

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
ФАНЛАРИ**  
4 СОН, 1 ЖИЛД

---

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
НАУКИ**  
НОМЕР 4, ВЫПУСК 1

---

**PHYSICAL AND MATHEMATICAL  
SCIENCES**  
VOLUME 4, ISSUE 1



**Бош муҳаррир:**  
**Главный редактор:**  
**Chief Editor:**  
**Эгамбердиев Бахром Эгамбердиевич**  
Физика-математика фанлари доктори,  
профессор, РФА академиги.

**Бош муҳаррир ўринбосари:**  
**Заместитель главного редактора:**  
**Deputy Chief Editor:**  
**Далиев Хожакбар Султанович**  
Физика-математика фанлари доктори,  
профессор.

**"Физика-математика фанлари" журнали тахририй маслахат кенгаши**  
**редакционный совет журнала "Физико-математические науки"**  
**Editorial Board Journal of Physical and mathematical Sciences**

**Утамуродова Шарифа Бекмуродовна**  
Физика-математика фанлари доктори, профессор.

**Отакулов Салим**  
физика математика фанлари доктори

**Жабборов Насридин Мирзоодилович**  
Физика-математика фанлари доктори, профессор

**Зикиров Обиджан Салижанович**  
Физика-математика фанлари доктори, профессор,

**Шарипов Олимжон Шукурович**  
Физика-математика фанлари доктори, профессор,

**Бешимов Рузиназар Бебутович**  
Физика-математика фанлари доктори, профессор,

**Маллаев Амин Сайфуллоевич**  
Физика-математика фанлари номзоди, доцент

**Алиназарова Махфуза Алишеровна**  
физика-математика фанлари фалсафа доктори

**PageMaker \ Верстка \ Саҳифаловчи:** Хуршид Мирзахмедов

**Контакт редакций журналов. [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**  
ООО Tadqiqot город Ташкент,  
улица Амира Темура пр.1, дом-2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; E-mail: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Тел: (+998-94) 404-0000

**Editorial staff of the journals of [www.tadqiqot.uz](http://www.tadqiqot.uz)**  
Tadqiqot LLC the city of Tashkent,  
Amir Temur Street pr.1, House 2.  
Web: <http://www.tadqiqot.uz/>; E-mail: [info@tadqiqot.uz](mailto:info@tadqiqot.uz)  
Phone: (+998-94) 404-0000

## МУНДАРИЖА \ СОДЕРЖАНИЕ \ CONTENT

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Жалолова Покиза</b><br>THE METHODOLOGY OF ORGANIZING CLASSES IN<br>THE CREDIT SYSTEM OF EDUCATION IN "PHYSICS" BASED ON ICT.....   | 4  |
| <b>2. Бадалов Дилмурод</b><br>ТРАПЕЦИЯНИНГ ИККИНЧИ ЎРТА ЧИЗИФИ.....  | 10 |
| <b>3. Юнусов Ғанишер</b><br>СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ЁНБОШГА ОҚИШ МАСАЛАСИ ТАДҚИҚОТИ.....  | 16 |
| <b>4. Эшқобилова Дилрабо Тўрахановна</b><br>$I_{\beta}$ ФУНКТОРИНИ ТЕКИС ФАЗОЛАР КАТЕГОРИЯСИГА КЎТАРИШ.....  | 29 |
| <b>5. Юсупов Рустам, Ахралов Шавкат,<br/>Мирзанова Нозима, Насириддинов Аълоуддин</b><br>FRAKTAL TUZILISHGA EGA BO'LGAN G'OVAKLI MUHITDAGI<br>GEOFILTRATSIYA VA GEOMIGRATSIYA MATEMATIK MODELLARI.....   | 40 |
| <b>6. Xalimov Moxir, Achilov Nurbek, Bekqulov Quadrat,<br/>Хо'jaqulov Elbek, Ко'kiyev Boburmirzo</b><br>CHIZMACHILIK VA CHIZMAGEOMETRIYA FANLARIDA<br>BURCHAK TOPISHNING BAZI USULLARI.....  | 47 |
| <b>7. Собиров Жасур, Султанов Бекзод</b><br>ГАЛИЛЕЙ ХАРАКАТИДА ХОСИЛ БЎЛГАН АЙЛАНМА СИРТЛАР.....   | 53 |
| <b>8. Tojiboev Davronbek, Kungurov Faxrulla, Baitesov Sapar,<br/>Hikmatov Ilhom, Aliqulov Sherali, Tojiboev Dier, Egamediev Serik</b><br>ALYUMINIY QOTISHMALARINING ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGINING<br>TEZ NEYTRONLAR FLUENSASIGA BOG'LIQLIGI..... | 65 |
| <b>9. Hikmatov Ilhom, Kungurov Faxrulla, Baitesov Sapar,<br/>Tojiboev Davronbek, Aliqulov Sherali, Tojiboev Dier, Egamediev Serik</b><br>PLASTINKA TURIDAGI YANGI YOQILG'I<br>ELEMENTINING MODELINI O'RGANISH.....                             | 73 |
| <b>10. Jumayev Davron Ilhomovich, Ishniyazov Baxrom Normamatovich,<br/>Tagaymuratov Abror Olimovich, Nuraliyev Umidjon Abdulkarim o'g'li</b><br>G-TOPOLOGIK FAZOLARNING KO'PAYTMASI G-TOPOLOGIK FAZO BO'LADI.....                              | 81 |

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**

**Hikmatov Ilhom Ixtiyarovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti stajirovka qiluvchi ilmiy xodim

Elektron pochta: hikmatov\_87@mail.ru

**Kungurov Faxrulla Rahmatullaevich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti fizika-matematika fanlari nomzodi

Elektron pochta: fkungurov@inp.uz

**Baitesov Sapar Akimovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti fizika-matematika fanlari nomzodi

Elektron pochta: baytel@inp.uz

**Tojiboev Davronbek Davlatalievich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti stajirovka qiluvchi ilmiy xodim

Elektron pochta: tojiboyev\_davron89@mail.ru

**Aliqulov Sherali Abdusalamovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti kichik ilmiy xodim

Elektron pochta manzili: alikulov@inp.uz

**Tojiboev Dier Po'latovich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti kichik ilmiy xodim

Elektron pochta: tadjiboyev@inp.uz

**Egamediev Serik Hujhambardievich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining  
Yadro fizikasi instituti katta ilmiy xodim

Elektron pochta: egamediyev@inp.uz

**PLASTINKA TURIDAGI YANGI YOQILG'I ELEMENTINING MODELINI O'RGANISH**



<http://dx.doi.org/10.26739/2181-0656-2020-4-9>

**ANNOTATSIYA**

Tadqiqot reaktorlarining asosiy ko'rsatgichi neytron oqimining zichligi bo'lib hisoblanadi. Yuqori neytron oqimlarini olish uchun tadqiqot reaktori ixcham bo'lishi va reaktor quvvati maksimal darajada bo'lishi zarur. Yuqori oqimli tadqiqot reaktorlarida yadro yoqilg'isi asosiy rol o'ynaydi.  $UO_2$  foydalaniladigan yadro yoqilg'isida issiqlik ajratuvchi elementlaridagi uran zichligi  $3 \text{ g/sm}^3$  oralig'ida cheklangan bo'ladi (Yoqilg'i elementlari).

**Kalit so'zlar:** reaktor, neytron oqimi, yadro yoqilg'isi, uran, issiqlik ajraluvchi element, alfa, gamma, kristall panjara, anodlash.

**Хикматов Илхом Ихтиярович**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан  
стажёр-исследователь  
E-mail: hikmatov\_87@mail.ru

**Кунгуров Фахрулла Рахматуллаевич**

Институт ядерной физики. Академии  
Наук Республики Узбекистан Кандидат  
физико-математических наук  
E-mail: fkungurov@inp.uz

**Байтелесов Сапар Акимович**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан Кандидат  
физико-математических наук  
E-mail: baytel@inp.uz

**Тожибоев Давронбек Давлаталиевич**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан  
стажёр-исследователь  
E-mail: tojiboyev\_davron89@mail.ru

**Аликулов Шерали Абдусаламович**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан  
Младший научный сотрудник  
E-mail: alikulov@inp.uz

**Таджибоев Диер Пулатович**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан  
Младший научный сотрудник  
E-mail: tadjiboyev@inp.uz

**Эгамедиев Серик Хужамбердиевич**

Институт ядерной физики Академии  
Наук Республики Узбекистан  
Старший научный сотрудник  
E-mail: egamediyev@inp.uz

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ НОВОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

### АННОТАЦИЯ

Главным параметром исследовательских реакторов является плотность потока нейтронов. Для получения высоких потоков нейтронов исследовательский реактор должен быть компактным и мощность ректора должна быть максимальна. Главную роль в высокотоочных исследовательских реакторов играет ядерное топлива. Ядерное топливо с использованием  $UO_2$  имеет ограничение по плотности урана в тепловыделяющих элементах (ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТ)  $3 \text{ г/см}^3$ .

**Ключевые слова:** реактор, поток нейтрон, ядерной топлива, уран, тепловыделяющий элемент алфа, гамма, кристаллической решетка, анодирование.

**Hikmatov Ikhom Ikhtiyarovich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan intern researcher  
E-mail: hikmatov\_87@mail.ru

**Kungurov Fakhrulla Rakhmatullaevich**

Institute of Nuclear Physics. Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
E-mail: fkungurov@inp.uz

**Baitesov Sapar Akimovich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
E-mail: baytel@inp.uz

**Tojiboev Davronbek Davlatalievich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences  
of the Republic of Uzbekistan intern researcher  
E-mail: tojiboyev\_davron89@mail.ru

**Alikulov Sherali Abdusalamovich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of  
the Republic of Uzbekistan Junior Researcher  
E-mail: alikulov@inp.uz

**Tadjiboev Dier Pulatovich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan Junior Researcher  
E-mail: tadjiboyev@inp.uz

**Egamediev Serik Huzhamberdievich**

Institute of Nuclear Physics of the Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan Senior Researcher  
E-mail: egamediyev@inp.uz

**RESEARCH OF MODELS OF NEW PLATE HEAT-RELEASING ELEMENT****ANNOTATION**

The main parameter of research reactors is the neutron flux density. To obtain high neutron fluxes, the research reactor must be compact and the reactor power must be maximized. Nuclear fuel plays the main role in high-flow research reactors. Nuclear fuel using  $\text{UO}_2$  is limited by the density of uranium in fuel elements (FUEL ELEMENTS)  $3 \text{ g} / \text{cm}^3$ .

**Key words:** reactor, neutron flux, nuclear fuel, uranium, alpha fuel element, gamma, crystal lattice, anodizing.

---

Основная цель эксперимента по разработке топлива заключается в усовершенствовании существующих и создании новых топлив, обеспечивающих максимальную загрузку урана с целью улучшения характеристик исследовательских и испытательных реакторов, использующих топливо с уменьшенным обогащением. Усилия по разработке топлива были сконцентрированы на решении двух проблем: с одной стороны, они были направлены на усовершенствование существующего топлива с целью получения максимальной загрузки урана, а с другой стороны, осуществлялась разработка нового высокоплотного топлива.[1].

До сих пор остается актуальным создание нового типа ядерного топлива с высокой плотностью урана. В этой работе исследовались возможности создания ядерного топлива с использованием метода внедрения урана в анодированный алюминий. [2]

Как известно нейтронное облучение и вызывает ядерные процессы, приводящие, к образованию и накоплению в материалах тепловыделяющих элементов новых атомов, а также к взаимодействию нейтронов, осколков деления, алфа- и гамма- частиц с кристаллической решеткой ядерных и конструкционных материалов. Степень изменений, происходящих в тепловыделяющих элементах, зависит от интенсивности и длительности нейтронного облучения, температуры облучения и от исходной структуры и свойств материалов тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), от свойств теплоносителя и его гидравлических характеристик, от конструкции ТВЭЛОВ.

В результате нейтронного облучения наблюдаются изменения структуры и физико-механических свойств материалов ТВЭЛОВ: теплопроводности, электросопротивления, упругих, механических и других свойств [3].

В уране, происходит снижение пластичности, повышение предела текучести и твердости, значительное ускорение ползучести, снижение теплопроводности и электропроводности. В результате взаимных воздействий беспорядочно ориентированных зерен урана ограничивается возможность их радиационного роста, вследствие чего наблюдаются резкие структурные изменения (деформированность зерен, микротрещины).

Размерная неустойчивость тепловыделяющих элементов при эксплуатации их в реакторе проявляется главным образом в изменениях линейных размеров, формы, объема и состояния поверхности ядерного горючего.

Характер и величина перечисленных изменений зависят от многих факторов: состава и исходной кристаллической решетки горючего, его прочностных свойств и структуры (величины зерен и степени их преимущественной ориентации), скорости и степени выгорания, температуры облучения.

### **Проведенные работы и результаты**

Целью данной работы было исследование модели нового пластинчатого ТВЭЛА, полученного из многослойного пористого оксидного сплава алюминия с упорядоченными микроразмерными отверстиями, заполненными природным ураном.

Изготовление модели ТВЭЛА включало следующие технологические этапы. Шлифованные образцы алюминия толщиной 0,18 мм и площадью 2 см<sup>2</sup> в течение 10 минут полоскали в 10% щелочи NaOH для обезжиривания, затем в течение 10 минут полоскали дистиллированной водой для удаления оксида алюминия и сушили при комнатной температуре [4].

Пористый оксидный сплав алюминия с упорядоченными микроразмерными отверстиями получали методом анодирования. В качестве катода использовали свинцовую пластину, анодом служил подготовленный образец алюминия, а электролитом был 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Температуру электролита устанавливали ~ 6 С° путем охлаждения в дистиллированной воде с 10% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O [5]. Анодирование алюминия проводили в гальваностатическом режиме при напряжении 50 В и плотности тока 30 мА/см<sup>2</sup> в течение 30 минут с перемешиванием электролита. На рисунке 1 приведены фотографии установки для анодирования и экспериментальные образцы.



Установка



Образцы

Рисунок 1 - Установка для анодирования и экспериментальные образцы.

На рисунках 2 и 3 представлены микрофотографии поверхности алюминиевой фольги до и после анодирования. Масштаб 50 и 20 микрон/см указан на снимках.

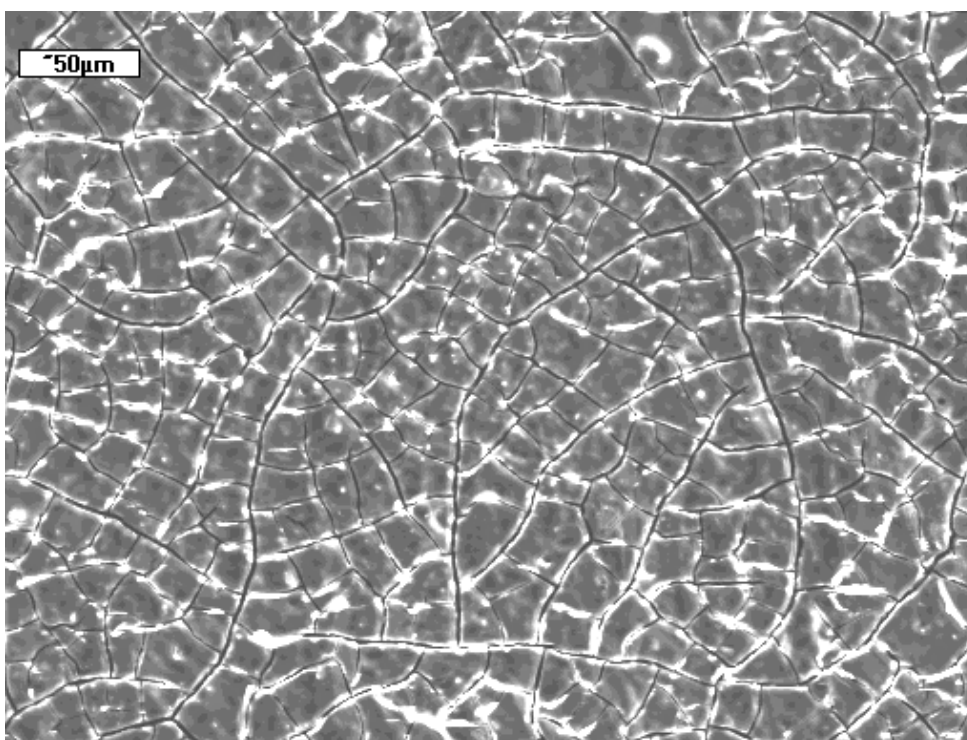


Рисунок 2. Микрофотографии поверхности алюминиевой фольги до анодирования.



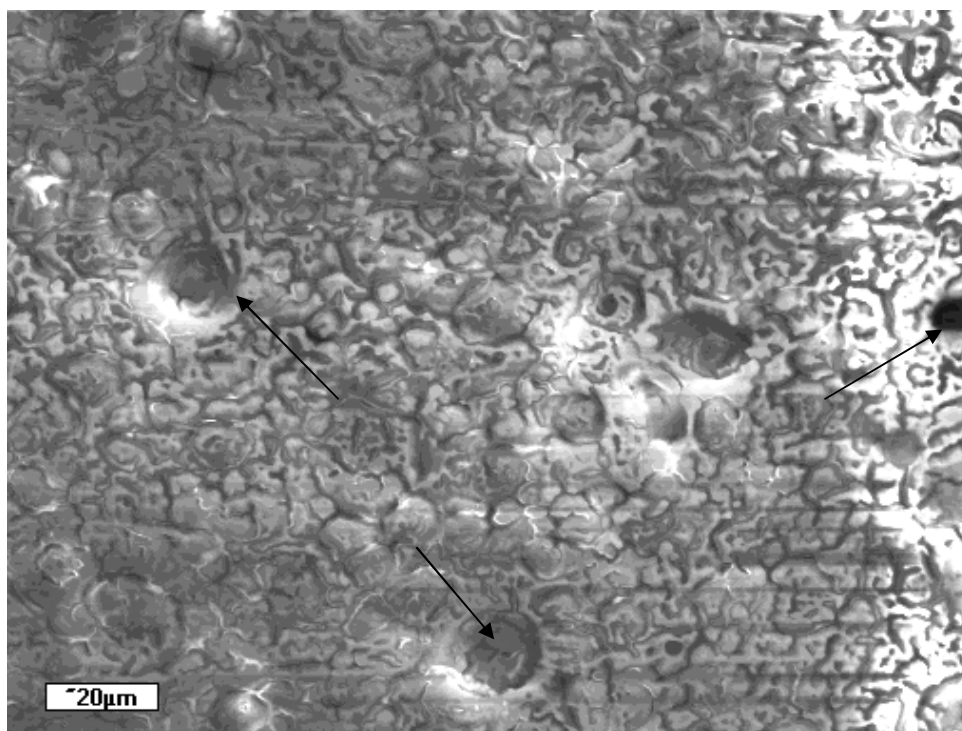


Рисунок 3. Микрофотографии поверхности алюминиевой фольги после анодирования.

Как видно из микрофотографий на поверхности алюминиевой фольги после анодирования появились поры конической формы (по законам травления) размерами от 2 до 10 микрон. На вершине поры имеются сужения до наноразмеров.

Для осаждения урана в образованные микроразмерные поры поверхность образца в течение 72 часов выдерживали в растворе сульфата уранила при концентрации 200 г/л. После выдержки, образцы в течение 10 минут полоскали в 5% растворе азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) для удаления нелегированного в поры урана с поверхности, а затем в течении 10 минут полоскали дистиллированной водой.

Для определения содержания урана, внедренного в анодированный алюминий, использовали рентгеноспектральный спектрометр с Si(Li) детектором.

Применяемый источник Am-241 с энергией излучения 59,6 кэВ возбуждал только L-линии урана [6].

На рисунке 4 показан спектр контрольного не анодированного образца алюминия, обработанный по единой технологии с анодированным, на котором не видны линии урана, только рассеянный фон и аппаратурные L-линии свинца от измерительной головки, в которой в жесткой геометрии закреплены образец-источник-детектор. Отсутствие линий урана дает возможность утверждать, что уран не удерживается на поверхности не анодированного образца алюминия. Спектр урана, внедренного в анодированный алюминий, показан на рисунке 5. Благодаря хорошему разрешению детектора (150 эВ на линии 5.89 кэВ) видны все L-линии, на уровне фона L – линии, выход которых больше 2%.

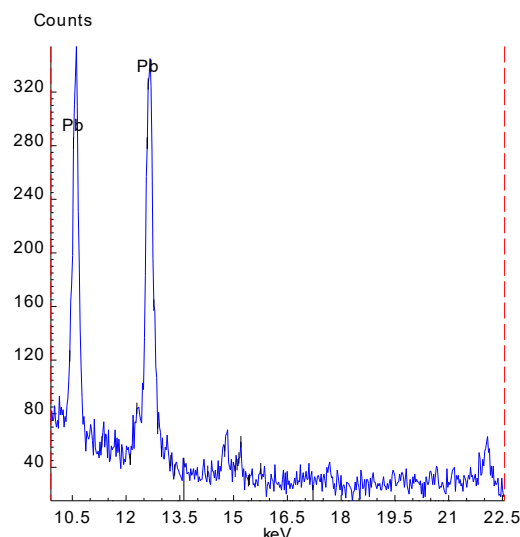


Рисунок 4. Рентгеновский спектр не анодированного алюминия, обработанного по единой технологии с анодированным.

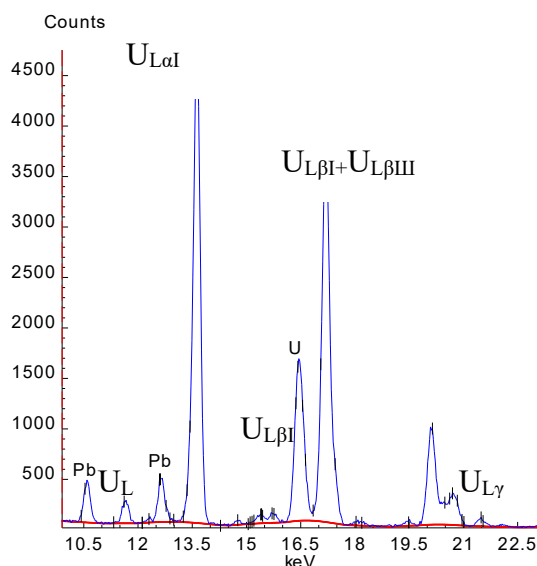


Рисунок 5. Рентгеновский спектр образца с внедренным ураном.

## ВЫВОДЫ

Как видно из рисунков 4 и 5, при энергии квантов  $U_{L\alpha 1}$  (13,62 кэВ),  $U_{L\beta 3}$  (17,45 кэВ),  $U_{L\beta 4}$  (16,58 кэВ) и  $U_{L\gamma 1}$  (20,17 кэВ) наблюдается пики, которые показывают, что осаждение урана в наноразмерные поры прошло успешно. В то же время на рисунке 4 наблюдаются только фоновые сигналы. Учитывая, что оба образца выдерживали в уранил-сульфате 72 часа, то можно утверждать, что без анодирования уран не удерживается на поверхности образца.

## Литература

1. Р.Г. Муранка Перевод исследовательских реакторов на низкообогащенное урановое топливо БЮЛЛЕТЕН МАГАТЭ, ТОМ\*25 №1 с.20-25
2. Технический прогресс в атомной промышленности: серия тепловыделяющих элемент строения 4 (20) 1987г. экз. 000197.

3. У.С. Салихбаев, С.А. Байтелесов, В.Н. Сандалов, Ф.Р. Кунгуров, У.А. Халиков, «Электропроводность алюминиевых сплавов, облученных нейтронами», Атомная Энергия, 2010, №3, т 109, вып. 3, с. 148-152
4. А.И. Щербаков, И.Б. Скворцова, В.И. Золотаревский, Г.П. Чернова, В.Е. Мащенко. Исследование процесса формирования нанопористого оксида при анодировании алюминия. // Физикохимия поверхности и защита материалов, 2009, том 45, №1, с.71-74.
5. А.И. Голубев. Анодное окисление алюминиевых сплавов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 199 с.
6. М.А. Ельяшевич, Атомная и молекулярная спектроскопия. // Москва. 1962. 892 с.

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
ФАНЛАРИ**

---

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
НАУКИ**

---

**PHYSICAL AND MATHEMATICAL  
SCIENCES**

**№4 (2020)**