки пучка твэлов, коэффициент трения оболочки с хромовым покрытием в 1,9 раз меньше, чем штатной оболочки. Проведены ускоренные коррозионные испытания образца-имитатора твэла, исследования прочности сцепления покрытия с основой из сплава Э110, а также сравнительные эксперименты по окислению на воздухе при температуре 1100 °С (рис. – 14, табл. – 4, список литературы – 3 назв.).

Ключевые слова: метод термического испарения в магнетронном разряде, коэффициент трения, износостойкость, металлографические исследования, толщина и равномерность покрытия, оболочка, сварные соединения.

THE STUDY PROPERTIES OF PROTECTIVE CHROME COATING ON THE SAMPLES-SIMULATORS OF WWER FUEL RODS. A.V. Ivanov, A.Yu. Kuraev, A.A. Malakhov, A.E. Lerner, Yu.V. Luzan (PJSC «Mashinostroitelny Zavod», Electrostal) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2018. ED. 3(94). P. 116-130.

The experimental samples-simulators of fuel rods of LWR type reactor with a chromium coating deposited by the method of thermal evaporation in a magnetron discharge have been made. The methods of optical and scanning electron microscope were used to study the thickness and uniformity, morphology and structure of the surface, as well as the elemental composition of the coating. Tribological properties of the fuel rods sample-simulator as applied to the fuel assemblage conditions have been investigated, coefficients of friction for the standard fuel cladding and the coated fuel cladding have been determined. The results show that, when interacting with spacer grid under the load characteristic for the fuel bundle assembly conditions, the coefficient of friction of the fuel cladding with chrome coating is 1,9 times less than the nominal fuel cladding. Accelerated corrosion tests of the sample-simulator of fuel rod have been made, adhesion strength of the coating to the base of the E110 alloy has been investigated, as well as comparative experiments on oxidation in air at 1100 °C have been made (fig. – 14, tables – 4, references – 3).

Keywords: method of thermal evaporation in a magnetron discharge, coefficient of friction, wear resistance, metallographic studies, thickness and uniformity of coating, fuel cladding, welded joints.