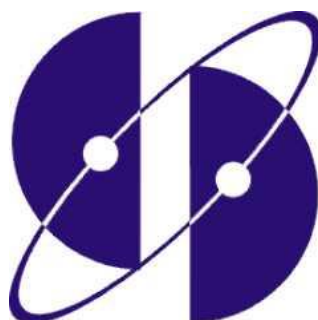


**Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
Institute of Nuclear Physics**



**II International Scientific Forum
NUCLEAR SCIENCE AND
TECHNOLOGIES**

ABSTRACTS

12th International Conference «Nuclear and Radiation Physics

**1st International Conference «Nuclear and Radiation Technologies in
Medicine, Industry and Agriculture»**

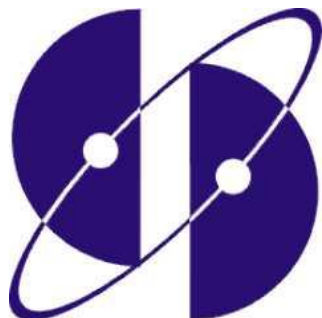
10th Workshop «Asian Nuclear Reaction Database Development»

24-27 June, 2019

Almaty, Republic of Kazakhstan

Almaty- 2019

**Министерство энергетики Республики Казахстан
Институт ядерной физики**



**II Международный научный форум
ЯДЕРНАЯ НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ**

ТЕЗИСЫ

12-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика»

1-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве»

10-й Семинар по развитию азиатских баз данных по ядерным реакциям

24-27 июня 2019 г.

Алматы, Республика Казахстан

Алматы–2019

УДК 621.039.51-73; 539.12.04; 539.17; 502.175-027.21; 544.25.057
ББК 22.383; 22.37; 24.13; 31.42; 31.46
М43

Ответственный редактор: к.ф.-м.н. Кенжин Е.А.

Редакторы: д.ф.-м.н. Буртебаев Н., к.ф.-м.н. Мунасбаева К.К.

М43 II Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» (12-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 1-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве», 10-й Семинар по развитию азиатских баз данных по ядерным реакциям): Тезисы докладов. = II International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies» (12th International Conference «Nuclear and Radiation Physics», 1st International Conference «Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture», 10th Workshop «Asian Nuclear Reaction Database Development»). Abstracts: –Алматы: РГП ИЯФ, 2019. – 292 с. – рус., англ.

ISBN 978-601-332-323-7

В сборнике представлены тезисы докладов участников II Международного научного форума в области фундаментальной и прикладной ядерной физики, радиационной физики твердого тела, радиационной экологии, методов анализа, применения ядерных и радиационных методов в медицине и промышленности.

УДК 621.039.51-73; 539.12.04;
539.17; 502.175-027.21; 544.25.057
ББК 22.383; 22.37; 24.13; 31.42; 31.46

ISBN 978-601-332-323-7 © РГП «Институт ядерной физики», 2019

FORUM ORGANIZERS

Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
RSE «Institute of Nuclear Physics» of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
RSE «National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan» of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Al-Farabi Kazakh National University

INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

Chairman: Bozumbayev K.A. (Kazakhstan)

Members:

Abadias G. (France)	Matveyev V.A. (JINR)
Čechák T. (Czech Republic)	Mayer K. (Germany)
Davaa S. (Mongolia)	Merola M. (ITER)
Garibov A.A. (Azerbaijan)	Mutanov G.M. (Kazakhstan)
Garner F.A. (USA)	Remnev G.E. (Russia)
Ge Z.G. (China)	Rusek K. (Poland)
Hosoda T. (Japan)	Sanjarova N.I. (Russia)
Itkis M.G. (JINR)	Shkolnik V.S. (Kazakhstan)
Kadyrzhanov K.K. (Kazakhstan)	Smith D. (IAEA)
Kalin B.A. (Russia)	Spitaleri C. (Italy)
Kannan U. (India)	Stebelkov V.A. (Russia)
Kimura M. (Japan)	Suzuki T. (Japan)
Kodina G.E. (Russia)	Sydykov E.B. (Kazakhstan)
Komarov F.F. (Belarus)	Voevodin V.N. (Ukraine)
Kovacs A. (Hungary)	Yuldashev B.S. (Uzbekistan)
Lee Y.O. (South Korea)	Zuk J. (Poland)

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Yessimkhanov S.K. (Kazakhstan)

Vice-Chairman: Kenzhin Ye.A. (Kazakhstan)

Members:

Abramovich S.N. (Russia)	Kuterbekov K.A. (Kazakhstan)
Batyrbekov E.G. (Kazakhstan)	Lukashenko S.N. (Russia)
Bode P. (Netherlands)	Otsuka N. (IAEA)
Borisenko A.N. (Kazakhstan)	Potekayev A.N. (Russia)
Boztosun I. (Turkey)	Rusakov V.S. (Russia)
Briese B. (USA)	Sakuta S.B. (Russia)
Burtebayev N. (Kazakhstan)	Shamanin I.V. (Russia)
Chakrov P.V. (Kazakhstan)	Shibata T. (Japan)
Hanan N. (USA)	Short M. (USA)
Heuel-Fabianek B. (Germany)	Shvetsov V.N. (JINR)
Kadmenskiy S.G. (Russia)	Tazhibayeva I.L. (Kazakhstan)
Kadyrbaev E.A. (Kazakhstan)	Uglov V.V. (Belarus)
Kawamura H. (Japan)	Yarmukhamedov R.Y. (Uzbekistan)
Koval N.N. (Russia)	Zelenskaya N.S. (Russia)
Krasikova R.N. (Russia)	Zdorovets M.V. (Kazakhstan)

FORUM TOPICS

12th International Conference «Nuclear and Radiation Physics»

1. Nuclear Physics

- Mechanisms of nuclear reactions and structure of nuclei
- Heavy and super heavy elements: synthesis and fission
- Nuclear physics of low and medium energy, nuclear astrophysics
- Nuclear data measurement, compilation, evaluation and dissemination

2. Materials Science and Radiation Solid State Physics

- Formation and evolution of defects in solids
- Structural and fuel materials of nuclear and thermonuclear facilities
- Modification of materials with the beams of plasma and charged particles
- New materials and methods of their production, nano-materials

3. Atomic Energy

- Nuclear research facilities and power plants
- Controlled thermonuclear fusion
- Safety of nuclear energy and issues of non-proliferation of nuclear materials and technologies

4. Radiation Ecology and Methods of Analysis

- Radioecological studies of the former nuclear test sites, risk assessment and issues of radiation monitoring
- Technologies to reduce the environmental risk of the radiation-hazardous facilities and territories, radioactive waste management
- Analytical methods in radioecology and nuclear forensics

1st International Conference «Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture»

1. Nuclear and Radiation Technologies in Medicine

2. Radiation Technologies in Industry and Agriculture

ТЕМАТИКА ФОРУМА

12-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика»

1. Ядерная физика

- Механизмы ядерных реакций и структура ядер
- Тяжелые и сверхтяжелые элементы: синтез и деление
- Ядерная физика низких и средних энергий, ядерная астрофизика
- Деятельность в области ядерных данных

2. Радиационная физика твердого тела и проблемы материаловедения

- Формирование и эволюция дефектов в твердых телах
- Конструкционные и топливные материалы ядерной и термоядерной техники
- Модификация материалов пучками плазмы и заряженных частиц
- Новые материалы и методы их получения, наноматериалы

3. Атомная энергетика

- Ядерные исследовательские и энергетические установки
- Управляемый термоядерный синтез
- Безопасность атомной энергетике и проблемы нераспространения ядерных материалов и технологий

4. Радиационная экология и методы анализа

- Радиоэкологические исследования бывших ядерных полигонов, оценка рисков и вопросы дозиметрии
- Технологии снижения экологического риска радиационно-опасных объектов и территорий, обращение с радиоактивными отходами
- Аналитические методы в радиоэкологии и ядерной криминалистике

1-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве»

1. Ядерные и радиационные технологии в медицине

2. Радиационные технологии в промышленности и сельском хозяйстве

***Dear Participants and Guests of the II International Scientific Forum
"Nuclear Science and Technologies"!***

On behalf of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, the International Advisory Board and the Organizing Committee, I welcome you to the II International Scientific Forum "Nuclear Science and Technologies", to be held at the Institute of Nuclear Physics.

Since 1997, the Institute of Nuclear Physics has been hosting the International Scientific Conference on Nuclear and Radiation Physics, which occupies a worth position among the significant events in the scientific life of Kazakhstan. In 2017, the Institute celebrated its 60th anniversary and since that has significantly expanded the areas of research and development activities. In this regard, in 2017, the traditional conference was transformed into the International Scientific Forum "Nuclear Science and Technologies", which united several scientific conferences.

In 2019, the II International Scientific Forum "Nuclear Science and Technologies" will include the following events:

- 12th International Conference "Nuclear and Radiation Physics";
- 1st International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture";
- 10th Workshop "Asian Nuclear Reaction Database Development".

The "UNESCO Report on Science: Towards the Year 2030", published in 2016, noted that science, technologies and innovations play the role of the most important advancing factor for sustainable development in the world. The increasing number of countries, regardless of income level, are making efforts to develop scientific research and to introduce new technologies.

The Strategic Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2025 implies the systemic reform on technological retrofitting and digitalization of the industry to be implemented as the most important breakthrough changes, and it is planned to redirect the existing system of scientific research to active support of technological modernization.

Nuclear and radiation technologies are used in various areas, which include human health, food industry and agriculture, the environment, water resources, energy sector, nuclear security and physical nuclear safety.

Within the framework of this Forum, the leading scientists from different countries of the world plan to discuss the outstanding issues of nuclear and radiation physics, materials science, radiation ecology, methods of analysis, nuclear and radiation methods in medicine, industry and agriculture.

I wish all the participants and guests of the Forum could have the efficient participation, interesting scientific discussions and great creative success!

***Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan
K.A. Bozumbayev***

***Уважаемые участники и гости II Международного научного форума
«Ядерная наука и технологии»!***

От имени Министерства энергетики Республики Казахстан, Международного консультативного совета и Организационного комитета приветствую вас на II Международном научном форуме «Ядерная наука и технологии», который состоится на базе Института ядерной физики.

С 1997 года Институт ядерной физики проводит Международную научную конференцию по ядерной и радиационной физике, которая занимает достойное место среди значимых событий в научной жизни Казахстана. В 2017 году Институт отметил 60-летний юбилей и за это время значительно расширил направления научных исследований и разработок. В связи с этим в 2017 году традиционная конференция была преобразована в Международный научный форум «Ядерная наука и технологии», который объединил несколько научных конференций.

В 2019 году пройдет II Международный научный форум «Ядерная наука и технологии», в рамках которого будут объединены следующие мероприятия:

- 12-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика»;
- 1-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве»;
- 10-й семинар «Развитие Азиатских баз данных по ядерным реакциям».

В «Докладе ЮНЕСКО по науке: на пути к 2030 году», опубликованном в 2016 году, отмечено, что наука, технологии и инновации играют роль важнейшего движущего фактора устойчивого развития в мире. Все большее число стран, независимо от уровня доходов, стремятся к развитию научных исследований и внедрению новых технологий.

В Стратегическом плане развития Республики Казахстан до 2025 года в качестве важнейших прорывных изменений будет реализована системная реформа по технологическому обновлению и цифровизации индустрии, в рамках которой планируется переориентировать существующую систему научных исследований на активную поддержку технологической модернизации.

Ядерные и радиационные технологии находят применение в самых разнообразных областях, которые включают здоровье человека, продовольствие и сельское хозяйство, окружающую среду, водные ресурсы, энергетику, ядерную безопасность и физическую ядерную безопасность.

В рамках настоящего форума ведущие ученые из разных стран мира планируют обсудить актуальные проблемы ядерной и радиационной физики, материаловедения, радиационной экологии, методов анализа, ядерных и радиационных методов в медицине, промышленности и сельском хозяйстве.

Желаю всем участникам и гостям форума плодотворной работы, интересных научных дискуссий и больших творческих успехов!

***Министр энергетики Республики Казахстан
К.А. Бозумбаев***

**12th INTERNATIONAL CONFERENCE
«NUCLEAR AND RADIATION PHYSICS»**

1. Nuclear Physics

- Mechanisms of nuclear reactions and structure of nuclei
- Heavy and super heavy elements: synthesis and fission
- Nuclear physics of low and medium energy, nuclear astrophysics
- Nuclear data measurement, compilation, evaluation and dissemination

**12-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЯДЕРНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА»**

1. Ядерная физика

- Механизмы ядерных реакций и структура ядер
- Тяжелые и сверхтяжелые элементы: синтез и деление
- Ядерная физика низких и средних энергий, ядерная астрофизика
- Деятельность в области ядерных данных

**ABOUT AVERAGE TRANSVERSE FLOW VELOCITIES AND GLOBAL FREEZE-OUT TEMPERATURES
IN HIGH-ENERGY CENTRAL CU+CU, AU+AU, AND PB+PB COLLISIONS AT RHIC AND LHC**

Olimov Kh. K.^{1,2}, Kanokova Sh. Z.³

¹Inha University in Tashkent (IUT), Ziyolilar str. 9, 100170 Tashkent, Uzbekistan

²Physical-Technical Institute of SPA “Physics-Sun” of Uzbek Academy of Sciences, 100084 Tashkent, Uzbekistan

³National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

We analyzed the experimental invariant transverse momentum (p_t) spectra of the charged pions and kaons, protons and antiprotons, produced at midrapidity in central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV, central (0-10%) Cu+Cu collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, and central (0-5%) Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV, measured by BRAHMS, STAR, and ALICE collaborations, using three different transverse expansion (blast-wave) models: Siemens-Rasmussen blast-wave model, Simple transverse flow model, and Simplified (hydro-inspired) blast-wave model of Schnedermann *et al.* We conducted the combined (simultaneous) minimum χ^2 fits of the experimental invariant p_t spectra of the charged pions and kaons, protons and antiprotons with the above three model functions, using the identical selected optimal fit ranges in p_t in each studied collision system and extracted the values of the average transverse expansion velocity ($\langle \beta_t \rangle$) and global kinetic freeze-out temperature (T_{fo}). The extracted value of the average transverse (radial) flow velocity ($\langle \beta_t \rangle$) seems to correlate positively with the average number of participant nucleons, $\langle N_{part} \rangle$, in central heavy ion collisions in the range $(s_{nn})^{1/2} = 62-2760$ GeV at RHIC and LHC. The largest mean transverse velocity ($\langle \beta_t \rangle = 0.68 \pm 0.01$) is obtained in central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC with the largest $\langle N_{part} \rangle$, and the smallest mean transverse velocity ($\langle \beta_t \rangle = 0.55 \pm 0.01$) is observed in central Cu+Cu collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV at RHIC with the smallest $\langle N_{part} \rangle$. The values of $\langle \beta_t \rangle$ practically coincide within uncertainties in central Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV and $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, which have very close $\langle N_{part} \rangle$. The obtained global kinetic freeze-out temperature, T_{fo} , does not show any noticeable dependence on $\langle N_{part} \rangle$ in the analyzed central heavy ion collisions. The extracted global freeze-out temperature shows interesting dependence on the center-of-mass collision energy, $(s_{nn})^{1/2}$: $\langle T_{fo} \rangle$ has minimal value of 112 ± 5 MeV at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV, then it grows with an increase in $(s_{nn})^{1/2}$, and reaches its limiting average value $\langle T_{fo} \rangle = 126 \pm 7$ MeV at $(s_{nn})^{1/2} \geq 200$ GeV, i.e., $\langle T_{fo} \rangle$ stays practically constant in the range $(s_{nn})^{1/2} = 200-2760$ GeV. This interesting dependence of T_{fo} on $(s_{nn})^{1/2}$ with its limiting average value in the range $(s_{nn})^{1/2} = 200-2760$ GeV is confirmed and reproduced systematically by all three different transverse expansion (blast-wave) models used. The combined (simultaneous) fits using Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow describe well the experimental invariant p_t spectra of the charged pions, kaons, protons and antiprotons in the whole measured range in region $p_t \geq 0.5$ GeV/c in the analyzed central heavy ion collisions at RHIC and LHC, and reproduce qualitatively well all the established dependencies of the parameters $\langle \beta_t \rangle$ and T_{fo} on the collision system ($\langle N_{part} \rangle$) and $(s_{nn})^{1/2}$. Quite large values of the parameter n ($n \geq 15$ corresponding to $q \approx 1$ in Tsallis distribution), extracted using the Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow, suggest that the systems with the high degree of thermalization are produced in central Cu+Cu and central Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV at RHIC, and central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC. Results of the present analysis support further the previous important finding that the spectral shapes in central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC show a stronger radial flow than those measured in central heavy ion collisions at lower energies at RHIC.

ABOUT THE AVERAGE TRANSVERSE FLOW VELOCITY AND KINETIC FREEZE-OUT TEMPERATURE IN CENTRAL HEAVY-ION COLLISIONS AT HIGH ENERGIES AT RHIC AND LHC EXPERIMENTS

Olimov Kh.K.^{1,2}, Kanokova Sh.Z.^{2,3}, Olimov K.², Yuldashev B.S.⁴*

¹Inha University in Tashkent (IUT), Ziyolilar str. 9, 100170 Tashkent, Uzbekistan

²Physical-Technical Institute of SPA “Physics-Sun” of Uzbek Academy of Sciences, 100084 Tashkent, Uzbekistan

³National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

⁴Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

*khkolimov@gmail.com, K.Olimov@inha.uz

The experimental invariant transverse momentum (p_t) spectra of the charged pions and kaons, protons and antiprotons, produced at midrapidity in central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV, central (0-10%) Cu+Cu collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, and central (0-5%) Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV, measured by BRAHMS, STAR, and ALICE collaborations, were analyzed using three different transverse expansion (blast-wave) models: Siemens-Rasmussen blast-wave model, Simple transverse flow model, and Simplified (hydro-inspired) blast-wave model of Schnedermann *et al.*. Combined (simultaneous) minimum χ^2 fits of the experimental invariant p_t spectra of the charged pions and kaons, protons and antiprotons with the above three model functions were conducted, using the identical selected optimal fit ranges in p_t in each studied collision system, and the values of the average transverse expansion velocity ($\langle \beta_t \rangle$) and global kinetic freeze-out temperature (T_{fo}) were extracted. The extracted value of the average transverse (radial) flow velocity ($\langle \beta_t \rangle$) correlates positively with the average number of participant nucleons, $\langle N_{part} \rangle$, in central heavy ion collisions in the range $(s_{nn})^{1/2} = 62-2760$ GeV at RHIC and LHC. The largest mean transverse velocity ($\langle \beta_t \rangle = 0.68 \pm 0.01$) is observed in central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC with the largest $\langle N_{part} \rangle$, and the smallest mean transverse velocity ($\langle \beta_t \rangle = 0.55 \pm 0.01$) is obtained in central Cu+Cu collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV at RHIC with the smallest $\langle N_{part} \rangle$. The average values of β_t practically coincide within uncertainties in central Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV and $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, which have very close $\langle N_{part} \rangle$. The extracted global kinetic freeze-out temperature, T_{fo} , does not show any noticeable dependence on $\langle N_{part} \rangle$ in the analyzed central heavy ion collisions. The obtained global freeze-out temperature shows interesting dependence on the center-of-mass collision energy, $(s_{nn})^{1/2}$: $\langle T_{fo} \rangle$ has minimal value of 112 ± 5 MeV at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV, then it grows with an increase in $(s_{nn})^{1/2}$, and reaches its limiting average value $\langle T_{fo} \rangle = 126 \pm 7$ MeV at $(s_{nn})^{1/2} \geq 200$ GeV, i.e., $\langle T_{fo} \rangle$ stays practically constant in the range $(s_{nn})^{1/2} = 200-2760$ GeV. This observed dependence of T_{fo} on $(s_{nn})^{1/2}$ with its limiting average value in the range $(s_{nn})^{1/2} = 200-2760$ GeV is confirmed and reproduced systematically by all three different transverse expansion (blast-wave) models used. The combined (simultaneous) fits using Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow describe well the experimental invariant p_t spectra of the charged pions, kaons, protons and antiprotons in the whole measured range in region $p_t \geq 0.5$ GeV/c in the analyzed central heavy ion collisions at RHIC and LHC, reproducing qualitatively well all the established dependencies of the parameters $\langle \beta_t \rangle$ and T_{fo} on the collision system ($\langle N_{part} \rangle$) and $(s_{nn})^{1/2}$. Results of the present paper support further the previous important finding that the spectral shapes in central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC show a stronger radial flow than those measured in central heavy ion collisions at lower energies at RHIC, and suggest that the systems with the high degree of thermalization are produced in central Cu+Cu and central Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV at RHIC, and central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC.

ALPHA PARTICLE INDUCED FISSION OF ACTINIDES AT INCIDENT ENERGY OF 29 MeV

Pan A.N.^{1,2,3}, Kozulin E. M.², Kvochkina T.N.¹, Burtebayev N.T.^{1,3}, Kovalchuk K.V.¹, Zholdybayeva S.Kh.¹*

¹Laboratory of Fission Physics, Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

²Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141980 Dubna, Russia

³Al-Farabi Kazakh National University, 050040 Almaty, Kazakhstan

*E-mail: pan_andrey@jinr.ru

Experimental data on mass and energy distributions of fission fragments of compound nuclei ^{236}U , $^{237, 240, 242}\text{Pu}$, ^{244}Cm , formed in the reactions $^{232}\text{Th}(\alpha, f)$, $^{233, 236, 238}\text{U}(\alpha, f)$ and $^{240}\text{Pu}(\alpha, f)$ at incident energy of alpha particles of $E_\alpha = 29$ MeV is presented. Excitation energy of compound nuclei for all reaction was 21 ± 2 MeV. The experiments were carried out using isochronous cyclotron U-150M of Institute of nuclear physics, Almaty city.

For all researched nuclei in the energy distributions of fission fragments general trends are observed. For all nuclei the $E_k(m)$ and $\sigma^2(m)$ dependencies have two peaks with minimum at the area of fission fragment $m \approx A/2$. Positions of the heavy fragment peaks in $E_k(m)$ and $\sigma^2(m)$ correspond to mass $m \approx 132$, for light fragments with $m \approx 82$ in these dependencies lightly expressed bend is observed.

Different situation is observed in the data on mass yields of fission fragments $Y(m)$. The peak of heavy fission fragments is located at $m \approx 140$ and mass yield of light fragments at $Y(m < 80)$ are almost the same from one nucleus to another.

It seems that differences in behavior of fragments mass yields $Y(m)$ and their energy yields ($E_k(m)$ и $\sigma^2(m)$) point out that these characteristics are formed at different stages of fission: kinetic energy of fragments is determined by the conditions at the point of breaking of the compound nucleus whereas mass distributions are formed at earlier stages of fission when future fragments are still connected by thick neck.

ASYMPTOTIC THEORY OF CHARGED-PARTICLE TRANSFER REACTIONS AND NUCLEAR ASTROPHYSICS

Yarmukhamedov R. ², Tursunmakhatov K.I. ¹, Burtebayev N. ^{3,4}

¹Institute of Nuclear Physics, Tashkent 100214, Uzbekistan

²University of Gulistan, Gulistan, Uzbekistan

³Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

⁴Institute of Experimental and Theoretical Physics, Al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

In the present work, a new asymptotical theory is proposed for the peripheral sub- and above-barrier transfer $A(x,y)B$ reaction in the framework of a three-body model, where $x=y+a$, $B=A+a$ and a is a transferred particle. The asymptotic theory is based on the idea of the fact that, firstly, a peripheral reaction is governed by the nearest to the physical region ($-1 \leq \cos\theta \leq 1$) singularity (ζ) of the reaction amplitude (θ is the scattering angle in the c.m.s.). Secondly, the dominant role played by the nearest singularity is the result of the surface nature of this reaction. The dominant contribution to the peripheral reaction comes from the surface and outer regions of nuclei corresponding to $R \gtrsim R_{ch}$, where R and R_{ch} are the relative distance between the center of mass of the colliding nuclei and the channel radius, respectively. The regions for the reaction amplitude decomposed on the partial waves (l), correspond to the several lowest partial waves with $l < kR_{ch}$ ($l=0,1,2$, and k is a wave number of the colliding nuclei) for sub-barrier energies ($k = (2\mu E)^{1/2}/\hbar \rightarrow 0$, $E \rightarrow 0$ and μ is the reduced mass of the colliding nuclei) and to the peripheral partial waves with $l \gtrsim kR_{ch} \gg 1$ for the above-barrier energies ($E = 10 - 15$ MeV/N).

In the proposed asymptotic theory, the main advantage of the dispersion method and the distorted wave Born approximation (DWBA) are combined. There the allowance of the contribution of the three-body (A , y and a) Coulomb dynamics of the transfer mechanism to the peripheral partial amplitudes, which is determined by the nearest singularity of the reaction amplitude located at $\cos\theta = \zeta$, is done properly.

The explicit form of the differential cross section for the reaction under consideration is derived. This form is expressed in terms of the product of the squared asymptotic normalization coefficients (ANCs) for $y+a \rightarrow x$ and $A+a \rightarrow$

B. The ANCs determine the amplitude of the tail of the radial overlap functions for the bound state wave functions of the x and B nuclei in the $(y+a)$ and $(A+a)$ channels, respectively.

The asymptotic theory is applied for the analysis of the experimental differential cross sections (DCSs) of the above-barrier ${}^9\text{Be}({}^{10}\text{B}, {}^9\text{Be}){}^{10}\text{B}$ and ${}^{11}\text{B}({}^{12}\text{C}, {}^{11}\text{B}){}^{12}\text{C}$ reactions measured by other authors.

As a result, the values of the squared ANCs for ${}^9\text{Be} + p \rightarrow {}^{10}\text{B}$ and ${}^{11}\text{B} + p \rightarrow {}^{12}\text{C}$ are determined. They are to be equal 4.35 ± 0.19 and $311.6 \pm 13.3 \text{ fm}^{-1}$ for ${}^9\text{Be} + p \rightarrow {}^{10}\text{B}$ and ${}^{11}\text{B} + p \rightarrow {}^{12}\text{C}$, respectively.

The ANC values for ${}^9\text{Be} + p \rightarrow {}^{10}\text{B}$ and ${}^{11}\text{B} + p \rightarrow {}^{12}\text{C}$ are used for the estimation of the direct astrophysical S factors corresponding to the nuclear-astrophysical ${}^{11}\text{B}(p, \gamma){}^{12}\text{C}$ and ${}^9\text{Be}(p, \gamma){}^{10}\text{B}$ reactions at zero energy. The obtained results are compared with those from other authors.

This work has been supported in part by the Ministry of Innovations and Technologies of the Republic of Uzbekistan (grant No. HE F2-14) and by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (grant No AP05132062).

BRAKE-UP OF FISSION FRAGMENTS AT CROSSING OF METAL FOILS

*Strekalovsky A.O.¹, Kamanin D.V.¹, Pyatkov Yu.V.^{2,1}, Alexandrov A.A.¹, Alexandrova I.A.¹, Goryainova Z.I.¹,
Malaza V.³, Kuznetsova E.A.¹, Strekalovsky O.V.^{1,4}, Zhuchko V.E.¹*

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²National Nuclear Research University "MEPHI", 115409 Moscow, Russia

³University of Stellenbosch, Faculty of Military Science, Military Academy, Saldanha 7395, South Africa

⁴Dubna State University, 141980 Dubna, Russia

In our previous publications [1–3] we discussed the new effect appeared at crossing of the metal foils by fission fragments (FFs). In the series of recent experiments, we have compared the mass of the FF before (M_{tt}) and after (M_{te}) it passes the foil, event by event. In the light of the obtained results, a FF from conventional binary fission is supposed to be born in the shape isomer state which looks like a di-nuclear system consisting of a magic core and lighter cluster. Comparison of the correlation mass distributions M_{tt} - M_{te} for different metal foils is presented and aimed at testing possible models of the effect.

References:

1. Yu.V. Pyatkov et al., Proceedings of the 22th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, Russia, 27–30 May 2014. Dubna 2015, p. 83.
2. Yu.V. Pyatkov et al., International Symposium on Exotic Nuclei "EXON-2014", Kalaninograd, Russia, 08–13 September 2014. Conference proceedings, Editors: Yu. E. Penionzhkevich, and Yu. G. Sobolev. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2015. p. 383.
3. Yu. V. Pyatkov et al., Int. Symposium on Exotic Nuclei "EXON-2016", Kazan, Russia, 04-10 September 2016. Conference proceedings, Editors: Yu. E. Penionzhkevich, and Yu. G. Sobolev. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2017. p. 284.

COMBINED PHENOMENOLOGICAL ANALYSIS OF TRANSVERSE MOMENTUM SPECTRA OF PARTICLES IN CENTRAL HEAVY-ION COLLISIONS AT RHIC AND LHC ENERGIES

Olimov Kh. K.^{1,2}, Kanokova Sh. Z.^{2,3}*

¹Inha University in Tashkent (IUT), Ziyolilar str. 9, 100170 Tashkent, Uzbekistan
²Physical-Technical Institute of SPA “Physics-Sun” of Uzbek Academy of Sciences,
 Chingiz Aytmatov str. 2^b, 100084 Tashkent, Uzbekistan
³National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
 *khkolimov@gmail.com, K.Olimov@inha.uz

The experimental invariant transverse momentum (p_t) spectra of the charged pions and kaons, protons and antiprotons, produced at midrapidity in central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 62.4$ GeV, central (0-10%) Cu+Cu collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, central (0-10%) Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV, and central (0-5%) Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV, measured by BRAHMS, STAR, and ALICE collaborations, were analyzed using Hagedorn formula with the embedded simple transverse flow. The combined (simultaneous) fits using Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow describe well the experimental invariant p_t spectra of the charged pions, kaons, protons and antiprotons in the whole measured range in region $p_t \geq 0.5$ GeV/c in central Cu+Cu, central Au+Au, and central Pb+Pb collisions at midrapidity at RHIC and LHC. The obtained values of the global parameters $\langle \beta_t \rangle$ and T , extracted using the Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow, reproduce qualitatively well all the established dependencies of the parameters $\langle \beta_t \rangle$ and T_{fo} on the collision system ($\langle N_{part} \rangle$) and $(s_{nn})^{1/2}$, obtained in the lower optimal p_t range. Quite large values of the parameter n ($n \geq 15$ corresponding to $q \approx 1$ in Tsallis distribution), extracted using the Hagedorn formula with the (embedded) simple transverse flow, suggest that the systems with the high degree of thermalization are created in central Cu+Cu and central Au+Au collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 200$ GeV at RHIC, and central Pb+Pb collisions at $(s_{nn})^{1/2} = 2.76$ TeV at LHC.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COULOMB BARRIER IN HEAVY-ION COLLISIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE MODIFIED DOUBLE-FOLDING MODEL

Ganiev O.K.^{1,2}, Nasirov A.K.³

¹Institute of Nuclear Physics, Uzbekistan Academy of Science, 100214 Tashkent, Uzbekistan
²National University of Uzbekistan, 100174 Tashkent, Uzbekistan
³Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

In nuclear physics, heavy-ion fusion reaction around the Coulomb barrier is one of the most popular topic research [1-4]. The Coulomb barrier of the entrance channel is an important quantity determining the possibility of realization of different reaction channels in the heavy ion collisions at low energies. Currently, numerous theoretical and experimental investigations are being conducted to systematic study the capture reactions leading to several interesting phenomena, such as the complete fusion, quasifission, incomplete fusion, fast-fission and formation of the evaporation residues which has been used to synthesis of the superheavy [2-4]. In this type of reactions, the nuclear interaction potential plays an important role in determining the fate of the interacting nuclei. The total interaction potential of the two interacting nuclei is taken as the sum of the short-range nuclear attractive potential, the long-range Coulomb repulsive potential and rotational energy. A strong cancellation between the repulsive Coulomb potential and the attractive nuclear interaction causes the Coulomb barrier for the interacting nuclei. At the Coulomb barrier, the total potential achieves a maximum value, where the repulsive and attractive forces are equal. The energy of relative motion must overcome this Coulomb barrier in order for the colliding nuclei could captured and fused. A crucial step in investigating these interactions is the calculation of interaction potential between nuclei that can help us to evaluate the fusion cross-section of various fusion reactions. The study of this process constitutes an important input in the modelling of nuclear reaction and reaction dynamics, which provide key information about the role of the shape and structure of nuclei. Nevertheless, considering the importance of the detailed understanding the nuclear potential as well as to analyze the experimental data, different theoretical models depending on the vast variety of assumptions have been developed. In this respect, the different models were used to describe the nuclear potential, such as different versions of the Proximity potential model [5], the Bass model

[6], the Christensen and Winther potential [7], the Broglia and Winther potential [8], the Akyüz-Winther potential [9], and the Woods-Saxon potential [10], the Skyrme energy density formalism [11] and the double-folding model [12] etc. Among such theoretical approaches, the double-folding model accompanied by the effective density-dependent nucleon-nucleon interaction is widely used in describing the heavy-ion fusion reactions, and due to its simple handling in numerical calculations of the interaction potential during fusion process.

Next, for description of the fusion reaction, the fusion (or Coulomb) barrier height and position are two important quantities. The Coulomb barrier height can be determined from the barrier distribution of the interacting nuclei. The barrier position corresponds to the inter-nuclear centers at which Coulomb barrier height reaches maximum value. In order to obtain the Coulomb barrier heights as well as positions in fusion reactions the different models such as the Bass model, proximity potential, double-folding model and other models are used to calculate the nuclear potentials. Nevertheless, comparison of the barrier height with the extraction of the Coulomb barrier positions in fusion reactions at energies near and above the Coulomb barrier has not yet been studied widely.

In the present work, we propose a new calculation method that allows us to numerical evaluation of the nuclear interaction potential between nuclear density distributions within the framework of the double-folding model by using an expansion of the nuclear density in Gaussian-type functions. Further, we have also calculated the theoretical values of the fusion barrier characteristics (i.e., barrier heights and positions) based on the double-folding formalism.

References:

1. B.B. Back, H. Esbensen, C.L. Jiang, K.E. Rehm, Rev. Mod. Phys. 86, 317 (2014).
3. N.V. Antonenko, E.A. Cherepanov, A.K. Nasirov, V.P. Permjakov, V.V. Volkov, Phys. Lett. B 319, 425 (1993).
4. G. Giardina, G. Mandaglio, A.K. Nasirov, A. Anastasi, F. Curciarello, G. Fazio, Nucl. Phys. A 970, 169 (2018).
5. A.K. Nasirov, B.M. Kayumov, G. Giardina, G Mandaglio, K. Kim, Y. Kim, Eur. Phys. J. A 55, 29 (2019).
6. J. Blocki, J. Randrup, W.J. Świątecki, and C.F. Tsang, Ann. Phys. (NY) 105 427 (1977).
7. R. Bass, Phys. Lett. B 47, 139 (1973); R. Bass, Lecture Notes in Physics 117, Springer, Berlin, 1980, p. 281.
8. P.R. Christensen and A. Winther, Phys. Lett. B 65, 19 (1976).
9. R.A. Broglia and A. Winther, Heavy Ion Reactions, Parts I and II, Frontiers in Physics, vol. 84, Addison-Wesley, 1991.
10. A. Winther, Nucl. Phys. A 594, 203 (1995). O. Akyüz, A. Winther, in: R.A. Broglia, C.H. Dasso, R. Ricci (Eds.), Proceedings of the Enrico Fermi International School of Physics, 1979, North-Holland, Amsterdam, 1981.
11. R.D. Woods, D.S. Saxon, Phys. Rev. 95, 577 (1954).
12. O.N. Ghodsi, F. Torabi, Phys. Rev. C 92, 064612 (2015).
13. G.R. Satchler, W.G. Love, Phys. Rep. 55, 183 (1979).

CONTRIBUTION OF AKDENIZ UNIVERSITY TO EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS RESEARCH AND APPLICATION IN TURKEY

Boztosun I.

Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Physics, 07058, Antalya, Turkey
e-mail: boztosun@akdeniz.edu.tr

In this talk, we present the results of the bremsstrahlung photons obtained from a clinical electron linear accelerator which has an end point energy of 18 MeV. We first present the results of the photonuclear reactions such as (γ,n) , (γ,p) , (γ,γ') , etc on a variety of the target nuclei by using an electron accelerator with 18 MeV electron beam energy and gamma rays available in Akdeniz University Nuclear Sciences Application and Research Center. The high energy photons are used to irradiate a variety of different samples: our recent results on (γ,n) and (γ,p) photo-nuclear reactions and photo-fission of heavy nuclei such as Gallium to Thorium will be presented. Possible applications in different fields of fundamental and applied sciences such as agriculture and foodstuffs, engineering sciences, health and medicine as well as research and development studies will also be presented.

DETERMINATION OF THE ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT (NUCLEAR VERTEX CONSTANT) FOR $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}$ FROM THE NEW DIRECT MEASURED $d(\alpha,\gamma) {}^6\text{Li}$ DATA AND ITS IMPLICATION FOR EXTRAPOLATING THE $d(\alpha,\gamma) {}^6\text{Li}$ ASTROPHYSICAL S FACTOR AT EXTREMELY LOW ENERGIES

Tursunmakhatov K.I.¹, Yarmukhamedov R.²

¹Physical and Mathematical Department of Gulistan State University, 120100 Gulistan, Uzbekistan

²Institute of Nuclear Physics of Uzbekistan Academy of Sciences, 100214 Tashkent, Uzbekistan

In the present work, the results of the reanalysis of the experimental astrophysical S factors (AS) $S^{\text{exp}}(E)$ [1,2] for the nuclear-astrophysical $d(\alpha,\gamma){}^6\text{Li}$ reaction directly measured at extremely low energies E are presented. One notes that the $d(\alpha,\gamma){}^6\text{Li}$ reaction is of great interest due to the second lithium puzzle and as one of the sources of the ${}^6\text{Li}$ creation in the early Universe [1].

The analysis is performed within the modified two-body potential method [3]. The method involves two additional conditions that verify the peripheral character of the direct radiative capture reaction $d(\alpha,\gamma){}^6\text{Li}$: 1) $R(E,b) = \text{const}$ for arbitrary variation of the free model parameter b for each fixed experimental value of the energy E ; 2) the ratio $C_{d\alpha}^2 = S^{\text{exp}}(E)/R(E,b)$ must not depend neither from b and nor from the energy E for each experimental point $E=E_i$, where $R(E,b) = S^{(sp)}(E;b)/b^2$ and $i=1,2,\dots,N$ ($N=5$) is a number of experimental points for $S^{\text{exp}}(E_i)$. Here $S^{(sp)}(E;b)$ is a single-particle astrophysical S factor and b is the amplitude of the tail of the radial s -component wave function of the bound ${}^6\text{Li}$ ($=\alpha+d$) state, which is calculated in the framework of the shell model using the phenomenological Woods-Saxon potential with the geometric parameters (a radius r_0 and a diffuseness a). The value of b strongly changes as a function (r_0, a)-pair, i.e., $b = b(r_0, a)$. The obtained $(C_{d\alpha}^{\text{exp}})^2$ values can be implemented in the expression

$S(E) = (C_{d\alpha}^{\text{exp}})^2 R(E,b)$ for obtaining the extrapolated values of $S(E)$ and its uncertainties within the energy range $E < E_1$, including $E=0$.

Variation of values of the parameters r_0 and a is done in the wide range ($1.13 \leq r_0 \leq 1.37$ fm, $0.58 \leq a \leq 0.72$ fm, $2.37 \leq b \leq 2.86$ fm^{-1/2}) and is shown that the reaction is strongly peripheral. As a result, the ANC $(C_{d\alpha}^{\text{exp}})^2$, NVC $|G_{d\alpha}^{\text{exp}}|^2$ and $S(0)$ values were obtained. They are equal to $(C_{d\alpha}^{\text{exp}})^2 = 5.41 \pm 0.18(\text{exp}) \pm 0.12(\text{theor})$ fm⁻¹, $|G_{d\alpha}^{\text{exp}}|^2 = 0.423 \pm 0.014(\text{exp}) \pm 0.009(\text{theor})$ fm, which can be considered as determined from the direct measured data of the $S^{\text{exp}}(E)$ for the first time. The $S(E)$ values are also obtained at Big Bang energies. The obtained results are compared with those of other authors.

This work has been supported in part by the Ministry of Innovations and Technologies of the Republic of Uzbekistan (grant No. HE F2-14).

References:

1. R. Robertson, P. Dyer, R. Warner et al. Phys. Rev. Lett. 47 (1981) 1867.
2. D. Trezzi, M. Anders, M. Aliotta, et al. Astro. Phys. 89 (2017)57.
3. S. B. Igamov, R. Yarmukhamedov. Nucl. Phys. A 781 (2007) 247.

EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN REACTIONS (γ, n) AND ($n, 2n$) ON ^{45}Sc , ^{82}Se AND ^{81}Br NUCLEI

Palvanov S.R.¹, Kajumov M.², Egamova F.¹, Palvanova G.S.¹, Mamaocynova M.H.¹

¹Department of Physics, National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

³Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: satimbay@yandex.ru, palvanov1960@gmail.com

This work presents work results of investigation of the isomeric yield ratios Y_m/Y_g of the $^{45}\text{Sc}(\gamma, n)^{44m.g}\text{Sc}$, $^{45}\text{Sc}(n, 2n)^{44m.g}\text{Sc}$, $^{82}\text{Se}(\gamma, n)^{81m.g}\text{Se}$, $^{82}\text{Se}(n, 2n)^{81m.g}\text{Se}$, $^{81}\text{Br}(\gamma, n)^{80m.g}\text{Br}$ and $^{81}\text{Br}(n, 2n)^{80m.g}\text{Br}$ reactions. The isomeric yield ratios were measured by the induced radioactivity method. Samples of natural Sc, Se and Br have been irradiated in the bremsstrahlung beam of the betatron SB-50 in the energy range of 10÷35 MeV with energy step of 1 MeV. For 14 MeV neutron irradiation, we used the NG-150 neutron generator.

The gamma spectra reactions products were measured with a spectroscopic system consisting of HPGe detector CANBERRA with energy resolution of 1,8 keV at 1332 keV gamma ray of ^{60}Co , amplifier 2022 and multichannel analyzer 8192 connected to computer for data processing. The filling of the isomeric and ground levels was identified according to their γ lines. Values Y_m/Y_g at $E_{\gamma\text{max}} = 30$ MeV for the reaction (γ, n) on nuclei ^{45}Sc , ^{82}Se and ^{81}Br are respectively: $0,21\pm 0,02$; $0,56\pm 0,02$ and $0,46\pm 0,02$. In the range 26-35 MeV the isomeric yield ratios Y_m/Y_g of the reaction (γ, n) on ^{45}Sc , ^{82}Se and ^{81}Br are obtained at first. Using the isomer yield ratio and the total cross section of the (γ, n) reaction on ^{45}Sc , ^{82}Se and ^{81}Br [1] received the cross sections of (γ, n)^m and (γ, n)^g reactions. The cross section isomeric ratios at $E_\gamma = E_m$ are estimated.

The isomeric cross-section ratios σ_m/σ_g was determined in the case of the reaction ($n, 2n$). In order to obtain the absolute values of the cross-sections for the ground state and for the isomeric state, use was made of methods based comparing the yields of the reaction under study and the monitoring reaction. The reaction $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ ($T_{1/2} = 15$ h, $E_\gamma = 1368$ keV), whose cross section σ_m was 118 ± 2 mb at $E_n = 14.4$ MeV [2], was taken for a monitoring reaction.

The experimental results have been discussed, compared with those of other authors as well as considered by the statistical model [3]. Theoretical values of the isomeric yield ratios have been calculated by using code TALYS-1.6.

References:

1. A.V. Varlamov et al. Atlas of GDR. INDS(NDS)-394.// Vienna: IAEA, 1999.
2. H. Vonach, M. Hille, G. Stengl et al. // Z. Physik. 1970. V. 237. P. 155.
3. V.M. Mazur // Physics of elementary particles and atomic nuclei. 2000. V.31. P.1043.

EXFOR COMPILATION IN CNDC AND EVALUATION OF PHOTONUCLEAR REACTION CROSS SECTIONS FOR $^{90,91,92,94,96}\text{Zr}$

Wang J.M.¹, Tao X.¹, Xu R.R.¹, Tian Y.¹, Jin Y.L.¹, Qian J.¹, Liu L.L.¹, Yu B.S.¹, Ge Z.G.¹, Cai C.H.²

¹China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(41), Beijing, 102413, China

²Nankai University, No. 94 Weijin Road, Tianjin, 300071, China

The EXchange FORmat (EXFOR) library contains cross sections and other nuclear reaction quantities induced by neutron, charged-particle and photon beams, etc. Since China joined IAEA and China Nuclear Data Center (CNDC) joined International Network of Nuclear Reaction Data Centers (NRDC), CNDC takes part in scanning Chinese journals and compiling EXFOR entries and collaborating with NRDC. CNDC are respond more than 9 Chinese journals now and IAEA Nuclear Data Section (IAEA/NDS) assigns EXFOR compilation task, scan and collect measured results and compile these data and information as EXFOR format. During 2018-2019, 32 entries have been compiled, and 22 entries have been revised.

The photonuclear data are very important for radiation damage, radiation safety, reactor dosimetry, accelerator shielding and radiation therapy etc. A new program has been developed at CNDC to perform the photonuclear reaction. In this work, the available experimental data of photonuclear reaction cross sections for $^{90,91,92,94,96}\text{Zr}$ were analysed, and the theoretical calculation were performed. The recommended photonuclear data for $^{90,91,92,94,96}\text{Zr}$ were obtained and compared with the existing measured data.

**EXPERIMENTAL STUDIES OF COSMIC RAYS AT THE LABORATORY OF COSMIC RAYS
VARIATIONS OF AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY**

*Saduyev N.O.^{1,2,3}, Kalikulov O.A.^{1,2,3}, Oskomov V.V.², Shepetov A.L.⁴, Mukhamejanov Y.S.^{1,2,3,5}, Yerezhep N.O.^{1,2},
Shinbulatov S.K.^{1,2}, Zhumabayev A.I.^{1,2}, Sh.B.Utey^{1,2}, Baktoraz A.E.^{1,2}*

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²National Nanotechnology Laboratory of Open Type, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Experimental and Theoretical Physics, Almaty, Kazakhstan

⁴P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁵Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

The Laboratory of Cosmic Rays Variations (LCRV) neutron monitor is situated at Almaty city in al-Farabi Kazakh National University (KazNU) campus (897 m above sea level). Today there are several experiments are running at the Laboratory allowing register different types of cosmic rays components as well as Extended Air Showers (EAS).

Two neutron monitors 6NM-64 and IGY-57 are operating for measurements of the intensity of the hadron component of high-energy cosmic rays ($>10^9$ eV). The data acquired by the monitors can be accessed remotely from website [1]. The 6NM-64 neutron monitor is also a part of Real-Time Database for high-resolution Neutron Monitor measurements [2].

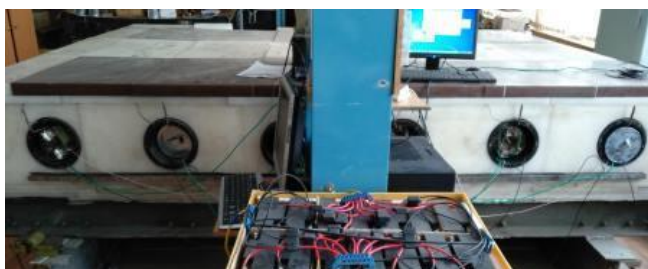


Figure 1 – Neutron monitors 6NM-64 (left) and IGY-57 (right)

The work was carried out on the design and modernization of a facility for registration of muons in Extended Air Showers using a new detector design with light collection based on spectroscopic fibers, glued in the usual manner onto scintillation plates. The first block of 6 was connected and muon peaks were obtained. Due to the relatively low mass and cost characteristics and the absence of an external high-voltage power source, it will be good for use in widespread multichannel installations for extensive air showers and maintaining daily and seasonal variations of the cosmic rays muon component.

The laboratory is also working on applications of cosmic rays. For instance a novel method for determination of moisture content in snow and soil moisture is proposed. The method is based on measurements of the fluxes of cosmic rays neutrons.

This work was supported by the MES RK PTF program “Fundamental and applied studies in related fields of physics of terrestrial, near-earth and atmospheric processes and their practical application” (IRN: #BR05236494)

References:

1. <http://www.tien-shan.org/she/vardbaccess/title.html>
2. <http://www01.nmdb.eu/>

FINE STRUCTURE OF β -DECAY STRENGTH FUNCTION $S_{\beta}(E)$, SU(4) REGION AND QUENCHING OF AXIAL-VECTOR WEAK INTERACTION CONSTANT IN HALO NUCLEI

Izosimov I.N.

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
E-mail: izosimov@jinr.ru

In heavy and middle nuclei, because of repulsive character of the spin-isospin residual interaction, the energy of Gamow-Teller (GT) resonance (GTR) is larger than the energy of isobar-analogue resonance (IAR), $E_{GTR} > E_{IAR}$ [1,2]. One of the consequences [3,4] of Wigner's spin-isospin SU(4) symmetry is $E_{GTR} = E_{IAR}$. SU(4) symmetry-restoration effect induced by the residual interaction, which displaces the GTR towards the IAR with the increasing of $(N-Z)/A$ value.

In ${}^6\text{Li}$ nucleus [5] for low energy super-GT phonon [6] or GTR (experimental reduced GT strength $B(\text{GT}) = 7.630g_V^2/4\pi$, $\Sigma(\text{Ikeda sum rule}) = 6(g_A^{\text{eff}})^2/4\pi$) we have $E_{GTR} < E_{IAR}$, $E_{GTR} - E_{IAR} = -3562.88$ keV, where g_V and g_A^{eff} are the vector and effective axial-vector weak interaction constants. In ${}^{11}\text{Be}$ nucleus for low energy ($E=18.19$ MeV) super-GT phonon or GTR (experimental reduced GT strength $B(\text{GT}) = 23g_V^2/4\pi$, $\Sigma(\text{Ikeda sum rule}) = 15(g_A^{\text{eff}})^2/4\pi$) we have $E_{GTR} < E_{IAR}$, $E_{GTR} - E_{IAR} = -2.97$ MeV. Using these data and data about $E_{GTR} - E_{IAR}$ from [1,2], we estimated that the value $Z/N = 0.5 - 0.6$ corresponds to the region, where $E_{GTR} \approx E_{IAR}$, i.e. SU(4) region [5].

Resonance structure of the $S_{\beta}(E)$ for GT β -decay in halo ${}^6\text{He}$ and ${}^{11}\text{Li}$ nuclei is analyzed. The free-nucleon value of axial-vector weak constant g_A is well known from neutron β -decay: $g_A/g_V = -1.2723(23)$, $(g_A/g_V)^2 = 1.6187$. Inside nuclear matter value of g_A is effected by many nucleon correlations [7] and quenched or enhanced value of g_A^{eff} might be needed to reproduce experimental data.

Compare experimental total strength for β -transitions in $g_V^2/4\pi$ units with the Ikeda sum rule in $(g_A^{\text{eff}})^2/4\pi$ units, one can determine [1,2] the ratio of squared axial-vector and vector weak interaction constants value $(g_A^{\text{eff}}/g_V)^2$. We obtained that $(g_A^{\text{eff}}/g_V)^2 = 1.27 \pm 0.01$ for ${}^6\text{He}$ β -decay, and $(g_A^{\text{eff}}/g_V)^2 = 1.5 \pm 0.2$ for ${}^{11}\text{Li}$ β -decay.

Quenching of the weak axial-vector constant g_A^{eff} in halo nuclei is discussed.

References:

1. Yu.V. Naumov, A.A. Bykov, I.N. Izosimov // Sov. J. Part. Nucl. 1983. V.14(2). P.175.
2. I.N. Izosimov, V.G. Kalinnikov, A.A. Solnyshkin // Phys. of Part. and Nucl. 2011. V.42. P.963.
3. Yu.V. Gaponov, D.M. Vladimirov, J. Bang // Heavy Ion Physics. 1996. V. 3. P.189.
4. Yu. S. Lutostansky, V. N. Tikhonov // Physics of Atomic Nuclei. 2016. V.79. P.929.
5. I.N. Izosimov // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2018. V.15. P.621.
6. Y. Fujita, et al. // Phys. Rev. 2015. V.C 91. P.064316.
7. J. Suhonen // Frontiers in Physics. 2017. V.5. P.55.

HIGH ENERGY COSMIC RAYS

Dyusembekova A.S., Tulekov E.A., Morzabayev A.K.

L.N. Gumilyov Eurasian National University

Not only solar charged particles penetrate the Earth's atmosphere. Here come the charged particles ejected from other stars of the galaxy. The streams of these charged particles are called galactic cosmic rays.

Galactic cosmic rays recorded by neutron monitors on Earth are under strong heliospheric influence, i.e. subject to "solar modulation". A close connection has been established between variations in cosmic rays with various indices of solar activity [1-2], parameters of the interplanetary magnetic field [2], and geomagnetic indices.

Since galactic cosmic rays come from outside our planetary system, their intensity depends on the conditions in interplanetary space. At high solar activity, the heliosphere is filled with charged particles. Therefore, it is more difficult for galactic cosmic rays to break through to Earth. Therefore, at maximum solar activity, the intensity of galactic cosmic rays arriving at Earth during this period is minimal. Their intensity depends on the geomagnetic latitude, since their movement is guided by the Earth's magnetic field. The entire interplanetary space is permeated by a magnetic field, the source of which is the sun. The intensity of galactic cosmic rays also depends on the interplanetary magnetic field.

When the solar activity changes from minimum to maximum, the intensity of galactic cosmic rays can change by 20% or more. Their main energy gets stuck in the atmosphere at an altitude of 12-20 km. It is spent on both the heating of the atmospheric gas and the ionization of atoms and molecules.

Cosmic rays are the main source of ionization in the troposphere and stratosphere in the altitude range from ~ 3-4 to 50 km [3-5]. The ionization maxima of galactic and solar cosmic rays are observed at altitudes of 10–20 km and 20–60 km [4]. At the same time, the intensity of the flux of cosmic rays is largely dependent on solar activity.

References:

1. Bazilevskaya G.A., Sladkova A.I. Поведение 27-дневной вариации космических лучей в четырех последних циклах солнечной активности. Геомагнетизм и аэронавигация, Т. 36, No 4, 25-30. 1996.
2. Belov A.V. Космические лучи в гелиосфере. Астрономический вестник, Т. 34, No2, 158-168. 2000.
3. Bazilevskaya G.A. Effects of cosmic ray on the Earth's environment /G.A. Bazilevskaya, M.B. Krainev, v.S. Makhmutov II J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 2000 V. 62. P. 1577-1586.
4. Bazilevskaya G.A. Solar cosmic rays /G.A. Bazilevskaya II Adv. Space Res. 2005. V. 35. P. 458.
5. Bazilevskaya G.A. Cosmic ray induced ion production in the atmosphere /G.A. Bazilevskaya, IG. Usoskin, E.O. Fluckiger, et. al. / Space. Sci. Rev. -2008 DOI 10.1007 / s11214-008-9339-y.

INTERACTION OF 30 MEV ENERGY PROTONS WITH NUCLEI OF MASS A=27-209

Zholdybayev T.K.

Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

The role of new nuclear-physics experiments in the creation of nuclear databases and development of theoretical models in accordance with modern approaches is key in both fundamental and applied researches related in particular to the development of electro-nuclear plants (Accelerator Driven System, ADS) for nuclear transmutation of long-lived radioactive nuclear wastes and energy production. The physical scenario of operation of such system requires the experimental data of key parameters of the nucleon interaction - the interaction cross sections, energy spectra and angular distributions of secondary particles (such as $^1,2,3\text{H}$, $^3,4\text{He}$, and others), that may cause initiation of the reactions with neutron emission.

The experimental cross-section measurements of reactions (p, xp) and ($p, x\alpha$) were carried out on a beam of accelerated protons at an energy of 30 MeV on the isochronous cyclotron, U-150M, at the Institute of Nuclear Physics by using a self-supporting targets. The experimental integral spectra were obtained after integrating the double-differential cross-sections on angle. The systematic uncertainties were conditioned by the uncertainties in determining the target thickness (7%), the calibration of the current integrator (1%), and the solid angle of the spectrometer (1.3%). The energy of the accelerated particles was measured accurately within 1.2%. The whole systematic error was less than 15%.

Many different theoretical approaches have been used to describe the preequilibrium reaction data over a wide range of incident energies. In this work, the analysis of the experimental results has been conducted in the Griffin exciton model of the preequilibrium decay of nuclei [1]. The program PRECO-2006 [2], which describes the emission of particles with mass numbers from 1 to 4, has been used in our theoretical calculations. The Griffin exciton model is a statistical model, which describes the excited levels of the intermediate system in terms of the single-particle shell model, i.e., characterized by the number of the excited particles (above the Fermi level) and holes (below the Fermi level). From comparison of experimental and calculated integral spectra it is follows that main contribution in hard part of total cross section is due to exciton mechanism.

References:

- 1 Griffin J. J. // Phys. Rev. Lett. 1966, №9, P.478.
- 2 Kalbach C. PRECO-2006: Exciton model preequilibrium nuclear reaction code with direct reaction. Durham NC 27708-0308, 2007.

INVESTIGATION OF ELASTIC SCATTERING AND NUCLEON TRANSFER IN THE INTERACTION OF DEUTERONS WITH THE $^{24-25}\text{Mg}$ NUCLEI

Artemov S.V.¹, Burtabayev N.², Ergashev F.Kh.¹, Karakhodzhaev A.A.¹, Tojiboev O.R.¹

¹ Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

² Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

The aim of this work was to obtain the precision experimental differential cross sections (DS) of the nucleon transfer reactions between the isotopes of magnesium and aluminum for subsequent extraction of the asymptotic normalization coefficients (ANC). These data are necessary both to clarify the structure of light nuclei and to calculate the astrophysical S-factors of processes in the MgAl cycle of stellar proton burning: $^{24}\text{Mg}(p,\gamma)^{25}\text{Al}(\beta+)^{25}\text{Mg}(p,\gamma)^{26}\text{Al}(\beta+)^{26}\text{Mg}$, using the relationship between the mirror states of ^{25}Mg and ^{25}Al nuclei.

The experimental setup was earlier developed and mounted on the ion line of the accelerator U-150M in collaboration the INP RUz and INP RK as scientists. The measurement technique includes specialized reaction chamber, target and detecting systems, spectrometric electronics in the NIM standard implementing ΔE -E-method for measuring the spectra of reaction products and their identification, and specially developed software for data acquisition and processing. 3 telescopes of ΔE -E semiconductor detectors and a monitor detector were involved. A beam passing through the target was inhibited by the Faraday Cup with subsequent current integration. Spectrometric signals from the telescopes after gaining and gating of coincident signals are transmitted to the inputs of the two-dimensional multichannel analyzers [1], and the two-dimensional spectra were processed to obtain the DCS. The highly enriched metal foils of ^{24}Mg and ^{25}Mg with thicknesses of 0.82 and 0.78 mg/cm² were used as magnesium targets.

Angular distributions are measured in the forward hemisphere of the angles for the elastic deuteron scattering on ^{24}Mg nuclei at $E_d=14.5$ MeV, for the elastic and inelastic ($E^*=1.61$ MeV, $7/2^+$; 3.41 MeV, $3/2^-$) scattering on ^{25}Mg nuclei at $E_d=14.5$ MeV and 18.0 MeV. The DCS of the reaction $^{24}\text{Mg}(d,p)^{25}\text{Mg}$ were measured for the neutron stripping process to the states $E^*=0.0$ MeV, $5/2^+$; 0.585 MeV, $1/2^+$; 0.975 MeV, $3/2^+$, 1.61 MeV, $7/2^+$; 1.96 MeV, $5/2^+$ and 2.56 MeV, $1/2^+$ at $E_d=14.5$ MeV. For the reaction $^{25}\text{Mg}(d,p)^{26}\text{Mg}$ the DCSs were measured for the neutron stripping to the states $E^*=0.0$ MeV, 0^+ ; 1.81 MeV, 2^+ ; 2.938 MeV and for the reaction $^{25}\text{Mg}(d,t)^{24}\text{Mg}$ the DCS were measured for the population of the states $E^*=0.0$ MeV, 0^+ ; and 1.37 MeV, 2^+ of the forming ^{24}Mg nucleus.

The systematic errors in the measured cross sections are mainly associated with the uncertainty of the target thickness (~5%), the solid angle of the spectrometer (1%), the statistical errors was 1-5% in the main maximum of the angular distributions, and so the total experimental errors as a rule did not exceed 7-10%.

The experimental DCS of the reactions $^{25}\text{Mg}(d,t)^{24}\text{Mg}$ and $^{24}\text{Mg}(d,p)^{25}\text{Mg}$ have been analyzed in the framework of the modified distorted wave Born approximation [2] and the values of the ANC squares for single-particle bound states $^{24}\text{Mg}+n \rightarrow ^{25}\text{Mg}$ as well as the spectroscopic factors for $^{24}\text{Mg}+p \rightarrow ^{25}\text{Al}$ have been obtained. Analysis of the other experimental data is in progress.

References:

1. Artemov S.V. et al. // Instr. & Exper. Techn. #1 (2009), 168.
2. Artemov S.V. et al. // Phys. At. Nucl. 71 (2008), 998.

INVESTIGATION OF THE ELASTIC SCATTERING OF ^{15}N IONS ON 1-p SHELL NUCLEI

Burtebayev N.², Morzabayev A.K.¹, Amangeldi N.^{1,2}, Kerimkulov Zh. K.², Mauryev B.^{2,3}, Yergaliuly G.^{1,2}, Alimov D.K.².

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

² Institute of Nuclear Physics of the Republic Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

³ Joint Institute of Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

The study of the elastic interaction of heavy ions on the 1-p shell nuclei at energies near the Coulomb barrier is of particular interest from the point of view of establishing reliable values of the parameters of the interaction potentials of heavy ions [1] for astrophysical applications.

Earlier, we investigated the collisions of ^{15}N ions with a ^{16}O nucleus at $E_{\text{cm}} = 11.59$ MeV [2] and with $^{10,11}\text{B}$ nuclei at an energy of 43 MeV [3]. In these works, a significant increase in the cross sections at backward angles were interpreted as proton and α -cluster transfers. Thus, the reactions of the 1-p shell nuclei with ^{15}N are a good example for studying the transfer mechanisms, especially at low energies close to the energy of the Coulomb barrier.

The aim of this study was to obtain information about the parameters of the optical potential for the elastic scattering of ions ^{15}N on ^9Be nuclei.

In the present study were obtained angular distributions of elastic scattering ^{15}N by ^9Be at an energy of 18.75 MeV in the range of angles from 43° to 164° . Registration and identification of the particles was carried out on DC-60 cyclotron INP RK (Astana) via dE (8 microns) and E (300 micron) silicon surface barrier detectors ORTEC company. The targets were used ^9Be films thickness of about $31 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

The data were analyzed within the framework of the optical model (OM) using the FRESCO program code [4], as a result of which the optimal parameters of the potentials were obtained.

References:

1. Satchler G.R. Nucleus-nucleus potentials // Nuclear Physics A. – 1983. – T. 409. – C. 3-20.
2. Burtebayev N. et al. Elastic Scattering of ^{15}N Ions by ^{16}O at the Energy 11.59 MeV // Acta Phys. Polon. – 2017. – T. 48. – C. 495.
3. Burtebayev N. et al. Scattering of ^{15}N Ions by $^{10,11}\text{B}$ Nuclei at the Energy of 43 MeV // Acta Physica Polonica B, Proceedings Supplement. – 2018. – T. 11. – C. 99-107.
4. Thompson I.J. IJ Thompson, Comput. Phys. Rep. 7, 167 (1988) // Comput. Phys. Rep. – 1988. – T. 7. – C. 167.

MEASUREMENT OF THE NEUTRON TOTAL CROSS SECTIONS AT 14 MeV IN WIDE A REGION

Ergashev F.Kh., Abdullaeva G.A., Artemov S.V., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R., Ruziev E.T., Yuldashev B.S.

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

The neutron total cross section is a basic quantity describing the interactions of neutrons with nuclei as long as it reflects the elastic and all every possible nonelastic interactions. Also, for fast neutron reactors and developed subcritical electro-nuclear systems, the effective total cross sections measured on targets with natural isotope composition as well as their approximation within the framework of various optical models are of interest.

Nevertheless, the cross section values at several energies and mass regions have rather large spread, which exceeds often the absolute errors pointed in original papers. Therefore, it is advisable to measure the total cross sections by alternative methods to minimize systematic errors. It is also important to investigate the reliability of the use of global optical potentials to describe the prediction of complete sections in a wide range of mass numbers.

The total neutron cross sections at commonly used transmission method are determined by measuring the transmitted neutron beam through a known amount of sample material and comparing this with the transmitted beam without sample. If N_0 is the number of counts without a sample and N_s is the number of counts with a sample interposed between neutron source and detector, then the transmission is given by $T = N_s/N_0 = \exp(-n l \sigma_{\text{tot}})$. So the total neutron cross section σ_{tot} can then be determined as $\sigma_{\text{tot}} = -\frac{\ln(T)}{nl}$, where n denotes the number of atoms per unit volume and l the sample length. At the used neutron beam detection with semiconductor detectors [1] the transmission is defined as:

1. NUCLEAR PHYSICS

$$T = \frac{N_x}{N_0} \frac{N_{0M}}{N_{xM}},$$

where N_x and N_0 are the number of events at the peaks of the $^{28}\text{Si}(n,\alpha_0)^{25}\text{Mg}$ reaction in the main Si detector, recorded in the sample-in and sample-out measurements; N_{xM} and N_{0M} are the appropriate values for the monitor detector.

In the table the results of σ_{tot} measurements for several elements (natural composition) are presented in comparison with the literature data.

element	thickness mm	density gr/cm ³	σ^{tot} (our) barn	σ^{tot} (lit) Barn	Ref.
C (Teflon)	148	2.25	1.43 ±0.10	1.30±0.06	[3]
F (Teflon)	148	1.7	2.08 ±0.15	1.74±0.005	[4]
S	112	1.91	1.77 ±0.13	1.95±0.02	[4]
Te	37	5.86	4.42 ±0.26	4.76±0.03	[5]
In	20	7.15	4.50 ±0.17	4.54±0.02	[5]
Pb	50	11.34	5.38 ±0.11	5.45±0.03	[4]

The differences in the values beyond the limits of errors for rather light elements can be associated with presence of a "fine" structure in the energy behavior of the total cross sections around the energy of 14 MeV. For example, in [2] it is shown that the total cross section for $^{12}\text{C}+n$ has structures with widths of 0.2 – 0.5 MeV, within which its values vary by 10 - 15%.

The preliminary analysis of the present data in terms of various optical models including the modern global nucleon potentials has been implemented.

References:

1. Artemov S.V., et al // Abstr. Book of 68 Int. Conference «NUCLEUS-2018». July 2018, Voronezh, Russia. p. 245.
2. R.W. Finlay et al. Phys. Rev. C47 (1993) 237.
3. M.J. Rapp, et al., // Nucl. Sci. and Engin., Vol.172 (2012) 268.
4. W.P. Abfalterer, et al., // Phys. Rev. C63, 044608 (2001).
5. Yu.V. Dukarevich, et al. // Nucl. Phys. A92, Issue 2 (1967).

^{21}Ne STRUCTURE IN THE $^{17}\text{O}(\alpha, \alpha)$ RESONANCE REACTION

*Nauruzbayev D.K.^{1,2}, Nurmukhanbetova A.K.³, Goldberg V.Z.⁴, La Cognata Marco⁵, Di Pietro Alessia⁵,
Figuera Pierpaolo⁵, Golovkov M.S.^{6,7}, Cherubini S.⁵, Gulino M.⁵, Lamia L.⁵, Pizzone R.G.⁵, Spartà R.⁵, Tumino A.⁵,
Serikov A.^{6,7} and Gazeeva E.M.^{6,7}*

¹ National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Astana, 010000, Kazakhstan

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, 199034, Russia

³ Nazarbayev University, Astana, 010000, Kazakhstan

⁴ Cyclotron Institute, Texas A&M University, College station, Texas, USA

⁵ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Catania, Italy

⁶ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

⁷ Dubna State University, Dubna 141982, Russia

Recently [1], the excitation function for the $^{17}\text{O}+\alpha$ elastic scattering was studied for the first time. The R- matrix analysis of the data [1] showed that a developed alpha cluster structure exists in ^{21}Ne , and properties of levels support a weak coupling of the ^{17}O core with the α -cluster, reminding the structure well known in ^{20}Ne . Besides that, a very intense group of α - cluster states were observed close to the high energy limit of the measurements [1]. The high energy results were not interpreted in Ref. [1] due to lack of data at higher excitation energy. We then performed measurements of the $^{17}\text{O}(\alpha, \alpha)$ excitation functions at higher energies using the TTIK method at the INFN-LNS tandem [2]. The ^{17}O beam energy was $\sim 3.5\text{MeV/A}$ and the intensity $\sim 10\text{ nA}$. An array of single Si detectors and a dE-E telescope of Si detectors was used to detect light recoils of $^{17}\text{O} + \alpha$ interaction in a large scattering chamber of 200 cm diameter. The telescope was needed to evaluate a possible contribution of protons to the charged particle spectra. These detectors covered an angular region from 0° up 30° degree in the laboratory system with respect to the chamber center. Figure 1 shows the excitation function for $^{17}\text{O} + \alpha$ elastic scattering compared with previous data [1] at 180° degree in the c.m. system.

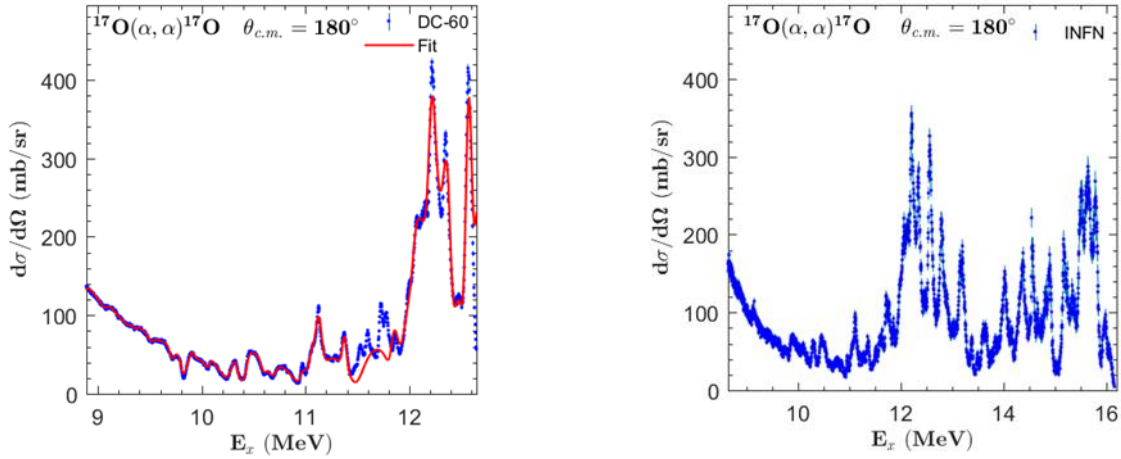


Figure 1 - a) R- matrix fit (bold blue curve) of the excitation function for the $\alpha+^{17}\text{O}$ elastic scattering [1], DC-60; b) Excitation function for the $^{17}\text{O}(\alpha, \alpha)^{17}\text{O}$ elastic scattering, INFN-LNS Tandem

As seen in figure 1 there are strong groups of resonances up to the excitation energy of 16 MeV in ^{21}Ne , well beyond the former observations. We are performing an R- matrix analysis of the new data at high excitation energy and results will be presented.

References:

1. A.K. Nurmukhanbetova, V.Z. Goldberg, D.K. Nauruzbayev, M.S. Golovkov, A. Volya. ^{21}Ne level structure in the resonance $^{17}\text{O} + \alpha$ elastic scattering. Submitted to PLB.
2. PAC proposal.

NEW DATA ON THE $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ YIELDS

Ergashev F.Kh.¹, Artemov S.V.¹, Burtabayev N.², Karakhodzhaev A.A.¹, Tojiboev O.R.¹

¹Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

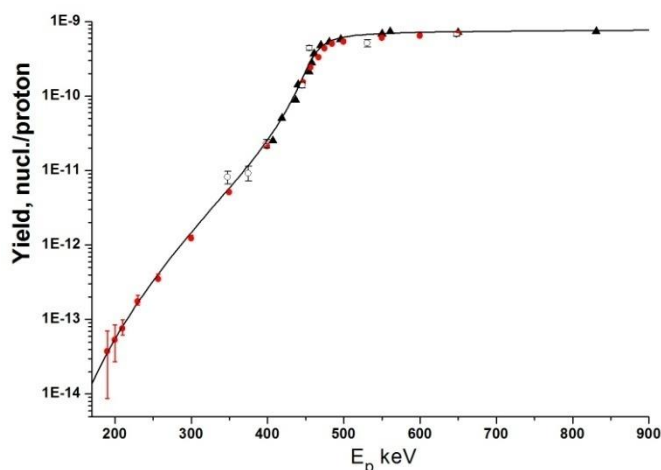
²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Presently a great attention is drawn to renew the existing experimental database on the low-energy nuclear reactions of astrophysical importance with more precise values of astrophysical S-factors and reaction rates.

The activation method is advantageous at measuring very low cross sections because it allows for the geometry of measurements close to 4π . Using this method one can detect beta-particles, gamma-quanta or $\gamma\gamma$ -coincidences (in the case of β^+ -radioactive residual nucleus) in the event counting mode with large detection efficiency instead of applying the precise gamma-ray spectrometry with smaller efficiency. It automatically provides the total cross section or the yield of the reaction and does not depend on details of the γ -ray decay scheme and on the form of the γ -ray angular distributions

A variant of the activation method was previously developed and assembled on the ion guide of the electrostatic accelerator EG-2 of the Physics Faculty of the National University of Uzbekistan (NUUz) [1]. The accelerator is located at 6 meters underground to reduce the background of cosmic radiation. It covers the energy range of approximately 150–1500 keV with the $^1\text{H}^+$ ions external beam intensity of about 20 μA at the energy spread (FWHM) of ~ 2.5 keV [2].

The yields $Y(E)$ of the astrophysical important proton radiative capture reaction $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ were measured for the first time by using this method at the energies 190, 200 and 210 keV in addition to our previously obtained data within the interval 230–650 keV [1]. The obtained data are presented in the Figure 1 together with the existing literature data. The curve is our analytical approximation of the yield energy dependence found in [1].



Black triangles and open circles are the data from [3], [4], respectively.

Figure 1 - Energy dependence of the yield $Y(E)$ for the reaction $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$

References:

3. S.V. Artemov et al. Nucl. Instr. Meth. in Physics Research A825 (2016) 17.
4. M.K. Aliev, G.R. Alimov, Sh.S. Baratbayev, et al., Uzb. J. Phys. V10 (№6)(2008) 410.
5. J.D. Seagrave, Phys. Rev., 84 (1951), p. 1219.
6. N.A. Roughton, M.J. Fritts, R.J. Peterson, C.S. Zaidins, C.J. Hansen, Astrophys. J., 205 (1976), p. 302.

NEW EVALUATIONS OF PHOTONUCLEAR DATA IN CENDL

Tao X.¹, Xu R.R.¹, Wang J.M.¹, Ge Z.G.¹, Yu B.S.¹, Cai C.H.²

¹China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(41), Beijing, 102413, China
²Nankai University, No. 94 Weijin Road, Tianjin, 300071, China

International Atomic Energy Agency (IAEA) has started a new international cooperation CRP project since 2016, in order to develop the evaluation methods of photonuclear reaction and photon strength function. Photonuclear data are important to reactor design, accelerator, medical treatment and nuclear astrophysics. In recent years, new experimental devices have been developed, such as LCS gamma ray source. Base on new measurement data, the database of photonuclear reaction need to be updated. The energy range should be increased to 200MeV. In CENDL, MEND-G has been developed to calculate the heavy nuclear reaction in the photon incident region below 200 MeV. V, Cr, Zr, W, Bi, etc were calculated and evaluated, and the results will be submitted to IAEA. GLUNF code has been developed and used for light nucleus photonuclear data below 150 MeV. Li, Be, B, and C have been done in this work. The evaluations for 26 nuclei are finished at CNDC and the evaluation of the nucleus above will be shown and discussed.

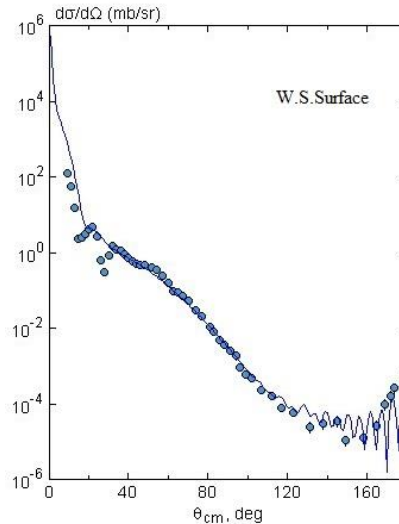
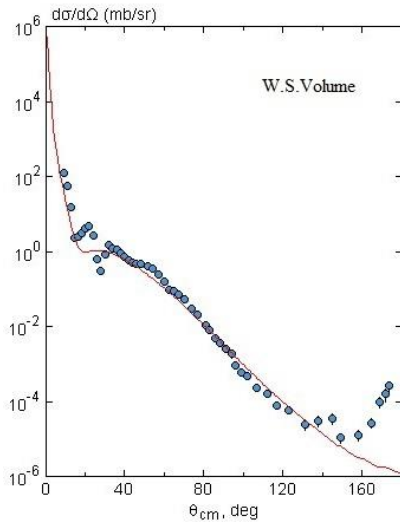
PRELIMINARY EVALUATION FOR FITTING PARAMETERS OF OPTICAL POTENTIAL IN p+¹¹Li SCATTERING AT 60-70 MeV

Galanina L.I.¹, Morzabayev A.K.², Alibayeva A.G.²

¹Research Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russia;
²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

¹¹Li isotope is the best example of an exotic nucleus with the largest halo. From the very beginning [1], its halo has been attracting attention of a large number of researchers. There were many research works devoted to studying properties of this nucleus but yet there are many unknown features. The most appropriate way to study a structure of a nucleus is proton scattering. This thesis forestalls a next study searching for optimal parameters of optical potential for p+¹¹Li scattering. As the thesis is a preliminary work, we used it to find the parameters in the first approximation. For the approximation, we used code [2] with the corresponding experimental data within. The approximation also means that we didn't take into account the spin. The fitted parameters were the depth and the radius of the real part of the potential. For potential forces and absorptive potential, we choose Woods-Saxon volume and surface potentials. The chosen energy is 66 MeV in the laboratory frame. The energy value is motivated by the recent research [3]. Our present results are shown here in the table and the figures. We will use the obtained values of the parameters further in the following more exact fitting by Fresco code.

	V (MeV)	r _v (fm)	a _v (fm)	r _c (fm)	W (MeV)	r _w (fm)	a _w (fm)
Volume	-150	0.316	0.577	1.699	-0.564	1.737	0.969
Surface	-10	0.86	2	1	-1.9	2.116	2



References:

- [1] I. Tanihata et al. Phys. Rev. Lett. 55 (1985) 2676.
- [2] <http://nr.v.jinr.ru/nrv/>
- [3] J. Tanaka et al. Phys. Lett. B 774 (2017) 268

RECENT NUCLEAR DATA WORK IN CHINA

Ge Z.G.

China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(41), Beijing, 102413, China

China nuclear data activities consists of nuclear data measurement and evaluation, data library establish and management, nuclear data benchmark testing and validation. The mainly activities are being carried out at China Nuclear Data Center(CNDC), China Institute of Atomic Energy(CIAE) and China Nuclear Data Coordination Network(CNDCN). More than 10 institutions and universities are involved CNDCN. CENDL library is mainly output, and several editions have been released. The fission yield data, activation data and decay data sub-libraries will be included in CENDL. Recent years, most neutron files in CENDL are evaluated by using the new experimental information and the new methodology, which contain the nuclear data model code UNF series, the cross section covariance evaluation system COVAC and SEMAW, et al. The most important neutron reaction data for the light, structure, actinide nuclei etc have been validated by the system of the ENDITS which contains more than 1200 integral benchmarks, and compared with other evaluated data files, and some of them predict the experiments well compared with other files. The updated CENDL files have been used for the CEFR, TMSR, ADS projects, etc. and very good feedback received. New nuclear data measurements also are performed with the reactors and accelerators in China, some of the new measurements are used for the updated CENDL evaluation activities. Several facilities are under construction in China which can be used for the nuclear data measurements in future. The related methodologies of the measurements are carried out by the CENDL project support.

ROLE OF THE DYNAMICAL POLARIZATION POTENTIAL IN EXPLAINING THE LOW-ENERGY
DATA OF ALFA+¹²C SYSTEM

Kucuk Y.

Akdeniz University, Department of Physics, Antalya, Turkey

We have analyzed elastic scattering data of the alfa+¹²C system at some energies within the framework of the double folding model. We have modified the shape of the real and imaginary potentials simultaneously in the surface region in order to take into account of the dynamical polarization effects and we have been able to obtain an improved agreement with the experimental data. We have also calculated alfa-cluster states in ¹⁶O by using the same potential and we have shown that including of the dynamical polarization potentials in the bare folding potential produces also the rotational bands.

SCATTERING OF π^\pm - AND K^+ - MESONES ON NUCLEI ^{9,10}B WITHIN THE FRAMEWORK
OF THE GLUBER THEORY

¹Imambekov O., ²Zhubaev S.T., ¹Serikbayev E., ¹Tusupbekova A.

¹Al Farabi Kazakh National University

²Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov

The scattering of various particles on light nuclei at intermediate energies is a good tool for studying both the structure of the nuclei and the mechanisms of interaction. In many studies, proton scattering has been studied [1]. However, along with this, a comparative analysis of the scattering of other particles, for example, mesons, on these nuclei provides additional interesting information. In this vein, we previously investigated in [2] the nuclei ^{13,15}C, ¹⁵N.

In this paper, the scattering of π^\pm - and K^+ -mesons at intermediate energies on ^{9,10}B nuclei is studied in the framework of the Glauber theory. The choice of these nuclei as a target is not accidental. They are the main neutron absorbers and constructive element in the latest generation of fusion reactors. Therefore, their comprehensive research can significantly expand the nuclear data base.

In our calculations, we used the wave function of the ⁹B nucleus in the $2\alpha N$ model [3], calculated with the paired $\alpha\alpha$ and αN interactions with the Pauli principle forbidden to states. The account of antisymmetrization over all nucleons was taken into account approximately by excluding the forbidden states from the full three-particle solution. When calculating the wave function, two variants of $\alpha\alpha$ interaction were used. In the first variant, the account of the Pauli principle is associated with the use of the l -dependent $\alpha\alpha$ -potential of Ali - Bodmer, which contains repulsion at small distances. The second uses the deep attracting $\alpha\alpha$ -potential of the Buck with the Pauli principle forbidden by the states. In both models, an αN -potential with an exchange Majorana component was chosen, which leads to an even-odd splitting of phase shifts, well reproducing phases with $l = 0, 1, \text{ and } 2$.

To describe the state of the ¹⁰B nucleus, the wave function was used in the shell model with an intermediate coupling [4] with the following components: $-0.418 [42] 13D1 + 0.679 [42] 13D2 - 0.481 [42] 13F$.

The matrix element of the reaction is calculated on the basis of the Glauber diffraction theory of multiple scattering. In the Glauber operator, all multiples of collisions on α particles and a proton on the ⁹B nucleus and one and two collisions on the ¹⁰B nucleus are taken into account. The differential cross section at the ⁹B nucleus is calculated with two variants of the wave function and it is shown how sensitive the cross section is to the structure of the nucleus. The peculiarity of using the Glauber theory is that it allows one to clearly distinguish effects from both the structure (wave function) and interaction mechanisms (multiplicity of collisions).

Differential scattering cross sections of π^\pm - and K^+ -mesons are calculated at several energies: 135, 180 and 220 MeV. The choice of these energy values is related to comparing our calculations with the available calculations and experimental data of proton scattering on the same nuclei. A detailed analysis of the structure of the differential cross section from collision multiplicities shows that the appearance of a diffraction minimum in the cross section is associated with the interference of different scatter multiplicities in the Glauber scattering operator. Calculations of the contributions of one-, two-, and three-fold collisions of incident meson show that the minimum in the cross section occurs at the intersection point of the partial cross sections of single and double collisions. This is due to the fact that the range for the amplitude is an alternating sign, and when squaring it into a square, interference members arise, which give minimums

in the cross section. We also note that in the region of small scattering angles, single collisions dominate; at large angles, double collisions, while triple collisions are several orders of magnitude smaller than single collisions, so they practically do not contribute to the total cross section. A comparison of the scattering of π^\pm mesons with K^\pm mesons shows that pion interactions occur predominantly on the surface of the nuclei under study, whereas the K^\pm mesons penetrate deeper into the nuclei due to the weak absorption by the nucleons. This is the distinguishing feature of the absorption of different mesons.

This work was carried out as part of the research project AP05132620.

References:

- [1] Ibraeva E.T., Imambekov O., Dzhazairov-Kahramanov A.V., Nucl.Phys.A.V915, P.142-157 (2013).
- [2] Imambekov O, Ibraeva E.T., Toksaba Zh.A., Phys. of Atom.Nucl., V.82, N3, P.1-7, (2019).
- [3] Kukulín V.I. et al., Few Body Syst V.18, P.191 (1995).
- [4] Boyarkina A.N. The structure of the nuclei of 1p-shell. MSU Publishing House, Moscow 1973.

SCATTERING PROBLEMS OF TWO-BODY SYSTEMS

Odsuren M.¹, Khuukhenkhuu G.¹, Davaa S.¹, Usukhbayar B.¹, Zolbayar A.¹, Kato K.²

¹School of Engineering and Applied Sciences and Nuclear Research Center, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

²Nuclear Research Centre, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, 060-0810, Japan

The complex scaling method (CSM) [1] is one of the well-established techniques in wide areas of physics, especially in resonance studies in nuclear physics. At the beginning, its advantage was mainly explained by the superior description of the resonances of the composite systems. Nowadays, it is successfully utilized for getting information on the unbound and scattering states in the observables.

In the present framework, the complex scaled orthogonality condition model (CSOCM) [2] and the extended completeness relation [3] are used. The scattering phase shifts have been investigated as important scattering quantities from the continuum level density (CLD) [4] obtained using the CSM.

The CSOCM can be used for obtaining scattering phase shifts of the many resonance system. In order to investigate effects of the many resonances for such system, we applied a simple schematic potential [5] for the $J^\pi = 0^+$ and 1^- partial waves. In addition, we discuss characteristics of the decomposed scattering phase shifts of the $\alpha+n$ system.

References:

1. K. Ho, Phys. Rep. 99, 1 (1983).
2. A.T. Kruppa, K. Kato, Prog. Theor. Phys. 84, 1145 (1990).
3. T. Myo, A. Ohnishi, K. Kato, Prog. Theor. Phys. 99, 801 (1998).
4. M. Odsuren, K. Kato, G. Khuukhenkhuu, S. Davaa, Nucl. Eng. and Tech. 49, 1006 (2017).
5. A. Csoto, B. Gyarmati, A. T. Kruppa, K. F. Pal, N. Moiseyev, Phys. Rev. A 41, 3469 (1990).

STATUS OF EXFOR ACTIVITY IN INDIA AND EVALUATION OF NEUTRON INDUCED CROSS SECTION

Devi V.

IET Bhaddal, Ropar-Punjab –India
vidyathakur@yahoo.co.in

Nuclear reaction data are necessary and applicable for many application fields. One of the EXFOR database maintained by IAEA-Nuclear data section. As a member of NRDC, Bhabha Atomic Research Centre (BARC) is responsible for the compilation of published Indian experimental facility data. EXFOR compilation in India is the outcome of the initiative and efforts undertaken by Bhabha Atomic Research Centre. Since past few years, EXFOR compilation has been also done by universities through funds given by DAE-BRNS scheme. In this paper we show the recent compilation status.

We present the application of Extended Unscented Transform method to error propagation of neutron activation cross section measurement as an alternate approach to first order sensitivity analysis method.

We applied the method on the Indian neutron activation cross section data and calculations are simple in deterministic method of Unscented Transform. It produces better results for error propagation in non-linear case.

STATUS OF THE VEGA-M SETUP AT THE MT-25 MICROTRONE FOR STUDYING CLUSTER EFFECTS IN HEAVY NUCLEI

Kamanin D.V.¹, Pyatkov Yu.V.^{2,1}, Solodov A.N.¹, Strelakovsky A.O.¹, Alexandrov A.A.¹, Alexandrova I.A.¹, Goryainova Z.I.¹, Kuznetsova E.A.¹, Strelakovsky O.V.^{4,1}, Zhuchko V.E.¹

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²National Nuclear Research University “MEPHI”, 115409 Moscow, Russia

³University of Stellenbosch, Faculty of Military Science, Military Academy, Saldanha 7395, South Africa

⁴Dubna State University, 141980 Dubna, Russia

Motivation and status of the VEGA-M (Velocity-Energy Guide based Array on Microtrone) project is presented. The one armed time-of-flight fission fragments spectrometer with an electrostatic guide system is mounted at the MT-25 microtrone at the FLNR, JINR. Test results obtained recently are reported.

STUDY OF FISSION DYNAMICS WITH 3D LANGEVIN APPROACH

Liu L.L.¹, Wu X.Z.¹, Chen Y.J.¹, Shen C.W.², Li Z.X.¹, Ge Z.G.¹

¹China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(41), Beijing, 102413, China

²HuZhou University, Huzhou 313000, China

The three-dimensional Langevin model plus a constraint on the heavy fragment deformation is used to study the fission dynamics for Uranium and Plutonium isotopes at low excitation energies. The potential energy surface is calculated with the Macroscopic-Microscopic model based on the Two Center Shell Model. The Werner-Wheeler approximation is used to calculate the inertia tensor and the Wall-and-Window model is applied to calculate the friction tensor. In this work, the influence of the model parameters on the fission fragment mass distribution is investigated. The fission fragment mass distributions for ^{234,236,239}U and ²⁴⁰Pu at low excitation energies are calculated and compared with the results of GEF code as well as the evaluated data of ENDF/B-VIII.0. A nice agreement is found in the comparison, in

which the incorporation of the constraint on the heavy fragment deformation plays an important role. Furthermore, the correlation between the elongation and mass asymmetry at scission point and the correlations of the fission time to both the elongation and mass asymmetry are studied, respectively. This study may shed light on dynamically understanding the superlong channel for symmetric fission and the standard channels for asymmetric fission in GEF model and other phenomenological fission models.

THE ROLE OF THE N/Z – RATIO IN COLLIDING NUCLEI DURING THE FUSION OF SULFUR AND LEAD

Kayumov B.M.¹, Nasirov A.K.²

¹Institute of Nuclear Physics, Uzbekistan Academy of Science, 100214 Tashkent, Uzbekistan

²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

A significant difficulty in producing the heaviest elements in fusion-evaporation reactions is very small cross sections, which can be attributed to the hindrance at the formation of the CN and/or to its instability against fission. The high accuracy of measurements of the ER cross section stimulates studies of the peculiarities of the reaction mechanism in experiments producing transuranic elements. For this aim, in Ref.[1], the authors compared two reactions with the different isotopes of S and Pb leading to the same nucleus ^{242}Cf . The measured cross section for the 2n channel of $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ was approximately 25 times larger than that of $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$. In the case of the 3n channel, approximately ten times larger cross section was measured for the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction compared to the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction. These values were obtained close to the maxima of the 2n and 3n cross sections. In Ref.[2], the experimental data of the yield of fission products have been obtained to establish the main reasons causing the difference in the results of the evaporation residue cross sections in the above mentioned reactions. The excitation function of fission for the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction is higher than the one of the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction if they are compared as functions of the CN excitation energy. In Ref. [1], the authors noted that the difference of only two neutrons in projectile and target nuclei has such a strong influence on the fusion probability. This amazing result requests its further explanation.

The first attempt was made by the authors of the experiments in Ref.[1] by the description of the fission excitation functions using the coupled-channels calculations (code CCFULL [3]) with coupling to vibrational states; the evaporation residue cross sections were estimated by the statistical code HIVAP [4], normalizing the capture cross section calculated by the HIVAP to the measured capture cross sections. Regardless of this procedure, the authors modified the parameters of the HIVAP code for the survival probability of $^{242}\text{Cf}^*$ such that the measured ER cross sections of the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction were reproduced at $E^*=25.5$ and 33.1 MeV for the 2n and 3n channels, respectively. This action allowed authors to reproduce the ER cross sections of the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction, but at the use of the same parameters leads to overestimation of the measured data of the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction. Therefore, authors have concluded that the latter reaction exhibits a significant hindrance of fusion relative to the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction. Another attempt to clarify the nature of the hindrance to complete fusion in the case of the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction has been done in Ref.[2]. The authors of Ref.[2] have used new fission measurements and existing evaporation residue and fission excitation function data for reactions forming Cf isotopes to investigate the dependence of the quasifission probability and characteristics of fission products on the properties of the entrance channels. The calculations made by the use of the coupled-channels code CCFULL reproduce the measured capture cross sections for both reactions. Assuming no quasifission ($P_{CN}=1$), the statistical model calculations of the fission survival probability W_{CN} are able to reproduce the measured xn ER cross sections for the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction. However, the calculations made by the use of the same parameters have led to the overestimation of the experimental xn ER cross sections for the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction. The agreement with the experimental data of the last reaction can be reached by introducing a strong fusion hindrance for it relative to the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction (with an angular momentum averaged hindrance $P_{CN}=0.1$). This procedure must be associated with a large quasifission probability for $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$. The analysis of mass and angle distributions of the fusion-fission products of these two reactions did not reveal a significant difference between them showing the hindrance in fusion. The authors concluded that the strongly hindered ER yield for the $^{34}\text{S}+^{208}\text{Pb}$ reaction compared with the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction indicates that the quasifission competition is weaker in the $^{36}\text{S}+^{206}\text{Pb}$ reaction. This must be attributed to the different nuclear structures of the reaction partners in the two reactions and closer matching of N/Z ratios in the latter reaction, as found in Ca + Pb reactions [5]. The authors could not explain the appearance of the hindrance to fusion causing the value $P_{CN}=0.1$. One of the reasons of difficulties in study of hindrance to fusion is difference in the theoretical and experimental views to the capture events.

In this work we try to establish reasons causing difference at the CN formation in the two reactions under discussions by the theoretical analysis of the formation of dinuclear system (DNS) after capture and its transformation into the CN.

References:

1. J. Khuyagbaatar, K. Nishio, S. Hofmann, D. Ackermann, et. all. Phys. Rev. C 86, 064602 (2012).
2. J. Khuyagbaatar, D.J. Hinde, I.P. Carter, M. Dasgupta, et. all. Phys. Rev. C 91, 054608 (2015).
3. K. Hagino *et al.*, Comput. Phys. Commun. 123, 143 (1999).
4. W. Reisdorf, Z. Phys. A 300, 227 (1981).
5. C. Simenel *et al.*, Phys. Lett. B 710, 607 (2012).

THE STRUCTURE OF C13Xi

Tada T.¹, Kimura M.¹, Isaka M.²

¹Hokkaido Univ., Sapporo, Japan and Hosei Univ., Tokyo, Japan

²Hosei Univ. Tokyo, Japan

The maximum observed mass of neutron star is 2.01 solar mass. And the radius of neutron stars are around 10 kilometers. In order to reproduce the mass and radius, equation of state (EOS) of neutron star have been discussed. The neutron star is high density, so hyperon may exist in the neutron star. But EOS including hyperon cannot reproduce the mass and radius, this problem called hyperon puzzle. More information of the hyperon-nucleon interaction is needed to solve the hyperon puzzle. Hyperon-nucleon interaction can be studied by the hyper-nuclei. We investigated the level structure of C13Xi hyper nuclei by using an extended version of AMD wave function.

TIME-OF-FLIGHT MASS-SPECTROMETRY OF HEAVY IONS: SOME FEATURES OF DATA PROCESSING

*Kamanin D.V.¹, Pyatkov Yu.V.^{2,1}, Goryainova Z.I.¹, Zhuchko V.E.¹, Alexandrov A.A.¹, Alexandrova I.A.¹, Malaza V.³,
Kuznetsova E.A.¹, Strekalovsky A.O.¹, Strekalovsky O.V.^{4,1}*

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²National Nuclear Research University "MEPHI", 115409 Moscow, Russia

³University of Stellenbosch, Faculty of Military Science, Military Academy, Saldanha 7395, South Africa

⁴Dubna State University, 141980 Dubna, Russia

Experimental studies of the rare multibody decays of the low excited heavy nuclei carried out in our group [1] require specific methods: registration of the pairs of fission fragments with a short follow-up interval; detailed analysis of the shapes of the spectrometer signals related to the events of interest caused the formation of short detector signals; use of fast multichannel digitizers such as flash-ADC DT5742. Data processing algorithms are an integral part of the experimental technique. Two of these algorithms that provide respectively energy and time spectrometry of heavy ions using PIN diodes are considered in this report. The algorithms were tested recently in the special experiment at the beam of the IC-100 accelerator, FLNR, JINR.

References:

1. D.V. Kamanin, Yu. V. Pyatkov, "Clusters in Nuclei - Vol.3" ed. by C. Beck, Lecture Notes in Physics 875, pp. 183-246 (2013).

UNCERTAINTY OF COINCIDENCE SUMMING CORRECTION IN GAMMA SPECTROSCOPY

Otuka N.¹, Semkova V.²

¹ Nuclear Data Section, International Atomic Energy Agency, A1400 Wien, Austria

² Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Off-line gamma spectroscopy is widely used in determination of activation cross sections. When the activity of the irradiated sample is relatively weak, we should keep the detector close to the irradiated sample to obtain enough counting statistics. This “close geometry” causes the coincidence summing effect when several intense decay gamma lines exist (e.g., Eu-152 calibration source), and the measured quantity must be corrected for this effect. The calculation of the correction factor requires decay data such as beta and gamma transition probabilities, and therefore the correction factor has uncertainty due to the uncertainties in the decay data. In this article, we discuss the propagation of the decay data uncertainties to the correction factor uncertainty based on the deterministic approach of the correction factor calculation formulated by Semkow et al. [1].

References:

[1] T.M. Semkow et al., Nucl. Instrum. Meth. A290 (1990) 437.

VISUALIZATION OF THEORETICAL CALCULATION OF NUCLEAR DATA BY NDPlot

Jin Y. L., Tao X., Wang J.M., Ge Z.G., Xu R.R.

China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(41), Beijing, 102413, China

NDPlot is an efficient plotting tool for nuclear data, it is not only a plotting tool for nuclear data, but also integrated application software. The latest version 0.93 beta was released in Dec.24, 2018. The new features added to NDPlot include: 1) the ratio of cross sections can now be treated, 2) plot the chain yields and energy dependent fission yields, 3) filter fission yield data and correct the data with new gamma data, 4) special treatment on discrete level excitation cross sections and 5) visualization of theoretical calculation of nuclear data, etc. This presentation focuses on the visualization of theoretical calculation of nuclear data by NDPlot.

АНАЛИЗ РАССЕЙЯНИЯ ИОНОВ ³He С ЭНЕРГИЯМИ 50-60 МэВ НА ЯДРЕ ¹⁴N

Буртебаев Н.Т., Дуйсебаев Б.А., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б.М., Нассурлла М.

Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан

Одной из важных задач в изучении реакций со сложными частицами с атомными ядрами является определение из дифференциальных сечений упругого рассеяния величины эффективного потенциала взаимодействия частицы с ядром, знание которого необходимо для анализа широкого класса ядерных превращений с участием таких частиц во входном и выходном каналах. В настоящей работе был проведен новый анализ экспериментальных данных, полученных ранее для упругого и неупругого рассеяния ³He и α -частиц на ядре ¹⁴N при энергии пучка 50 и 60 МэВ, дополненных измерениями дифференциальных сечения неупругого рассеяния с возбуждением состояний 5,69 МэВ (1-) и 7,03 МэВ (2+).

Измерения проводились на изохронном циклотроне Института ядерной физики при энергии ионов 50-60 МэВ. В эксперименте использовалась газовая мишень, представляющая собой цилиндрический контейнер, наполненный естественным азотом (с содержанием ¹⁴N 99,61 %) до ~ 1 атмосферы. Эффективная толщина

мишени составляла от 1 до 7 мг/см² в зависимости от угла измерений. Ошибка в оценке толщины мишени составляла не более 3%.

Регистрация и идентификация рассеянных частиц осуществлялось спектрометрическим блоком, состоящим из двух кремниевых полупроводниковых детекторов: пролетного ΔE и полного поглощения E. Толщины этих детекторов выбирались в зависимости от энергии рассеянных частиц и составило 100 мкм для ΔE и 2 мм (E). Искомые ионы отделялись от других заряженных частиц с помощью методики двухмерного анализа (ΔE-E).

Дифференциальные сечения упругого рассеяния анализировались в рамках оптической модели (код SPI-GENOA [1]) с использованием потенциалов с параметризацией Вудса - Саксона. Параметры потенциалов определялись феноменологически из подгонки расчетных сечений к экспериментальным данным. Анализ сечений неупругого рассеяния проводился с использованием борновского приближения искаженных волн (расчетный код DWUCK 4 [2]) с форм-фактором макроскопического коллективного возбуждения с использованием оптимальных параметров оптического потенциала, полученных из упругого рассеяния. Получено удовлетворительное согласие теоретических расчетов с экспериментальными данными по угловым распределениям упругого и неупругого рассеяния.

Литература:

1. Hodgson P.E. The nuclear optical model // Rep. Of Progress in Physics. – 1971. – Vol.34. – P.765-819.
2. Perey F.G. SPI-GENOA an optical model search code // NBI version, 1976.

АНАЛИЗ УГЛОВЫХ t - γ -КОРРЕЛЯЦИЙ В РЕАКЦИИ $^{27}\text{Al}(\alpha, t)^{28}\text{Si}(2^+)$ ПРИ $E_\alpha = 30.3$ МэВ

Галанина Л.И.¹, Зеленская Н.С.¹, Лебедев В.М.¹, Орлова Н.В.¹, Спасский А.В.¹, Алибаева А.Г.²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

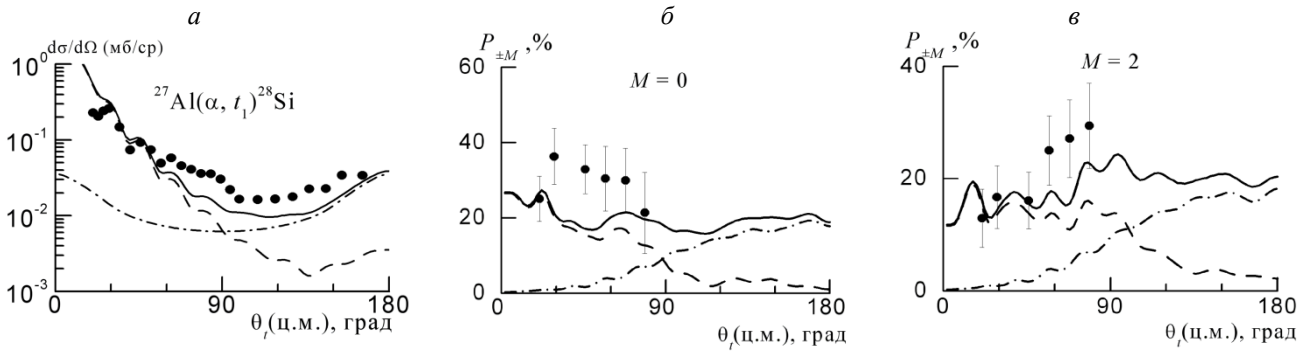
НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

В [1] ранее нами были представлены различные экспериментальные корреляционные характеристики реакции $^{27}\text{Al}(\alpha, t)^{28}\text{Si}$ при $E_\alpha = 30.3$ МэВ с образованием конечного ядра ^{28}Si в основном (0^+) и двух нижних возбужденных состояниях 2^+ (1.78 МэВ) и 4^+ (4.62 МэВ). Для их теоретического анализа использовался механизм срыва протона, рассчитываемый в рамках метода связанных каналов по коду CHUCK [2], а спектроскопические амплитуды (СА) были получены эмпирическим путем, что заметно снизило достоверность результатов анализа.

В настоящей работе эти характеристики (угловые зависимости дифференциального сечения, тензоры ориентации мультипольных моментов $t_{kk}(\theta_t)$ и заселенности $P_{\pm M}(\theta_t)$ магнитных подуровней ядра ^{28}Si) проанализированы в предположении механизма срыва протона (код FRESCO [3]) и модели составного ядра (код CONDENSY [4]). В отличие от [1], СА рассчитаны в модели Нильссона, поскольку ядро ^{28}Si имеет значительную деформацию $\beta_2 = -0.35$ [5]. В модели Нильссона структуру ядра $^{28}\text{Si}(0^+)$ можно рассматривать как полностью заполненные четыре орбитали в оболочке $1d_{5/2}$, а ^{27}Al – как две заполненные и одну дырочную конфигурацию в орбитали (№ 5) этой оболочки с квадрупольной деформацией ядра $\beta_2 = +0.25$ [5]. Структура возбужденного 2^+ состояния ядра ^{28}Si конструируется путем образования дырочной конфигурации в орбитали (№ 7) и переходом протона в орбиталь (№ 9), принадлежащую $2s_{1/2}$ -оболочке, а структура состояния 4^+ – образованием дырочной конфигурации в орбитали (№ 5) с переходом протона в орбиталь (№ 8), принадлежащую $1d_{3/2}$ -оболочке.

Механизм срыва протона с рассчитанными СА при учете вклада механизма составного ядра позволил получить (сплошные кривые на рис. 1) как адекватную величину абсолютных дифференциальных сечений, так и удовлетворительное описание их зависимости от угла вылета тритонов (рис. 1а). Также удовлетворительным является качество описания угловых зависимостей заселенностей $P_{\pm M}(\theta_t)$ магнитных подуровней ядра $^{28}\text{Si}(2^+, 1.78 \text{ МэВ})$. Для примера на рисунке 1б, в приведены величины $P_{\pm M}(\theta_t)$ с проекциями спина $M = 0$ и $M = 2$.



Пунктир – расчет вклада механизма срыва протона по Fresco, штрих-пунктир – вклада составного ядра по коду CNDSY, сплошная – сумма этих механизмов.

Рисунок 1 – Угловое распределение дифференциального сечения реакции $^{27}\text{Al}(\alpha, t_1)^{28}\text{Si}$ при $E_\alpha = 30.3$ МэВ (а) и заселенности (б, в) ядра ^{28}Si в состоянии 2^+ , 1.78 МэВ

В передней полусфере углов вылета тритона, как можно было ожидать, основным механизмом, определяющим угловые зависимости сечений и корреляционных характеристик, является механизм срыва протона, а в задней полусфере – механизм образования составного ядра.

Литература:

1. А.В. Игнатенко, В.М. Лебедев, Н.В. Орлова, А.В. Спасский. Известия АН СССР. Сер. физ. 1997. Т. 61. С. 2102.
2. P.D. Kunz, <http://spot.colorado.edu/~kunz/Home.html>.
3. I.J. Thompson. Comp. Phys. Rep. 1988. V. 7. P. 167; <http://www.fresco.org.uk/>.
4. T.L. Belyaeva, N. S. Zelenskaya, et al. Comp. Phys. Comm. 1992. V. 73. P. 161.
5. Centre for photonuclear experiments data. <http://cdf.e.sinp.msu.ru/>

ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Зазулин Д.М.^{1,2}, Кемелжанова С.Е.¹, Ормантаев О.С.¹, Эзау П.Д.¹

¹КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В рамках метода геометротермодинамики [1] в настоящей работе исследованы свойства статистической модели ядра [2], а также некоторых моделей кварк – глюонной плазмы [3,4]. Получены результаты инвариантные относительно преобразований Лежандра, т.е. независимо от выбора термодинамических потенциалов. Для всех рассмотренных моделей рассчитаны соответствующие геодезические и изучены свойства этих геодезических. Результаты работы сравниваются с литературными данными.

Литература:

1. H. Quevedo (2007) Geometrothermodynamics, J. Math.Phys. 48, 013506, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2409524>
2. М.И. Свириной, (2006) Тестирование основных феноменологических моделей плотности ядер, ФЭЧАЯ 37, 901, УДК 539.142; 539.144.
3. V.V. Begun, M.I. Gorenstein, O.A. Mogilevsky (2010) Equation of state for the quark gluon plasma with the negative bag constant, Ukr. J. of Phys., 55, 1049, arXiv:1001.3139 [hep-ph].
4. M. Modarres, and A. Mohamadnejady (2012) The thermodynamic properties of weakly interacting quark gluon plasma via the one gluon exchange interaction, Phys. of Part. and Nucl. Lett. 10 (2), DOI: 10.1134/S1547477113020106.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ π^- -МЕЗОНОВ В $p^{12}\text{C}$ - И $\pi^-^{12}\text{C}$ -СОУДАРЕНИЯХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ ОТ СТЕПЕНИ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЙ

Олимов К. ¹, Гуламов К.Г.¹, Олимов Х.К.^{1,2}, Лутпуллаев С.Л.¹, Фазылов М.И.¹, Олимов А.К.¹

¹Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Ташкент, Узбекистан

²Университет Инха в Ташкенте (УИТ), Ташкент, Узбекистан

В работах [1–3] были исследованы средние множественности и различные кинематические характеристики заряженных пионов, образованных в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с, $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ - и $^{12}\text{C}^{181}\text{Ta}$ -столкновениях при 4.2 А ГэВ/с при разных степенях соударений. Было обнаружено, что средние множественности и средние значения кинематических характеристик (полного и поперечного импульсов, парциального коэффициента неупругости, а также угла вылета) отрицательных пионов, образованных $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 4.2 А ГэВ/с [3] в пределах статистических погрешностей не зависят от степени центральности столкновения. Также было установлено, что нуклоны снаряда взаимодействуют с нуклонами ядра-мишени независимо друг от друга. В $^{12}\text{C}^{181}\text{Ta}$ -соударениях при 4.2 А ГэВ/с был показан рост степени поглощения отрицательных пионов ядром-мишенью с увеличением центральности столкновения [1]. Данная работа является продолжением цикла работ [1–3] и посвящена сравнительному анализу характеристик спектров отрицательных пионов по поперечному импульсу в $p^{12}\text{C}$ - и $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 9.9 ГэВ/с и 40 ГэВ/с при разных степенях центральности столкновений. Экспериментальные данные сравниваются с предсказаниями модифицированной модели FRITIOF [4–7]. Для разделения событий на периферийные, полупериферийные и центральные, как и в предыдущих работах [1–3], мы использовали среднюю множественность протонов-участников мишени $\langle v_p \rangle$ по всему ансамблю и число протонов-участников v_p в каждом индивидуальном событии.

Нами показано, что средние значения, формы и ширины распределений поперечных импульсов отрицательных пионов в $p^{12}\text{C}$ - и $\pi^-^{12}\text{C}$ -соударениях при высоких энергиях не зависят от степени центральности столкновений. Аналогичное поведение демонстрируют и расчетные данные по модифицированной модели FRITIOF [4–7].

Литература:

1. Kh. K. Olimov, K. Olimov, Sh. Z. Kanokova *et al.*, Intern. Journ. of Modern Physics V.27, №11, 1850092 (12 pages), 2018.
2. Kh. K. Olimov, K. Olimov, Sh.D. Tojimatov *et al.*, Ukr. J. Phys. Vol. 64, № 2, PP. 93–99, (2019).
3. K. Olimov, Kh. K. Olimov, A.K. Olimov *et al.*, *Fundamentalis scientiam* 2018, №18, V. 1, pp.35-39 (Madrid, Spain).
4. B. Gankhuyag, V.V. Uzhinskii. JINR Preprint No. P2-96-419 (Dubna, 1996).
5. A.S. Galoyan, G.L. Melkumov, V.V. Uzhinskii. *Phys. Atom. Nucl.* 65, 1722 (2002).
6. A.I. Bondarenko *et al.* *Phys. Atom. Nucl.* 65, 90 (2002).
7. A.S. Galoyan *et al.* *Phys. Atom. Nucl.* 66, 836 (2003).

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МКП-ДЕТЕКТОРА

Азнабаев Д.^{1,2}, Смирнов В.И.¹, Пенионжкевич Ю.Э.¹, Исатов А.^{1,2}, Мендибаев К.^{1,2}, Исатаев Т.^{1,2}

¹ОИЯИ, ЛЯР им. Г.Н.Флерова, Дубна, Российская Федерация,

²РГП ИЯФ, Алматы, Республика Казахстан

Эксперименты на пучках радиоактивных изотопов – направление ядерной физики, которое в настоящее время весьма интенсивно развивается. Использование таких пучков для современных ядерно-физических исследований выделяется некоторыми проблемами, как получение самих пучков необходимой интенсивности, ускорение их до требуемой энергии и регистрация продуктов ядерных реакций. Задача регистрации и дальнейшего изучения полученных результатов, в силу сложности экспериментов подобного уровня предъявляет особые требования к характеристикам используемой регистрирующей аппаратуры. В этих условиях одним из наиболее эффективно используемых методов определения энергии частицы является времяпролетный метод, в котором определение энергии осуществляется путем измерения времени пролета частицей заданного расстояния.

Важным элементом времяпролетной методики является стартовый детектор, который должен обладать высоким временным разрешением, минимальными тормозными потерями при регистрации тяжелых продуктов реакций, низкой чувствительностью к фону легких частиц и стойкостью к радиационным повреждениям. В качестве стартового детектора в нашей работе был выбран МКП-детектор (детектор на основе микроканальных пластин). В качестве первичных тестовых результатов на данной установке было получено временное разрешение.

Результаты подобных исследований имеют практическое значение для современных ядерно-физических измерений. В частности, возможно использование приведенного в работе электронного оборудования как части системы сбора данных ядерно-физической установки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Искаков Б.А.^{1,2}, Аргынова А.Х.¹, Аргынова К.А.¹, Бейсенова А.¹, Застрожнова Н.Н.¹, Пискаль В.В.³, Салихов Н.М.⁴, Тастанова К.², Таутаев Е.М.^{1,2}, Хабаргельдина М.²

¹Сатпаев Университет, ТОО «Физико-технический институт», Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Физический институт академии наук России им. П.Н. Лебедева, Москва, Россия

⁴Институт ионосферы, Алматы, Казахстан

Исследование радиационной эрозии началось в 50-70-х годах прошлого века. Сравнительно быстро было показано, что удаление атомов и молекул с поверхности при облучении слаботочными пучками ускоренных ионов с энергиями 10^2 - 10^4 эВ происходит в результате парных столкновений быстрых частиц с атомами вещества, т.е. так называемого столкновительного распыления.

Мюоны космических лучей тоже являются высокоэнергетическими заряженными частицами и следовательно есть вероятность, что они тоже могут разрушить структуру твердых тел при попадании. Именно это свойство мюонов привело на мысль, что их можно использовать для прогноза и мониторинга землетрясений в сейсмически активных зонах. Мюоны попадаю в земную кору зарождает ШАЛ и потоки разных частиц при взаимодействии с атомами определенных пород могут разрушит их структуру и в результате это разрушение (трещины) сопровождается акустическими эффектами.

Для поиска возможных корреляций между широкими атмосферными ливнями и сигналом упругих колебаний из глубины земной коры создана специальная система акустических детекторов (чувствительных микрофонов), предназначенных для совместной синхронной работы с ливневой установкой. Всю установку энергией обеспечивает две панели солнечных батарей расположенный на крыше помещения. Предварительный анализ данных приведен на рисунке 1.

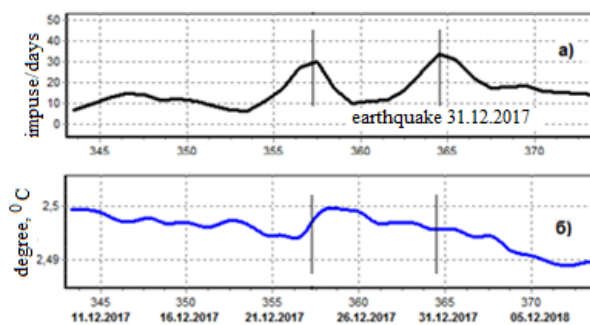


Рисунок 1 - Сравнение записей данных об акустических разрывах (а) и изменениях температуры (б), зарегистрированных за день до, во время и после землетрясения 30.12.2017

На рисунке 1 показана одновременная регистрация акустических импульсов и колебаний температуры в скважине. Микрофон зарегистрировал два акустических перерыва с максимумом за день до землетрясения (23 декабря) и 30-31 декабря (во время и после, соответственно). Как видно из рисунка 1, эти разрывы происходят одновременно с небольшим повышением температуры в скважине (рис. 1б). Таким образом, было доказано, что с помощью мюонов космических лучей можно предсказать землетрясение.

Литература:

1. Shepetov A.L., T.Kh. Sadykov, V.V. Zhukov and etc., Seismic signal registration with an acoustic detector at the Tian Shan Mountain Station, Series of geology and technical sciences, 2018. V.3 N.429, P. 47-56.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ГИБРИДНОГО ИОНИЗАЦИОННОГО КАЛОРИМЕТРА

Садыков Т.Х.^{1,2}, Аргынова А.Х.¹, Аргынова К.А.¹, Бейсенова А.Д.¹, Застрожнова Н.Н.¹, Искаков Б.А.^{1,2}, Пискаль В.В.³, Рябов В.А.³, Садыков Ж.Т.⁴, Тастанова К.², Таутаев Е.М.^{1,2}, Хабаргельдина М.²

¹Сатпаев Университет, ТОО «Физико-технический институт», Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Физический институт академии наук России им. П.Н. Лебедева, Москва, Россия

⁴Рыбинский авиационно-технический университет, Рыбинск, Россия

E-mail: turlan43@mail.ru; argali7@mail.ru; zastrozhnova_n@sci.kz; leodel@mail.ru

В настоящее время в космических лучах при энергиях выше 10^{15} эВ наблюдается определенное число явлений в основном в области ствола (центра) широкого атмосферного ливня (ШАЛ), не укладывающихся в рамки традиционных представлений о ядерно-каскадном процессе в атмосфере. Исследования, проводимые по ускорительным данным, не дают серьезных отклонений от принятой Стандартной модели сильных взаимодействий [1].

Если учесть, что область ствола радиусом до 10 метров на расстоянии 20 – 30 км от точки первого взаимодействия частицы, породившей ШАЛ, относится к практически недоступной на ускорителях области псевдобыстрот ($\eta \sim 12$), то исследование ствола является хорошим дополнением к ускорительным экспериментам. Возможно также, что в потоке космических лучей при энергии выше 10^{15} эВ могут присутствовать необычные частицы, которые являются первопричиной наблюдаемых аномальных явлений в экспериментах с космическим излучением и которые из-за своих свойств не наблюдаются в экспериментах на ускорителях. Установка «Адрон-55» нацелена на решение ряда астрофизических и ядерно-физических задач, заключающихся в исследовании взаимодействий высокоэнергичных адронов в центральной части стволов ШАЛ и поиск источников космических лучей высоких энергий.

Гибридный ионизационный калориметр «Адрон-55», расположенный на высоте 3340 метров над уровнем моря входит в состав единой системы регистрации ливневой установки Тянь-Шаньской высокогорной станции.

Установка «Адрон-55» представляет собой 2-х-ярусный ионизационный калориметр, состоящий из ливневой системы, гамма-блока и расположенного под ним адронного блока с вертикальным воздушным зазором 2,2 м. Калориметр состоит из 6 слоев ионизационных камер по 144 камеры в каждом слое и пространственным

разрешением структуры ШАЛ равным 11 см. Общая площадь калориметра 55 м² толщиной поглотителя 1150 г/см². Калориметр также содержит гелиевые счетчики для регистрации нейтронной компоненты.

Центральная ливневая система калориметра содержит 30 сцинтилляционных детекторов с площадью 400 м² и 8 периферийных Сц-детекторов на расстоянии до 100 м. Общая площадь всей системы регистрации составляет ~ 30000 м².

За 4 года работы зарегистрировано более 120000 событий с энергией выше 10¹⁵ эВ. В настоящее время проводится обработка и анализ полученного материала. Большой накопленный статистический материал позволил нам наряду со стандартной обработкой, т.е. изучением энергетических спектров, коэффициентов неупругости, ядерных пробегов взаимодействия и т.д., проводить индивидуальный анализ зарегистрированных взаимодействий путем сопоставления прохождения лавин из уровня в уровень начиная из гамма-блока, первый уровень в уровни адронного блока. Такой подход к изучению ядерных взаимодействий существенно отличается от принятого в ускорительных работах инклюзивного способа, где фиксируются все взаимодействия и выделяется лишь одна реакция. В последние годы тщательное исследование отдельных событий - эвентуальный подход получил широкое распространение в космических лучах в связи с уникальностью необычных свойств анализируемых взаимодействий.

Литература:

1 Luis A. Anchordoqui, De Chang Dai, Haim Goldberg, «Searching for the Layered Structure of Space at the LHC», ANL-HEP-PR-10-53, NUHEP-TH/10-23, arXiv:1012.1870v2 [hep-ph] 2 Jun 2011.

2 Argynova A.Kh., Kochelev N.I., Kvochkina T.N., Loktionov A.A., Sadykov T.Kh., Zastrozhnova N.N., Tautayev Y.M., Tokmoldin S.Zh. // Proton and light ion interactions in cosmic ray experiment “stratosphere” in the comparison with the recent collider results. // The 34th International Cosmic Ray Conference, The Hague, The Netherlands. – 2015. – Vol. 236. <https://pos.sissa.it/236/244>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ЭМИССИИ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОНОВ ³He С ЯДРАМИ ²⁷Al, ⁵⁹Co, ¹¹²Sn ПРИ ЭНЕРГИИ 50 МэВ

Усабаева Г.¹, Жолдыбаев Т.К.^{1,2}, Садыков Б.М.²

¹ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

² Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Данная работа является продолжением цикла работ по исследованию инклюзивных сечений реакций, инициированных ионами ³He на ядрах – кандидатах на конструкционные элементы проектируемых атомных электростанций. Развитие нового поколения ядерных энергетических систем с высоким уровнем безопасности (Accelerator Driven System - ADS), состоя из протонного акселератора, нейтронной производственной задачи и sub критического реактора, развернулось во многих странах. Согласно физическому сценарию работы ADS, высокоэнергетические протоны, проходя через мишень, производят не только нейтронный поток, но также и более сложные нуклиды, такие как ^{2,3}H, ^{3,4}He и т.д., которые инициируют реакции с эмиссией вторичных нейтронов. Особенный интерес представляет измерение инклюзивных спектров реакций, вызванных ионами ³He. Экспериментальная информация по такого рода реакциям чрезвычайно недостаточна.

Цель настоящей работы состоит в исследовании инклюзивных спектров легких заряженных частиц, испускаемых при взаимодействии ³He с ядрами ²⁷Al, ⁵⁹Co, ¹¹²Sn при E_{3He}=50 MeV в угловом диапазоне 30÷135⁰ с шагом 15⁰, измеренных на изохронном циклотроне U-150М Института Ядерной Физики. Анализ экспериментальных сечений реакций выполнен в соответствии с экситонной моделью предравновесного распада ядер, которая описывает эмиссию частиц вплоть до составного ядра. Дополнительные компоненты, вычисленные полуэмпирически, чтобы определить вклады прямых реакции передач и выбивания нуклонов, включая кластерные степени свободы.

При высокой энергии возбуждения составного ядра эмиссия второй частицы из композитной системы в течении предравновесной фазы процесса, образованной после вылета первичного нуклона, может давать заметный вклад в полный инклюзивный спектр. В основном такой механизм рассматривается в случае вылетающих нуклонов, а для сложных частиц сечения таких реакций малы. Определению роли механизма вторичной эмиссии для исследуемых реакций посвящена данная работа.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗОТОПОВ ГЕЛИЯ С ЯДРАМИ ${}^9\text{Be}$

Буртебаев Н.^{1,2}, Сакута С.Б.³, Галанина Л.И.⁴, Глуценко Н.В.^{1,2}, Буртебаева Д.Т.¹,
Насурлла Маулен^{1,2}, Ходжаев Р.^{1,2}

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

⁴Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва, Россия

Ядро ${}^9\text{Be}$ - одно из самых известных экзотических ядер. Его свойства - спектроскопия, форм-факторы рассеяния электронов, матричные элементы электромагнитных переходов и β -распадов хорошо изучены экспериментально [1]. Это дает возможность теоретикам тестировать на нем различные модели ядра и нейтронной периферии. Особый интерес представляет то, что в ${}^9\text{Be}$ присутствуют инвертированные по четности уровни. В литературе имеются ряд обзоров моделей ${}^9\text{Be}$ в макроскопическом и в микроскопическом подходе. Наиболее адекватно структуру этого ядра описывают мультикластерные модели. Например, расчеты волновых функций (ВФ) ядра ${}^9\text{Be}$ в трехчастичной $\alpha+\alpha+N$ -модели сделаны в [2]. Были исследованы геометрические формы ядра, найдены статические наблюдаемые, электромагнитные формфакторы, энергетические спектры и опубликованы коэффициенты разложения ВФ ${}^9\text{Be}$ по гауссовому базису, что дает возможность практического использования этих ВФ.

Однако наряду с трехчастичной конфигурацией, в ВФ ядра ${}^9\text{Be}$ присутствуют 2-хчастичные: $n+{}^8\text{Be}$, $\alpha+{}^5\text{He}$, ${}^3\text{He}+{}^3\text{He}$ и пр. Экспериментально трехчастичная структура ${}^9\text{Be}$ проявляет себя в реакциях развала и в бинарных реакциях с адронами (протонами, мезонами) при энергиях взаимодействия порядка 100 МэВ/нуклон при использовании для анализа модели Глаубера [3].

Двухчастичная кластерная структура ${}^9\text{Be}$ может быть экспериментально обнаружена при анализе ядерных реакций со сложными частицами при энергии порядка 10 МэВ/нуклон в рамках прямых ядерных реакций. В таких реакциях в ядро вносится относительно малый переданный импульс, и результат существенно зависит от структуры участвующих в реакции ядер.

В настоящей работе обсуждаются результаты эксперимента по измерению дифференциальных сечения упругого и неупругого рассеяния ионов гелия ${}^{3,4}\text{He}$, а также реакции (${}^{3,4}\text{He}$, α) на ядре ${}^9\text{Be}$. Эксперимент выполнен при энергиях порядка 50 МэВ в широком интервале углов вылета конечной частицы 30–160° (лаб.) на выведенном пучке РГП ИЯФ, г. Алматы. Анализ экспериментальных данных выполнен в рамках моделей прямых ядерных реакций по методу связанных каналов (МСК). При этом учитываются различные модели связи каналов, в том числе возбуждение мишени за счет кластерной структуры и механизм обмена кластером. Это дало возможность оценить вклад различных двухчастичных компонент в кластерную ВФ ${}^9\text{Be}$. Для проведения расчетов использовался программный код FRESCO [4].

Литература:

1. F. Ajzenberg-Selove, *Nucl. Phys. A* 490, 1 (1988).
2. В. Т. Ворончев, В. И. Кукулин, В. Н. Померанцев *и др.*, ЯФ 57, 1964 (1994); V. T. Voronchev, V. I. Kukulin, V. N. Pomerantsev *et al.*, // *Few-Body Syst.* 18, 191 (1995).
3. Е. Т. Ибраева, М. А. Жусупов, А. Ю. Зайкин, Ш. Ш. Сагиндыков // Трехчастичная структура изобар с $A = 9$: Be, Li, C, и упругое рассеяние протонов 2009 г. Ядерная физика, 2009, том 72, № 10, с. 1777-1790.
4. Thompson I.J., *Comput. Phys. Rep.* 7 (1988) 167, available at: <http://www.fresco.org.uk/>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ИОНОВ ^{14}N НА ЯДРАХ ^{10}B
ПРИ 24.5 – 93.6 МэВ

Алимов Д.К.¹, Буртебаев Н.¹, Бозтосун И.², Керимкулов Ж.К.¹, Амangelді Н.³, Мухамеджанов Е.^{1,4},
Жансейтов Д.¹, Нассурлла М.¹, Курахмедов А.³, Ходжаев Р.^{1,4}, Сабидолда А.¹

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Университет Акдениз, Факультет Физики, Анталья, Турция

³ЕНУ имени Л.Н. Гумелева, Нур-Султан, Казахстан

⁴КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Эксперименты на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60 по ядерной физике ориентированы, прежде всего, на получение недостающей информации о межъядерных потенциалах взаимодействия, с вкладом процесса упругой передачи в области задних углов. В этом работе были измерены угловые распределения упругого рассеяния $^{10}\text{B}(^{14}\text{N}, ^{14}\text{N})^{10}\text{B}$ при энергии пучка $E_{\text{лаб}} = 24,5$ МэВ в диапазоне углов 30° - 165° в системе центров масс на циклотроне ДЦ-60 Института ядерной физики (Астана, Казахстан). В эксперименте в качестве мишеней использовались самоподдерживающиеся пленки ^{10}B с толщиной 30-40 мкг/см². Измерения проводились с использованием ΔE - E методики регистрации и идентификации продуктов ядерных реакций. Толщины кремниевых детекторов составляли 10 мкм (ΔE - детектор) и 200 мкм (E - детектор). Ток пучка варьировался в пределах 1 – 100 нА, в зависимости от угла рассеяния и загрузки электронной аппаратуры. Все измерения проводились на измерительно-вычислительном комплексе лаборатории, основой которого служит система многомерного анализа процессов на базе электронных блоков ORTEC и PC/AT [1].

Анализ угловых распределений совместно с литературными данными проводился в рамках оптической модели и метода искаженных волн с использованием программы FRESKO. Найдены оптимальные значения потенциальных параметров. В качестве исходных, были взяты параметры потенциала, предложенные в работе [2]. Для уменьшения неоднозначности мы старались не уходить далеко от рекомендованных значений геометрических параметров (r_V, a_V) реального потенциала.

Оценка вклада передачи α -частицы в упругое рассеяние не na ядерных системах $^{10}\text{B}+^{14}\text{N}$ и $^{11}\text{B}+^{15}\text{N}$ было исследовано в работах [3,4] при энергиях выше кулоновского барьера. И было показано, что подъем сечения под большими углами в основном определяется вкладом механизма упругой передачи α -частицы. В настоящей работе было показано, что вклад этого механизма в процесс упругого рассеяния $^{10}\text{B}+^{14}\text{N}$ при энергии ниже кулоновского барьера – $E=1.75$ МэВ на нуклон является также определяющим.

Литература:

1. Буртебаев Н.Т., Виноградов А.А., Вонгай А.Д., Дуйсебаев А.Д., Курашов А.А., Мазуров И.Б., Парамонов В.В., Прокофьев С.И., Сакута С.Б., Санычев В.И., Сытин Н.П., Чесалов А.А., Чуев В.И. Система многомерного анализа для исследования ядерных реакций на циклотроне ИЯФ АН КазССР // Известия АН КазССР, Серия физико-математическая. – 1975. – №2. – С.65-68.2.
2. T. Motobayashi, I. Kohno, T. Ooi, and S. Nakajima, Nucl. Phys. A331, 193 (1979)..
3. H. Takai, K. Koide. A. Bairrio Nuevo, Jr. o. Dietzsch α -transfer contribution to $^{10}\text{B}+^{14}\text{N}$ elastic scattering // Phys. Rev. C 38, 741 (1988)
4. N. Burtebayev, N. Amangeldi, D. Alimov, Zh. Kerimkulov, B. Maueyey, M. Nassurlla, Ye. Kok, S.B. Sakuta, S.V. Artemov, A.A. Karakhodjaev, K. Rusek, E. Piasecki, A. Trzcinska, M. Wolinska-Cichocka, I. Bostosun, M. Karakoc, Sh. Hamada, S.Yu. Torilov, B. Zalewski, J.M. Mussaev Scattering of ^{15}N ions by $^{10,11}\text{B}$ nuclei at the energy of 43 MeV. // Acta Physica Polonica B. -2018.- V.1.-P.99-108.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЙЯНИЯ ДЕЙТРОНОВ НА ЯДРАХ ${}^9\text{Be}$
ПРИ ЭНЕРГИИ $E_{d\text{ lab}} = 14,5$ МэВ

Буртебаев Н.¹, Керимкулов Ж.К.^{1,2}, Джансейтов Д.К.^{1,3}, Демьянова А.С.⁴, Галанина Л.И.⁵, Алимов Д.К.^{1,2},
Мухамеджанов Е.С.^{1,6}, Амангелди Н.,² Насурлла М.^{1,6}, Талпакова К.^{1,2}, Ходжаев Р.^{1,6}, Сабидолда А.¹

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

³Объединенный институт ядерной физики, Дубна, Россия

⁴Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

⁵НИИЯФ МГУ, Москва, Россия

⁶КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

На циклотроне У150-М (Алматы, Казахстан) измерены дифференциальные сечения упругого и неупругого рассеяния дейтронов на ядрах ${}^9\text{Be}$ при энергии $E_{d\text{ lab}} = 14,5$ МэВ и в угловом диапазоне 10° - 100° (система центра масс). Уровни измеренных возбужденных состояний ядра ${}^9\text{Be}$: $1/2^+$ ($E_x=1,68$ МэВ), $5/2^-$ ($E_x=2,43$ МэВ). Погрешность полученных данных не превышает 10%.

Уровни основной полосы $3/2^-$ (основное состояние) и $5/2^-$ ($E_x=2,43$ МэВ) проанализированы в рамках ротационной модели метода связанных каналов с использованием компьютерного кода FRESKO [1]. В качестве стартовых брались глобальные оптические потенциалы из работы [2]. При этом в процессе подгонки менялись только глубины реальной и мнимой частей потенциала и лишь небольшая коррекция была сделана для радиусов и диффузностей. Уровень положительной четности $3/2^+$ (нейтронное гало) анализировался с использованием модифицированной дифракционной модели (МДМ) [3]. Получены оптимальные значения оптических потенциалов, параметров деформации и радиусов (МДМ).

Литература:

1. I.J. Thompson // Comput.Phys.Rep. 1988. V.7. P.167.
2. Naixia An and Chonghai Cai. Global deuteron optical model potential for the energy range up to 183 MeV // Phys. Rev. C. -2006. - Vol.73. - P. 054605.1-9.
3. Ogloblin A.A. et.al // Nucl. Phys. A. 2010. V. 834. P.143.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ НА
УСТАНОВКЕ ALMARAC

Таутаев Е.М.^{1,2}, Аргынова А.Х.¹, Аргынова К.А.¹, Бейсенова А.¹, Застрожнова Н.Н.¹, Пискаль В.В.⁴,
Садыков Ж.Т.⁵, Салихов Н.М.³, Тастанова К.², Искаков Б.А.^{1,2}, Хабаргельдина М.²

¹Сатпаев Университет, ТОО «Физико-технический институт», Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³ДТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан

⁴Физический институт академии наук России им. П.Н. Лебедева, Москва, Россия

⁵Рыбинский авиационно-технический университет, Рыбинск, Россия

Сатпаев Университет, ТОО «Физико-технический институт», Лаборатория физики космических лучей,
Казахстан, Алматы, tautaev@mail.ru.

На высокогорной станции космических лучей на высоте 3340 метров над уровнем моря в 2018 году была проведена модернизация работ по регистрации радиоизлучения от широких атмосферных ливней на установке Almarac. На сегодняшний день были установлены 4 радиоантенны в направлении север, юг, запад, восток на расстоянии 30 метров от центра регистрации. Каждая антенная станция имеет две перпендикулярные антенны, что позволяет восстанавливать поляризацию электромагнитной волны. Такой тип антенны, разработанный немецким инженером Оливером Крёмером, обладает двумя основными преимуществами: во-первых, эти антенны недороги и просты в изготовлении, во-вторых, их диаграмма направленности мало зависит от подстилающей поверхности. [1]

Антенны в нижней части замкнуты на нагрузку, а в верхней подключены через согласующий трансформатор импеданса к широкополосному предусилителю LNA (Low Noise Amplifier - усилитель с коэффициентом передачи 24 дБ, разработанный на базе микросхемы MGA-62563). Далее сигнал проходит по 41 метровому кабелю RG213 в центр кластера установки Almarac на фильтр-усилитель. Усиленный фильтром-усилителем сигнал подается на вход платы АЦП системы сбора данных установки Almarac, где оцифровывается с частотой дискретизации 200 МГц и разрешением 12 бит.

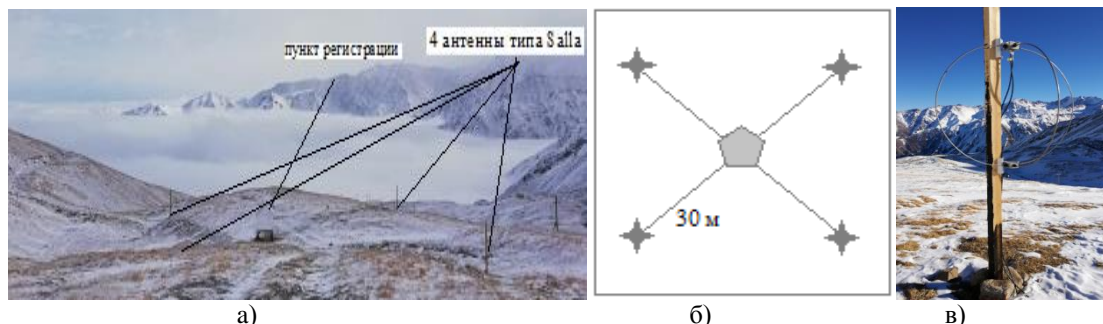


Рисунок 1 – а) расположение антенн, б) схематическое расположение антенн на расстоянии 30м от пункта регистрации, в) радиоантенна SALLA

Регистрация проводится в диапазоне частот 30-80 МГц. В результате предварительного эксперимента отбирались некоторые кандидаты события, которые демонстрируют наличие заметного импульса радиосигнала вблизи ближайшего времени прибытия ШАЛ 1 - 3 мкс. Особенности распределения плотности частиц в этих событиях позволяют утверждать, что большинство из них имеют довольно высокую первичную энергию $E_0 > (2 - 5) 10^{16}$ эВ и близкое расположение центра ливня к радио антенне, поэтому время совпадения наблюдаемого радиоимпульса с временем прибытия фронта ливня в этих событиях не может быть полностью случайным. Следовательно, система радио-антенны установленной на Тянь-Шане вместе с разработанным программным комплексом для регистрации сигнала действительно обеспечивает эффективный выбор радиоизлучения от частиц ШАЛ.

Литература:

1. Kroemer O. New Antenna for Radio Detection of UHECR / O. Kroemer // Proceedings of the 31st ICRC. - 2009. - p. 25.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ (p,xp) НА ЯДРЕ ^{58}Ni ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ 30 МэВ

Жолдыбаев Т.К.^{1,2}, Садыков Б. М.¹, Насурлла М.^{1,2}, Мукан Ж.^{1,3}, Дуйсебаев Б. А.¹, Жумадилов И.²

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан;

²Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

В середине прошлого века была выдвинута идея создания ядерной энергетической системы, реализованной на сегодняшний день как ускорительная система (АДС), состоящая из протонного ускорителя (дейтронов), нейтронных мишеней и подкритического реактора (бланкета) [1]. Помимо получения энергии, система позволяет осуществлять трансмутацию долгоживущих радиоактивных отходов атомной промышленности [1]. Согласно физическому сценарию работы АДС, высокоэнергетические протоны при прохождении целевой сборки генерируют не только нейтронный поток, но и спектр более сложных нуклидов водорода и гелия, которые выступают в качестве иницилирующих реагентов с эмиссией вторичных нейтронов. Диапазон состава нуклонов и энергий возбуждения в системе АДС значительно шире, чем в традиционных реакторах. Необходимы новые дополнительные данные о ядерных реакциях с нуклидами водорода и гелия, происходящих в мишени, тепловыделяющих сборках и конструкционных материалах [2].

На изохронном циклотроне У-150М Института ядерной физики измерены дважды дифференциальные сечения реакции (p,xp) на ядре ^{58}Ni при $E_p=30$ МэВ. Сечения для ядерных реакций $^{58}\text{Ni}(p,xp)$ были получены в диапазоне углов от 30° до 135° с помощью спектрометрического телескопа, состоящего из тонкого пролетного

кремниевое детектора толщиной 100 мкм и детектора полного поглощения (сцинтиллятор CsI(Tl) толщиной 2,5 см.

Экспериментальные данные проанализированы в рамках двухкомпонентной экситонной модели предравновесного распада [3,4] и микроскопической теории многоступенчатого прямого и многоступенчатого сложных процессов [5]. Удовлетворительное теоретическое описание дважды дифференциальное и интегральное сечения исследуемой реакции на ядре ^{58}Ni была достигнута. Установлен вклад равновесного, предравновесного и прямого механизмов в формирование спектров вылетающих частиц.

Литература:

1. A.S. Gerasimov, G.V. Kiselev // PEPAN. 2001. V.32, is.1. P.143.
2. Ignatyuk A.V., Nikolaev M.N., Fursov V.I. // Atomic Energy. – 2014. – V. 116. – P.209.
3. Griffin J. J. // Phys. Rev. Lett. 1966. №9. P.478.
4. Kalbach C. PRECO-2006: Exiton model preequilibrium nuclear reaction code with direct reaction. Durham NC 27708-0308, 2007.
5. M. Herman, G. Reffo, H.A. Weidenmüller EMPIRE - statistical model code for nuclear reaction calculations (version 2.13 Trieste) // IAEA, 2000.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ (d, t) НА ЯДРАХ ^{11}B ПРИ ЭНЕРГИИ 14,5 МэВ

*Насурлла Маулен^{1,2}, Буртебаев Н.^{1,2}, Сакута С.Б.³, Керимкулов Ж.К.¹, Буртебаева Д.Т.¹, Алимов Д.К.¹,
Мухамеджанов Е.С.^{1,2}, Насурлла Маржан¹, Сабидолда А.¹, Ходжаев Р.^{1,2}*

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

На циклотроне РГП ИЯФ исследована реакция (d, t) на ядрах ^{11}B при энергии пучка 14,5 МэВ. Дифференциальные сечения для переходов в состояния ^{10}B ($E_x = 0$ МэВ (3^+), 0,718 МэВ (1^+), 1,74 МэВ (0^+) и 2,15 МэВ (1^+)) были измерены в широком диапазоне углов вплоть до 165° в системе центра масс. Полная погрешность измеренных сечений не превышала 10% для малых и средних углов, а на больших углах она была не более 30%. Характерной особенностью экспериментальных угловых распределений является наличие выраженного подъема сечений под большими углами. Ранее реакция $^{11}\text{B}(d, t)$ исследовалась при энергиях 11,8 МэВ [1] и 18 МэВ [2]. Однако эти исследования проводились в более ограниченном диапазоне углов.

В работе [1] измеренные сечения для четырех нижних состояний ядра ^{10}B описывались методом искаженных волн. Удовлетворительное согласие расчётных сечений с экспериментальными данными достигалось лишь при спектроскопических факторах значительно меньших их теоретических значений. В настоящей работе анализ проводился методом связанных каналов реакций с использованием программы FRESCO [3]. В расчетах учитывался прямой механизм подхвата нейтрона (d, t) и обменный механизм с передачей тяжелого кластера ^8Be $^{11}\text{B}(d, ^{10}\text{B})t$. Все расчеты проводились с оптическими потенциалами, взятыми из работ [1, 4]. Наблюдаемый подъем сечений под обратными углами удастся воспроизвести только с учетом обмена тяжелым кластером. При этом спектроскопические факторы, использованные в расчетах, находятся в удовлетворительном согласии с их теоретическими значениями.

Литература:

1. Fitz W., Jahr R. and Santo R. Scattering and pick-up reactions with deuterons on Be, B, C, N and O at 11.8 MeV // Nucl. Phys. A101 (1967) 449-459.
2. Гуламов И.Р., Исханов Т., Мухамеджанов А.М., Каюмов Ш., Караходжаев А.А., Ни Г.К., Романовский Е.А., Валиев Г.С. Анализ реакции (d, t) на ядрах ^7Li , ^{11}B , ^{14}N при $E_d = 18$ МэВ // Тезисы докладов XXXVII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Юрмала, 1987, С. 344–344.
3. Thompson I.J., Comput. Phys. Rep. 7 (1988) 167, available at: <http://www.fresco.org.uk/>.
4. Burtebayev N., Burtebayeva J., Baktybayev M., Kerimkulov Zh., Mukhamejanov Y., Alimov D., Nassurlla M., Yegemberdiyeva M. Study of elastic scattering of deuterons from ^{11}B nuclei // Book of abstracts Modern Problems of Nuclear and Elementary particle Physics, The 9th APCTP – BLTP JINR Joint Workshop. – Almaty, Kazakhstan, June 27 – July 4 2015. P.21.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА p - ^{12}C ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Зазулин Д.М.^{1,2}, Буртебаев Н.^{1,2}, Петерсон Р.Ж.³, Артемов С.В.⁴, Игамов С.⁴, Керимкулов Ж.К.¹, Алимов Д.К.¹, Мухамеджанов Е.С.^{1,2}, Насурлла Маржан¹, Насурлла Маулен^{1,2}, Сабидолда А.¹, Ходжаев Р.^{1,2}

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Университет Колорадо, Болдер, Колорадо, США

⁴Институт ядерной физики, Ташкент, Узбекистан

Представлены результаты новых измерений дифференциальных сечений реакции $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ радиационного захвата на основное состояние ^{13}N для угла 0° и при энергиях налетающих протонов от 1088 до 1390 кэВ (точность около 12%). На основе полученных дифференциальных сечений и в предположении об изотропном характере угловых распределений в данной области энергий с точностью около 16% определены астрофизические S – факторы реакции $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ для перехода на основное состояние ^{13}N . В пределах погрешностей экспериментальные результаты настоящей работы согласуются с данными более ранних работ [1]. С использованием модифицированного R – матричного метода проведен анализ экспериментальных данных по астрофизическому S – фактору. В целях минимизации вычислительной неопределенности, связанной с прямым захватом протона ядром ^{12}C для самых низких энергий, при анализе использовалось значение измеренного ранее асимптотического нормировочного коэффициента интеграла перекрытия волновых функций связанных состояний ядер ^{12}C и ^{13}N [1]. Для энергий $E = 0,25$ и 50 кэВ в системе центра масс приведены вычисленные значения S – фактора реакции $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ для перехода на основное состояние ^{13}N . В области температур от 0 до 10^{10} К получены скорости термоядерной реакции $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$. Результаты расчетов настоящей работы сравниваются с экспериментальными и расчетными данными предыдущих работ.

Литература:

1. Burtebaev N., Igamov S.B., Peterson R.J., Yarmukhamedov R. and Zazulin D.M. (2008) New measurements of the astrophysical S factor for $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ reaction at low energies and the asymptotic normalization coefficient (nuclear vertex constant) for the $p+^{12}\text{C}\rightarrow^{13}\text{N}$ reaction, Phys Rev C,78: 035802. DOI: 10.1103/PhysRevC.78.035802.

ОБРАЗОВАНИЕ π^- -МЕЗОНОВ В СОУДАРЕНИЯХ НУКЛОНОВ И ЛЕГКИХ ЯДЕР(d,α,C) С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4.2 ГэВ/с НА НУКЛОН

Юлдашев Б.С.¹, Олимов К.², Бозоров Э.Х.^{1,3}, Олимов Х.К.², Каршиев Д.А.^{3,4}, Тожсимамаатов Ш.Д.^{1,3}, Алибаев А.Г.³

¹Институт ядерной физики АН РУз

²Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Ташкент

³Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

⁴Ташкентский педиатрический медицинский институт

boz.er@inp.uz

Представлены новые экспериментальные данные по характеристикам π^- -мезонов, образовавшихся во взаимодействиях нуклонов и легких ядер (d,α,C) с ядрами углерода при импульсе 4.2 ГэВ/с на нуклон. Показано, что рост средних значений полного импульса, продольной быстроты и уменьшение углов вылета π^- -мезонов связаны с убыванием вклада относительной доли пионов, образовавшихся в повторных соударениях нуклонов ядра-снаряда с нуклонами ядра-мишени.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРА УСИЛЕНИЯ И ПОТЕНЦИЛА ЭЛЕКТРОННОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ В РЕАКЦИИ ${}^2\text{H}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЙТЕРИРОВАННЫХ ТИТАНОВЫХ МИШЕНЕЙ

Быстрицкий В.М. ¹⁾, Дудкин Г.Н. ²⁾, Чумаков Д.К. ²⁾, Филипович М. ³⁾, Филиппов А.В. ¹⁾, Нечаев Б.А. ²⁾, Нуркин А. ²⁾, Падалко В.Н. ²⁾, Пеньков Ф.М. ⁴⁾, Тулеушев Ю.Ж. ⁴⁾, Варлачев В.А. ²⁾, Жаканбаев Е.А. ⁴⁾

¹⁾ Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

²⁾ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

³⁾ Университет Науки и Технологий, г. Краков, Польша

⁴⁾ Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Изучение реакций синтеза легких ядер в диапазоне низких энергий столкновения представляет большой интерес как в области ядерной физики, так и астрофизики. В физике малонуклонных систем исследование данных реакций позволяет осуществить прямую проверку фундаментальных симметрий сильных взаимодействий, в частности, зарядовой симметрии. В астрофизике же, изучение реакций синтеза легких элементов может прояснить ряд вопросов, связанных с динамикой звёздной плазмы и первичного нуклеосинтеза [1]. Кроме этого, данные реакции представляют интерес в области техники и технологий термоядерного синтеза [2].

Важную роль в астрофизике играет эффект электронного экранирования ядерной реакции, который был обнаружен в реакциях $\text{D}(\text{d}, \text{p}){}^3\text{H}$, $\text{D}(\text{d}, \text{n}){}^3\text{He}$, исследованных как на газовых, так и на дейтерированных металлических мишенях. Что касается реакций ${}^3\text{He}(\text{d}, \text{p}){}^4\text{He}$, и $\text{D}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$, то исследования их выполнены только на газовых мишенях, при этом полученные потенциалы электронного экранирования почти в 2 раза превышают аналогичные значения, вычисленные в адиабатическом пределе [3].

Для того, чтобы прояснить ситуацию в данном вопросе, нами выполнены исследования реакции ${}^2\text{H}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ с использованием мишеней из дейтерированного титана с кристаллической структурой.

Эксперимент проводился на плазменном импульсном ускорителе холловского типа (г. Томск, ТПУ). В эксперименте энергия ионов ${}^3\text{He}^+$ варьировалась в интервале $E({}^3\text{He}) = 16 - 34$ кэВ с шагом 2 кэВ.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное определение фактора усиления реакции ${}^2\text{H}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ и потенциала электронного экранирования U_e с использованием TiD мишеней. При этом, использовались два типа мишеней с различной кристаллической структурой: каналирующей и экранирующей с индексами Миллера [100] и [111], соответственно. Мишени располагались на подложке из нержавеющей стали толщиной 50 мкм. Регистрация протонов из реакции ${}^2\text{H}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ ($E_p=14.7$ МэВ) осуществлялась детектором на основе пластического сцинтиллятора BC-404 ($d=15$ мм, толщина 4 мм). Импульсный режим работы ускорителя позволил практически подавить регистрацию фоновых событий за счет измерения уровня фона в интервалах между импульсами ускорителя.

Результаты эксперимента заключаются в следующем.

Измеренные потенциалы экранирования реакции $\text{D}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ почти на порядок выше, чем для газовых мишеней и достигают для условий настоящего эксперимента значений порядка $U_e=1255$ эВ, а их энергетическое поведение, не описывается классической экспоненциальной формулой. Для мишени TiD с кристаллической структурой, характеризуемой индексом Миллера [100], коэффициенты усиления реакции $\text{D}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ выше, чем для мишени с индексом [111], что указывает, в свою очередь, на наличие вклада в выход протонов из реакции $\text{D}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ за счет эффекта каналирования. Непропорциональное увеличение коэффициента усиления реакции $\text{D}({}^3\text{He}, \text{p}){}^4\text{He}$ в области энергий ионов ${}^3\text{He}$ от 22 кэВ до 16 кэВ, вероятно, указывает на влияние низколежащего резонанса в ядре ${}^5\text{Li}$.

Литература:

1. R.H. Cyburt, B.D. Fields, K.A. Olive, Tsun-Han Yeh. // Rev. Mod. Phys. 2016. 88. 015004.
2. P. Navrátil, and S. Quaglioni, // Physical Review Letters. 2012. 108, 042503.
3. M. Aliotta, F. Raiola, G. Gyürky et al. // Nucl. Phys. 2001 A 690 790.

ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОГО ЦИКЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТ ПИТАНИЯ ДО ОЦИФРОВКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Бредихин И.

ООО «Гамматек», Россия, Москва
ivan@gammatech.pro

Обустройство любой экспериментальной установки, модернизация стенда, изготовление нового устройства – всё это требует вдумчивого изучения доступной на рынке инструментальной базы, изучения удачных и неудачных решений, выполненных в других лабораториях и объектах.

Имея за плечами более 40 лет сотрудничества с наиболее значимыми исследовательскими лабораториями по всему миру, CAEN предлагает ассортимент Высоковольтных и Низковольтных источников питания, цифровые и аналоговые модули сбора данных, которые удовлетворит самого искушенного специалиста. Подтверждением многолетнего успеха в изготовлении систем является награда “CMS Crystal Award 2009”, которую CAEN получил за разработку силовых систем для Компактного мюонного соленоида (CMS, часть большого адронного коллайдера).

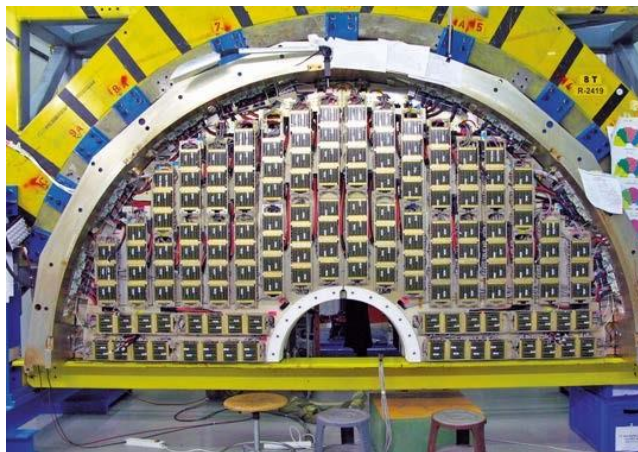


Рисунок А - Электроника для многозазорных камер с резистивными пластинами (Multigap Resistive Plate Chamber, MRPC) на эксперименте ALICE TOF, CERN © 2006-2016

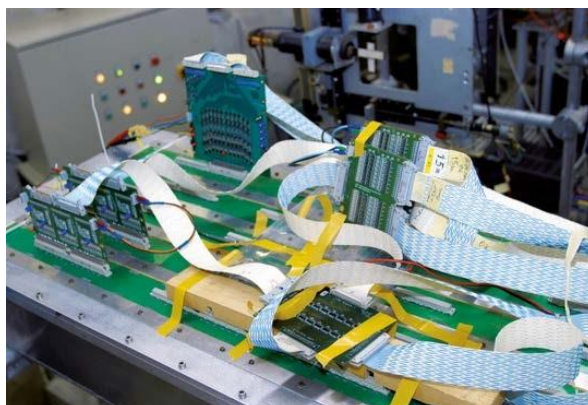


Рисунок В - Оптоволоконные соединения и электроника DEE 4 на электромагнитном калориметре CMS

Деятельность CAEN всегда была на передовой технологий благодаря многолетнему интенсивному сотрудничеству с наиболее важными исследовательскими центрами мира. В рамках доклада будут описаны примеры применения нашей аппаратуры для построения ряда крупнейших экспериментов, среди которых и работы на БАК и исследования на телескопе ALMA и многие другие.

ОСОБЕННОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ЯДЕР

Федосимова А.И.^{1,2}, Абишев М.Е.², Кожамкулов Т.А.², Лебедев И.А.¹

¹Физико-технический институт, Satbaev University, г. Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Для понимания особенностей ядро-ядерного взаимодействия необходима детальная информация о механизме деконфайнмента в кварк-глюонной среде, механизме адронизации, гашении струй в кварк-глюонной плазме, угловых распределениях продуктов ядро-ядерного взаимодействия, особенностей распределения вторичных частиц в различных типах ядро-ядерных взаимодействий.

Одним из методов изучения взаимодействий ядер с ядрами в настоящее время является фотографический способ регистрации, поскольку в нем прослеживаются все процессы, связанные с элементарными взаимодействиями: возможность проводить исследования в условиях полной геометрии, регистрация всех заряженных частиц в каждом индивидуальном акте взаимодействия, возможность селекции событий по параметру удара. При этом необходимо отметить, что с помощью эмульсионной методики удобно проводить систематические исследования столкновений ядер, ибо преимуществом эмульсии являются: высокое пространственное разрешение, неограниченная чувствительность к различным энергетическим потерям, анализируются отдельные события. А одинаковые условия экспериментов и единые критерии отбора позволяют произвести последовательный анализ результатов [1].

Представлены результаты анализа взаимодействий тяжелых ядер золота с ядрами фотоэмульсии. Обнаружено, что в событиях с коллективным образованием вторичных частиц наблюдается существенная часть событий, в которых ливневые вторичные частицы вылетают под малыми углами. Анализируемый набор включал экспериментальные данные взаимодействий 208Pb $158\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ и 197Au $10.7\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ с ядрами фотоэмульсии [2,3]. При этом необходимо отметить, что ядра золота и ядра свинца являются тяжелыми ядрами, примерно одинаковой массы, но существенно отличаются по энергии. Причем ядра золота имеет энергию почти в 15 раз выше, чем ядра свинца.

Для сравнительного исследования коллективного образования вторичных частиц использовался метод Херста. Среднее значение псевдобыстротных распределений вторичных частиц из области взаимодействия в событиях каскадно-испарительного типа (со значениями показателя Херста $h \leq 0.64$) и во взаимодействиях $Pb+Em$ и во взаимодействиях $Au+Em$ имеет гауссоподобное распределение. При этом для событий взрывного типа наблюдается существенное отличие. В $Au+Em$ взаимодействиях распределение по $\langle \eta \rangle$ имеет практически два равнозначных «горба». Во взаимодействиях $Pb+Em$ наблюдается «горб» при малых значениях $\langle \eta \rangle$ существенно больше «горбика» при больших $\langle \eta \rangle$.

Анализ результатов, позволяет сделать вывод о существенном различии развитии динамики множественного процесса при изменении энергии взаимодействия ядер. При этом, данные результаты являются довольно неожиданными и в этой связи очень интересными. Исходя из логических предположений, существенное (более, чем на порядок) увеличение энергии взаимодействия ядер должно приводить к существенному увеличению числа событий взрывного типа вообще и к увеличению числа событий взрывного типа, в которых вторичные частицы рождаются с большими значениями $\langle \eta \rangle$ (малыми значениями углов относительно оси взаимодействия).

Однако относительное число событий взрывного типа практически не изменилось при увеличении энергии более, чем на порядок. Во взаимодействиях $Au+Em$ $10.7\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ наблюдается 64.7% событий взрывного типа. При этом 8.1% событий полного разрушения, в которых отсутствуют фрагменты ядра мишени. А во взаимодействиях $Pb+Em$ $158\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ – 59.7% событий взрывного типа и 8.9% событий полного разрушения. Более того, существенно отличается число событий с большими значениями $\langle \eta \rangle$. Во взаимодействиях $Au+Em$ $10.7\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ 35.6% событий являются событиями взрывного типа с большими значениями $\langle \eta \rangle$. В $Pb+Em$ $158\text{ A}\cdot\text{ГэВ}$ таких событий всего 8.4%.

Литература:

1. Домичев Н.В., Левковский А. А., В.И. Остроумов. Методы идентификации релятивистских ядер космического излучения и параметры фрагментации. // В кн.: Труды ЛПИ, Л. -1973. -N331. -С.126-131.
2. Adamovich M.I. et al. Fragmentation and multifragmentation of 10.7 AGeV gold nuclei // Eur. Phys. J. 1999, A5, p.429-440.
3. Adamovich 1999. – Vol. 6, N 4. – P. M.I. et al. Angular distributions of light projectile fragments in deep inelastic Pb + Em interactions at 158 A GeV // Eur. Phys. J. A 421-425.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГРАНИЦ ЭФФЕКТА МОДУЛЯЦИИ В УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ РАССЕЯННЫХ АЛЬФА-ЧАСТИЦ ЛЕГКИМИ ЯДРАМИ

Дюсебаева К.С., Дьячков В.В., Ахметжанова М.М., Юшков А.В., Зарипова Ю.А.

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

В настоящее время изучение кластерных конфигураций в легких ядрах является актуальной задачей. Для описания мультикластерных конфигураций был предложен метод разложения угловых распределений дифференциальных сечений упругого дифракционного рассеяния на составляющие моды [1-3], а также были предложены два прямых метода для измерения кластеризации ядер пучками альфа частиц средних энергий [4]. Для существенного влияния составляющих мод на волновую функцию упругого дифракционного рассеяния должно выполняться условие при котором, де-Бройлевская длина волны налетающих частиц не должна превышать или быть по порядку величины размеров кластерных конфигураций внутри ядра. Это в свою очередь накладывает на выбор энергетического диапазона налетающих частиц.

В настоящей работе была выполнена оценка энергетических границ налетающих альфа частиц на ядро $^{12}\text{C}_6$. Методом [1-2], были выполнены подгонки теоретических кривых к экспериментальным угловым распределениям дифференциальных сечений упруго рассеянных альфа частиц на $^{12}\text{C}_6$ с энергиями от 48,7 до 1370 МэВ. Экспериментальные данные угловых распределений были взяты из [5]. В результате анализа свободных параметров, которые определяют вклад соответствующих мультикластерных мод в полную волновую функцию, видно, что с ростом энергии налетающих частиц начинает вносить вклад мода соответствующая коррелированному движению альфа кластеров, а также альфа кластерной конфигурации нуклонов в ядре в общую дифракционную картину рассеяния альфа частиц на $^{12}\text{C}_6$. Начиная с энергии налетающих частиц 104 МэВ альфа кластерная мода начинает вносить основной вклад и преобладать над модой рассеяния на ядре как целом. С дальнейшим ростом энергии налетающих частиц начинают вносить свой вклад моды других мультикластерных конфигураций и коррелированном движении нуклонов в ядре. Полученная оценка энергетического диапазона для данного типа реакций позволяет спланировать и в дальнейшем провести эксперименты для регистрации исследуемого эффекта модуляции в угловых распределениях упруго рассеянных частиц.

Литература:

1. Гриднев К.А., Дьячков В.В., Юшков А.В. Определение статвеса волновых функций мультикластеров в легких ядрах в рамках параметризованного фазового анализа // Известия РАН. Серия физическая, 2014, том 78, №7, с. 857-859.
2. Гриднев К.А., Дьячков В.В., Юшков А.В. Явление дифракционного подъема сечений в передней полусфере углов как эффект ядерной и кластерной интерференции // Известия РАН. Серия физическая, 2015, том 79, №7, с. 950-951.
3. Dyachkov V.V., Dyussebayeva K.S., Akhmetzhanova M.M. Modulation of angular distributions of scattered alpha particles by multicluster nuclei // 68 International Conference "NUCLEUS-2018" Fundamental problems of nuclear physics, atomic power engineering and nuclear technologies, 2018, Saint-Petersburg, Russia, p. 60.
4. Zaripova Yu.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V., Zholdybayev T.K., Gridnev D.K. Direct experimental detection of spatially localized clusters in nuclei on alpha-particle beams // International Journal of Modern Physics E, 2018, Vol. 27, №2, pp. 18500171-18500176.
5. Международная база ядерных данных NNDC// <https://www.nndc.bnl.gov/exfor/>.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
КАЗАХСТАН – ЦЕРН**

Буртебаев Н.^{1,2}, Кожамкулов Т.А.², Рамазанов Т.С.²

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Соглашение о международном сотрудничестве между Европейской организацией по ядерным исследованиям (CERN) и Правительством Республики Казахстан было подписано 29 июня 2018 года.

Данное соглашение о сотрудничестве позволит укрепить уже имеющиеся научные связи и создаст базу для обеспечения возможности участия ученых, инженеров, студентов и технических специалистов из Республики Казахстан в научно-исследовательских проектах CERN на долгосрочной основе. Республика Казахстан до настоящего времени научные или иные связи с CERN осуществляла через ОИЯИ, являющегося партнером CERN.

Необходимым условием для безопасного развития в Республике Казахстан ядерных технологий на основе мирного использования атомной энергии является наличие ядерной науки на мировом уровне, поддержание которого требует серьезной технической базы – крупных ядерно-физических установок. Соглашение с CERN позволяет Республике Казахстан наравне с другими государствами-членами использовать мощную современную инфраструктуру ядерных исследований CERN, включая базовые экспериментальные установки общей стоимостью в сотни миллиардов долларов США.

Совместный приказ МЭ РК и МОН РК об утверждении Дорожной карты по реализации Соглашения о международном сотрудничестве между Правительством Республики Казахстан и Европейской организацией по ядерным исследованиям относительно научно-технического сотрудничества был подписан 22 января 2019 года.

В ходе осуществления Дорожной карты КАЗАХСТАН – ЦЕРН будут выполнены научно-технические исследования по 14 направлениям, которые включают исследовательские работы в области кварк-глюонной плазмы, темной материи, физики высоких энергий, ядерной и радиационной физики для ядерно-энергетических и астрофизических приложений, ядерной медицины, информационных технологий в сфере базы данных и т.д.

Как показывает опыт ведущих атомных стран мира, правильная стратегия накопления ядерно-физических знаний (теоретических моделей и экспериментальных результатов) является неотъемлемым элементом успеха стратегии развития инновационных ядерных и радиационных технологий для энергетики, промышленности, медицины и сельского хозяйства каждого суверенного государства.

В связи с этим в ходе реализации данного соглашения между Республикой Казахстан и CERN можно ожидать значительное увеличение уровня и продуктивности научных исследований казахстанских ученых в области ядерной науки и техники, а также значительного повышения уровня подготовки ядерно-компетентных специалистов страны. Кроме того, научное сотрудничество Республики Казахстан в рамках международных организаций CERN и ОИЯИ имеет большое значение для поддержания положительного имиджа Республики в мировом сообществе.

**ПРИВЕДЕННЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ E1- И E2-ПЕРЕХОДОВ В СПЕКТРЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЧЕТНОСТИ
ТЯЖЕЛЫХ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ ЯДЕР**

Надирбеков М.С.¹, Кудиратов С.Н.¹, Темиров Ф.Н.²

¹Институт ядерной физики, АН Республики Узбекистан, Улугбек, Ташкент

²Самаркандский Государственный медицинский институт, Узбекистан

Изучены внутри/междуполосные приведенные вероятности E1- и E2- переходов в коллективные состояния *yrast*- и первой *ponyrast*-полос переменной четности ядер в области лантанидов ¹⁵⁰Nd, ¹⁵⁴Sm, ^{154,160}Gd, ^{162,164}Er и актиноидов ²³²Th, ^{236,238}U. Вычислены значения величин *B* (E1) и *B* (E2), а также проведены их сравнения с доступными экспериментальными данными. Учтены изменения поверхностной деформации ядра при коллективном возбуждении. Полученный модельный формализм обеспечивает приемлемое описание энергетического спектра переменной четности внутри высокой *ponyrast*-области коллективного возбуждения. На основе этой модели можно предсказать возможные внутри/междуполосные приведенные вероятности E1- и E2- переходов между одинаковыми и противоположными четностями, включая состояния с большими спинами. Показана доминирующая роль вращательного движения в коллективных возбуждениях переменной четности рассматриваемых ядер.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКИ К НЕКОТОРЫМ СИСТЕМАМ, ОПИСАННЫМ
МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДУАЛЬНОСТЕЙ

Зазулин Д.М.^{1,2}, Кемелжанова С.Е.¹, Ормантаев О.С.¹, Эзау П.Д.¹

¹КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахста;

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В работе исследованы геометрические свойства равновесного многообразия двух термодинамических систем с сильным взаимодействием описанным методом голографических дуальностей [1,2]. В качестве метода изучения использовался формализм геометротермодинамики [1], позволяющий получать результаты инвариантные относительно преобразований Лежандра, т.е. независимо от выбора термодинамических потенциалов. Для рассматриваемых систем рассчитаны соответствующие геодезические и изучены свойства этих геодезических. Результаты работы сравниваются с литературными данными.

Литература:

1. A. Karch, D.T. Son, and A.O. Starinets (2009) Zero sound from holography, Phys. Rev. Lett. 102, 051602, DOI: 10.1103/PhysRevLett.102.051602.
2. A. Karch, A. O'Bannon (2007) Holographic thermodynamics at finite baryon density: some exact results, JHEP 0711:074, DOI: 10.1088/1126-6708/2007/11/074.
3. H. Quevedo (2007) Geometrothermodynamics, J. Math. Phys. 48, 013506, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2409524>.

РАССЕЯНИЕ α -ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ ^{11}B ПРИ ЭНЕРГИИ 40 МэВ И РОЛЬ ОБМЕННОГО
МЕХАНИЗМА С ПЕРЕДАЧЕЙ ^7Li

Буртебаев Н.¹, Нассурлла Маулен^{1,2}, Нассурлла Маржан¹, Садуев Н.², Сабидолда А.¹,
Зазулин Д.^{1,2}, Садыков Т.Х.³, Сакута С.Б.⁴, Трчинска А.⁵, Волинска-Цихоска М.⁵

¹Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан

²Аль-Фараби Казахский национальный университет, Алматы, Казахстан

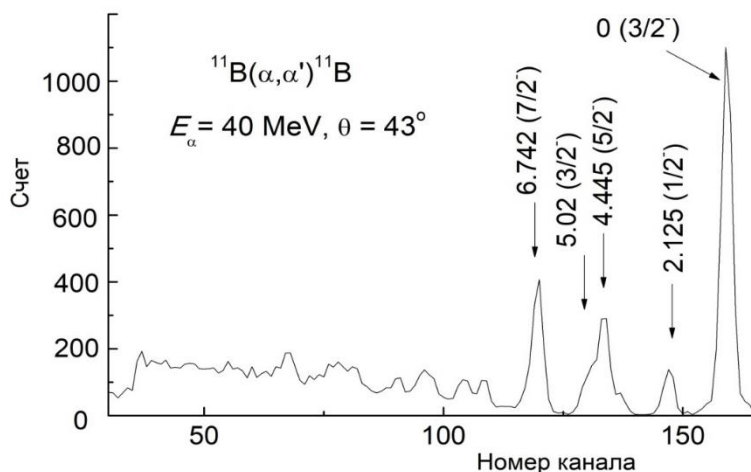
³Институт Физики и Технологии, Алматы, Казахстан

⁴Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский Институт», Москва, Россия

⁵Лаборатория Тяжелых Ионов, Варшавский Университет, Варшава, Польша

На циклотроне У-150М Института Ядерной Физики НЯЦ Республики Казахстан при энергии 40 МэВ исследовано упругое и неупругое рассеяние α -частиц на ядрах ^{11}B с возбуждением низколежащих состояний, относящихся двум вращательным полосам с $K = 3/2$ и $K = 1/2$: $0.0 (3/2^-) - 4.445(5/2^-) - 6.74 (7/2^-)$ и $2.125 \text{ МэВ} (1/2^-) - 5.02 \text{ МэВ} (3/2^-)$. Типичный спектр рассеянных α -частиц показан на рисунке. Анализ экспериментальных угловых распределений проводился методом связанных каналов в рамках коллективной модели с использованием программы FRESKO [1]. Расчеты достаточно хорошо воспроизводят экспериментальные сечения в полном диапазоне углов с найденным нами оптическим потенциалом системы $^{11}\text{B} + \alpha$ и параметром квадрупольной деформации $\beta_2 = 0.545$. Получено указание на предпочтительность отрицательного знака квадрупольной деформации, что согласуется с результатами анализа рассеяния протонов, α -частиц и ^3He [2].

Дана оценка вероятного вклада в рассеяние обменного механизма передачи тяжелого кластера ^7Li в реакции $^{11}\text{B}(\alpha, ^{11}\text{B})\alpha$, физически неотличимой от рассеяния. Дифференциальные сечения рассеяния и обменного процесса вычислялись методом связанных каналов реакций по программе FRESKO с точным учетом конечного радиуса взаимодействия в *post*-представлении метода искаженных волн, встроенного в программу. Показано, что обменный механизм не играет существенной роли в рассеянии α -частиц на ядрах ^{11}B при энергии 40 МэВ.



Измеренный под углом 43° энергетический спектр α -частиц, рассеянных на ядрах ^{11}B при энергии пучка 40 МэВ.

Литература:

1. I.J. Thompson, Comput. Phys. Rep. 7, 167 (1988), available at: <http://www.fresco.org.uk/>
2. Н. Буртебаев, М.К. Бактыбаев, Б.А. Дуйсебаев, Р.Дж. Петерсон, С.Б. Сакута, ЯФ 68 (2005) 1356; Phys. Atomic Nuclei 68 (2005) 1303.

СКОРОСТЬ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ И ПЕРВИЧНАЯ РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТА ${}^6\text{Li}$ В МОДЕЛИ ТРЕХ ТЕЛ

Турсунов Э.М., Туракулов С.А.

Институт ядерной физики АН РУз, 100214, Ташкент, Узбекистан

В рамках трехчастичной потенциальной модели проведен теоретический анализ астрофизического S -фактора и скорости реакции процесса прямого ядерного захвата $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$, а также распространенности элемента ${}^6\text{Li}$ при первичном нуклеосинтезе после Большого Взрыва. В предложенной модели волновая функция начального состояния факторизуется на волновые функции основного состояния дейтрона и αd - рассеяния. Конечное ядро ${}^6\text{Li}$ ($1+$) описывается как связанное состояние трех частиц $\alpha + n + p$ в методе гиперсферических гармоник на Лагранж-меш базисе [1-3]. $E2$ -переход рассчитан с помощью исправленной на расстоянии 5.5 фм асимптотики интеграла перекрытия волновых функций дейтрона и ядра ${}^6\text{Li}$ в S и D волнах. Вклад изоспин запрещенного $E1$ -перехода в астрофизический S -фактор рассчитан из начальных изосинглетных состояний в небольшую изотриплетную компоненту конечного связанного состояния ядра ${}^6\text{Li}(1^+)$. Показано, что новые экспериментальные данные LUNA коллаборации для астрофизического S -фактора и скорости реакции синтеза $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ хорошо воспроизводятся в надежной трехчастичной модели. На рисунке представлены теоретические оценки для скорости реакции синтеза $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ в трехчастичной модели с волновой функцией ядра ${}^6\text{Li}(1^+)$ рассчитанной с $\alpha+N$ потенциалом Ворончева и др. [4] (Модель А) и с потенциалом Канада и др. [5] (Модель Б). Модель А дает около 0.53 % изотриплетную смесь в волновой функции ядра ${}^6\text{Li}$, тогда как Модель Б дает около 0.42 %. Результаты для скорости реакции процесса захвата $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ нормированы на экспериментальных данных NACRE 1999 [6] в сравнении с данными NACRE 2013 [7], и с новыми данными LUNA 2017 коллаборации [8], а также с теоретической кривой из работы [9].

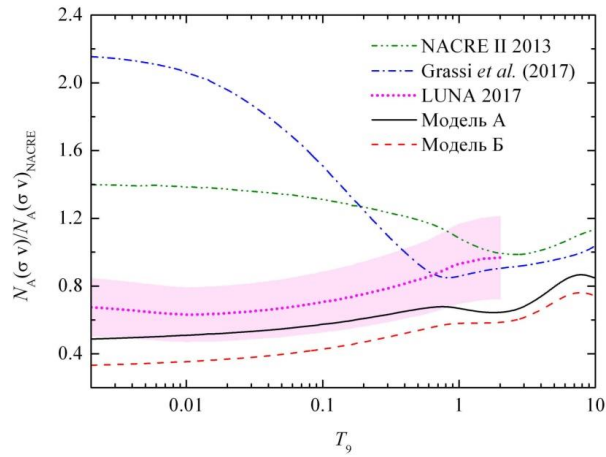


Рисунок 1 - Скорости реакции процесса $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ из работ [3], нормированные на экспериментальных данных NACRE 1999 [6]

Как видно из рисунка 1, наши результаты в рамках модели А очень хорошо согласуются с кривой LUNA 2017 коллаборации, которые являются наиболее реалистическими. При этом форма кривых в моделях А и Б совпадает с видом кривой LUNA 2017, а абсолютные значения данных LUNA 2017 коллаборации хорошо воспроизводятся в Модели А. Полученная теоретическая оценка для начальной (примордиальной) распространенности ${}^6\text{Li}/\text{H}=(0.67\pm 0.01)\times 10^{-14}$ на основе вычисленной скорости реакции захвата $\alpha+d \rightarrow {}^6\text{Li}+\gamma$ в трехчастичной модели хорошо согласуется с результатами анализа ${}^6\text{Li}/\text{H}=(0.80 \pm 0.18)\times 10^{-14}$ LUNA коллаборации [8].

Литература:

1. P. Descouvemont, C. Daniel, D. Baye Phys. Rev. C67, 044309 (2003).
2. E.M. Tursunov, A.S. Kadyrov, S.A. Turakulov, I. Bray Phys. Rev. C94, 015801 (2016).
3. E.M. Tursunov, S.A. Turakulov, A.S. Kadyrov, I. Bray Phys. Rev. C98, 055803 (2018).
4. V. Voronchev, V. Kukulkin, V. Pomerantsev, G. Ryzhikh Few-Body Syst.18, 191 (1995).
5. H. Kanada, T. Kaneko, S. Nagata, M. Nomoto Prog. Theor. Phys.61, 1327 (1979).
6. NACRE Collaboration (C. Angulo *et al.*) Nucl. Phys. A656, 3 (1999).
7. NACRE II Collaboration (Xu Y. *et al.*) Nucl. Phys. A918, 61 (2013).
8. LUNA collaboration (D. Trezzi *et al.*) Astroparticle Physics 89, 57 (2017).
9. A. Grassi, G. Mangano, L.E. Marcucci, O. Pisanti Phys. Rev. C96, 045807 (2017).

СПЕКТРЫ ПРОТОНОВ И ПОДПОРОГОВЫХ ПИОНОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ С НЕРАВНОВЕСНЫМ УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ

Дьяченко А.Т.¹, Митропольский И.А.²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия,

²Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

Испускание пионов в столкновениях тяжелых ионов при энергиях ниже порога их рождения – 300 МэВ в свободных нуклон-нуклонных столкновениях – оказывается возможным за счет внутриядерного движения нуклонов. Учет влияния этого движения естественно проводить в рамках гидродинамического подхода, явным образом включающего многочастичный характер столкновения тяжелых ионов. Однако при подпороговых энергиях традиционную ядерную гидродинамику нужно модифицировать, чтобы учесть неравновесность уравнения состояния, описывающего переход от первоначально неравновесного состояния системы к состоянию локального термодинамического равновесия.

В таком подходе (см., например, [1-3]) нами были описаны наблюдаемые двойные дифференциальные сечения образования протонов и легких фрагментов в столкновениях тяжелых ионов промежуточных энергий. В развитие этого подхода в данной работе для столкновения ионов ^{16}O с разными ядрами при энергиях 94 МэВ/нуклон вычислены двойные дифференциальные сечения рождения π^+ -мезонов, которые сравниваются с имеющимися экспериментальными данными.

Расчет гидродинамической эволюции образующегося горячего пятна hot spot в процессе ядро-ядерного столкновения проведен с учетом эффектов ядерной вязкости. В этом процессе мы выделяем [1-3] стадию сжатия, стадию разрежения и стадию разлета с образованием вторичных частиц (пионов, протонов и фрагментов). Согласие с экспериментальными энергетическими спектрами пионов и протонов достигнуто без введения подгоночных параметров и оказывается более удачным по сравнению с нашими предыдущими работами [4].

Литература:

1. D'yachenko A.T., Gridnev K.A., Greiner W. // J. Phys. G. 2013. V. 40. P. 085101.
2. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. V.80. P.916.
3. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2017 V.81. P.1521
4. D'yachenko A.T., Lozhkin O.V. // Nucl. Phys. A. 1997. V. 626. P. 81

СТАТУС ТРС ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА MPD/NICA

Аверьянов А.В., Бажажин А.Г., Верещагин С.В., Запорожец С.А., Зрюев В.Н., Кирюшин Ю.Т., Колесников А.О., Лукстиньш Ю., Мовчан С.А., Пиляр А.В., Разин С.В., Рыбаков А.А., Самсонов В.А., Фатеев О.В., Чепурнов В.Ф., Чепурнов В.В., Черемухина Г.А.

Объединенный Институт Ядерных Исследований, г. Дубна, Россия

Время-проекционная камера (Time-Projection Chamber – TPC) [1-9] сейчас создающаяся в ОИЯИ, является основным трековым детектором для установки MPD (Multi Purpose Detector) [10, 11], которая будет измерять вылетающие заряженные частицы в центральной области быстрот после взаимодействия пучков на коллайдере NICA [12]. Коллайдер NICA будет оптимизирована для исследований столкновений тяжелых ионов в диапазоне энергий $\sqrt{S_{NN}} = 4-11$ ГэВ/н. При средней светимости 10^{27} см⁻²с⁻¹ для сталкивающихся частиц золота при энергии $\sqrt{S_{NN}} = 9$ ГэВ/н частота событий будет до 7 кГц. Также на данном коллайдере можно будет сталкивать протонные пучки с энергией до $\sqrt{S_{pp}} = 26$ ГэВ. Наряду с другими детекторами, из которых состоит установка MPD, TPC будет помещен в сверхпроводящий соленоид, генерирующий магнитное поле до 0.5 Тл.

На рисунке 1 представлено фотография детализированного макета TPC внутри центральной части MPD в масштабе примерно 1:10 и схематическое изображение TPC с её внешними колесами технической поддержки. Более подробное описание детектора TPC будет представлено в докладе.

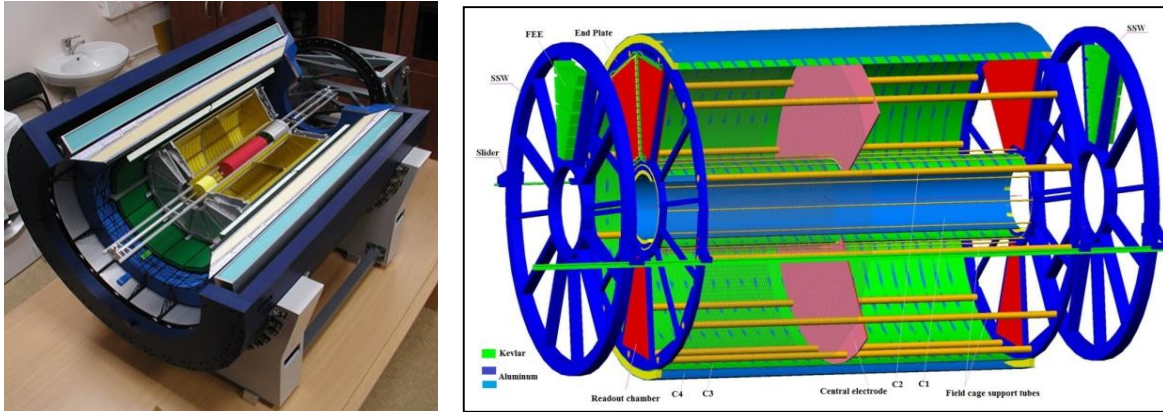


Рисунок 1 - Детализированный макет ТРС внутри центрального барреля МРД (слева) и общий вид ТРС (справа)

В докладе также будут приведены общая схема установки МРД и детектора ТРС. Показаны геометрические размеры и основные параметры ТРС. Будет показан статус некоторых важных деталей и узлов ТРС, которые были доработаны и протестированы за последний период, таких как: фланцы ТРС с охлаждающими трубками на них, высоковольтный электрод, различные интеграционные системы в ТРС и др. Показана собранная газовая система ТРС, уже питающаяся от танкеров с жидким аргоном и азотом, которая протестирована с использованием объема, аналогичному будущему рабочему объему ТРС. Также будет представлен статус вспомогательных установок для сборки ТРС.

Литература:

- [1] A. Averyanov, A. Bajajin, et al. // Journ. of Instrum. 9, C09-036 (2014).
- [2] Ю.В. Заневский, С.В. Разин, А.Г. Бажажин, и др. // Труды XVIII Межд. научн. конф. мол. учен. и спец. (ОМУС-2014). Дубна: Изд-во ОИЯИ, 2014, сс. 117-120.
- [3] A. Averyanov, A. Bajajin, et al. // Acta Phys. Pol. B 9, 2 (2016).
- [4] A. Averyanov, A. Bazhazhin, et al. // Intern. Journ. of Human. and Natur. Sciences. 2, 1 (2016).
- [5] S. Movchan, TPC status for MPD experiment at NICA project. // Preprint: JINST_001P_0617 [INSTR-2017].
- [6] A. Averyanov, A. Bazhazhin, et al. // Journ. of Instrum. 12, C06-047 (2017).
- [7] А.В. Аверьянов, А.Г. Бажажин и др. // Создание времяпроекционной камеры для многоцелевого детектора проекта NICA, Физ. элем. частиц и атомн. ядра, Т.49, №4, сс.1313-1325, 2018.
- [8] A.V. Averyanov, A.G. Bazhazhin et al. // Phys. of Part. and Nucl. Vol.49, No.4, pp.746-752, July 2018.
- [9] TPC TDR, <<http://mpd.jinr.ru/wp-content/uploads/2019/01/TpcTdr-v07.pdf>> (2019).
- [10] S. Razin on behalf of the MPD group // Journ. of Instrum. 9, C07-016 (2014).
- [11] <<http://mpd.jinr.ru>> (2019).
- [12] <<http://nica.jinr.ru>> (2019).

ЭМИССИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ПРОТОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ

Дьяченко А.Т.¹, Митропольский И.А.²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия,

²Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

При рассмотрении столкновений тяжелых ионов промежуточных энергий использован гидродинамический подход с неравновесным уравнением состояния [1-3], в котором учитывается поправка от микроканонического распределения для описания высокоэнергетичных «хвостов» спектров вторичных частиц.

Это позволило в отсутствие свободных параметров описать высокоимпульсные спектры протонов [4] и гамма-квантов [5], полученных на ускорителе ИТЭФ в реакции $^{12}\text{C}+^9\text{Be} \rightarrow p(\gamma)+X$ при энергиях ионов ^{12}C 2 ГэВ/нуклон и 3.2 ГэВ/нуклон. Эти спектры относятся к кумулятивной области и не совсем хорошо описываются молекулярной динамикой и другими каскадными моделями [4].

В гидродинамическом подходе для описания высокоимпульсной компоненты спектров частиц область горячего пятна hot spot образуется, как результат взаимодействия перекрывающихся областей сталкивающихся ядер, что приближает этот механизм к имеющему долгую историю механизму флуктон-флуктонного взаимодействия, который анализируется в [5].

Литература:

1. D'yachenko A.T., Gridnev K.A., Greiner W. // J. Phys. G. 2013. V.40. P.085101.
2. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2016. V.80. P.916.
3. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2017. V.81. P.1521.
4. Abramov B.M. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2015. V. 78. P. 373.
5. Alekseev I.G. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2015. V. 78. P. 936.

ЭМИССИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕАКЦИЯХ С ПРОТОНАМИ НА ЯДРЕ ^{103}Rh ПРИ ЭНЕРГИИ 30 МэВ

Алиева Г.¹, Кабрахимова Г.Д.,¹ Садыков Б.М.,² Насурлла М.,² Жолдыбаев Т.К.^{1,2}

¹ Евразийский Национальный Университет им. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

² Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Программы по разработке нового поколения ядерно-энергетических систем с высоким уровнем безопасности (Accelerator Driven System), состоящих из протонного ускорителя, нейтрон-производящей мишени и подкритического реактора, развернуты во многих странах. При создании таких устройств для корректного моделирования нейтронного потока необходимы данные о спектральном составе и угловых распределений вторичных протонов и легких заряженных частиц, произведенных первичным протонным пучком.

Измерения были выполнены на изохронном циклотроне У-150М Института ядерной физики. Сечения ядерных реакций $^{103}\text{Rh}(p, xp)$ получены в угловом диапазоне $30^\circ - 135^\circ$ с телескопом, состоящим из пролетного тонкого кремниевого детектора толщиной 100 мкм и детектора полного поглощения на основе сцинтиллятора CsI(Tl). Измерения сечений ядерных реакций $^{103}\text{Rh}(p, \alpha)$ выполнены в угловом диапазоне $30^\circ - 120^\circ$. В этом случае спектрометрический телескоп состоял из кремниевых детекторов толщиной 50 мкм и 1 мм.

Энергетическая калибровка спектрометра выполнялась на основе кинематики уровней ядра в реакции $^{12}\text{C}(p, xp)$ и протонам отдачи. Полное энергетическое разрешение системы составила 400 кэВ и, в основном, определялась разбросом энергии пучка. Дисперсия энергии пучка была равна 0,4%. Полная систематическая

ошибка не превышала 10 %. Статистическая ошибка, величина которой зависела от типа и энергии регистрируемых частиц, для протонов не превышал 7 %, а для α -частиц 15 %.

Выполнены теоретические расчеты экспериментальных инклюзивных спектров на основе двухкомпонентной экситонной модели предравновесного распада [1] с использованием расчетной программы TALYS. Получено удовлетворительное согласие между экспериментальными и расчетными значениями в области энергий, соответствующих предравновесному механизму. Из сравнения экспериментальных и теоретически рассчитанных интегральных спектров следует, что основной вклад в формирование интегрального сечения реакций (p, xp) обусловлен предравновесным механизмом. При рассмотрении вкладов механизмов, формирующих инклюзивные сечения реакций $(p, x\alpha)$, следует, что образование α -частиц идет преимущественно через прямые одноступенчатые процессы, за исключением низкоэнергетического диапазона, где становится существенной эмиссия частиц из равновесного состояния.

Литература:

1. Griffin J. J. // Phys. Rev. Lett. 1966. №9. P.478.

2. Materials Science and Radiation Solid State Physics

- Formation and evolution of defects in solids
- Structural and fuel materials of nuclear and thermonuclear facilities
- Modification of materials with the beams of plasma and charged particles
- New materials and methods of their production, nano-materials

2. Радиационная физика твердого тела и проблемы материаловедения

- Формирование и эволюция дефектов в твердых телах
- Конструкционные и топливные материалы ядерной и термоядерной техники
- Модификация материалов пучками плазмы и заряженных частиц
- Новые материалы и методы их получения, наноматериалы

APPLICATION OF THE METHOD OF RAMAN SCATTERING OF LIGHT IN GASE CRYSTALS BEFORE AND AFTER ION IMPLANTATION OF 70 KeV HYDROGEN

Madatov R.S.^{1,2}, Jahangirov M.M.¹, Gadzhiyeva S.A.¹, Isgandarova L.E.¹

¹ Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
AZ 1143, Baku, B.Vahabzadeh Ave., 9

² National Aviation Academy of Azerbaijan, AZ 1045, Baku, Bina s.
muradcahangirov@mail.ru

Modification of semiconductor materials, i.e. directed change of their properties by beams of light ions is one of the most promising methods. Since the implantation of ions can create compounds and alloys, which in principle can not be obtained by traditional methods. Naturally, under favorable conditions, the implanted atoms can enter into chemical bonds with the semiconductor atoms. These structural defects cause a change in the optical and photovoltaic properties of materials. Thus, by changing the nature of the chemical bond, by introducing radiation defects, it is possible to change the electrophysical properties of a semiconductor over a wide range.

According to the data, GaSe single crystals are of interest as promising materials for the creation of semiconductor detectors of elementary particles and hard electromagnetic radiation. The increased interest in these compounds is caused by the fact that, despite their strong defects, they have a high photosensitivity to visible, ultraviolet, X-ray and gamma radiation.

This work presents the results of diagnostics of changes in the degree of structural disorder before and after implantation with hydrogen ions using Raman scattering (RS).

The GaSe single crystals under study were grown by the Bridgman method at the Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan. When growing GaSe, an excess of sulfur (1.5%) was used in order to determine the possibility of filling vacancies with sulfur atoms. The specific resistance of the obtained samples was $\sim 2 \cdot 10^9$ Ohm-cm at room temperature. The implantation of hydrogen ions was carried out on the Van de Graaff accelerator (type ESU-2) with an energy of 140 and 500 keV and an ion current density of $0.15 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, and the dose was 10^{15} - 10^{16} ions/ cm^2 .

Raman spectra (RS) were studied on the Raman Nanofinder spectrometer in the backscattering geometry when excited by a laser with $\lambda = 532$ nm. The scattered light was collected at a right angle to the exciting radiation, which fell on the face of a natural crystal, perpendicular to the C axis. All measurements were performed at room temperature.

In the Raman spectra of GaSe after irradiation with hydrogen ions at a dose of 1×10^{15} ion/ cm^2 (Fig.1), the intensity of the 215 cm^{-1} band increases, while the intensity of the 211 cm^{-1} band does not change significantly. The intensity of the 249 cm^{-1} band increases, which after irradiation exceeds the intensity of the band at 254 cm^{-1} (Fig. 1).

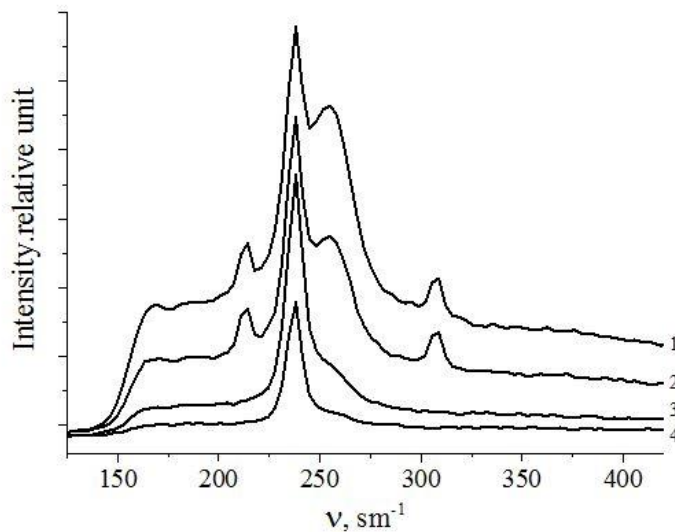


Figure 1 - The Raman spectra of GaSe samples implanted with hydrogen ions for the dose range of $1 \cdot 10^{15}$ ion/ cm^2 and the ion energy of 70 keV

Interlayer oscillations always have a single-mode character of re-arrangement, while for intralayer oscillations, the nature of the rearrangement can be either single-mode or two-mode. Determining the values of interlayer frequencies

made it possible to compare the interlayer interaction with the forces connecting the atoms inside the layers. Since the quasi-two-dimensional nature of the vibrational states in layered materials is manifested in the properties of materials determined by the phonon subsystem, the ionic implantation in the region containing three or more atomic planes may at the level of short-range order to modify this layer. So, at high-dose implantation, the atomic planes of the layer can be separated by amorphous areas into nanoplanes, nanowires, and even quantum dots. Such a possibility of ion implantation allows to obtain semiconductor materials with unique physical properties. Therefore, the work carried out in this direction are relevant and may have significant practical interest.

Thus, the degree of structural disorder of layered GaSe crystals before and after implantation with 70 keV hydrogen (H_2^+) was investigated by the RS and RBS method. It is shown that the distribution of crystal components in depth is uniform and up to doses of $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$, the stoichiometric composition of the components of the compound is observed. The experimental value of the critical dose of onset of amorphization is about $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ and is in accordance with the calculated value. The results obtained by the method of Raman scattering (RS) confirm the preservation of the crystallinity of the structure and the onset of the amorphization process.

APPROACH TO MODELING OF A DETECTOR FROM HIGHLY PURE GERMANY

Popov Yu.A., Prozorova I.V., Prozorov A.A.

Institute of Atomic Energy NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan. E-mail: Prozorova@nnc.kz

There are several reasons for simulating the response of the detector, but the main reason is the lack of calibration sources, its shape and composition repeating the measured samples.

Below are some special cases of the detector and its calculation model.

1. The main parameter for reliable measurements affecting the analysis during spectrum processing is efficiency calibration. The mathematical method of calculation avoids the need for calibration sources. However, this method requires the creation of certain mathematical models.

2. The need to calibrate the detector used in measuring the burnout of the fuel assembly gamma-spectrometric method. The fuel assembly is moved in front of the collimator, the gamma-radiation spectra are measured at several points in height, determining burnout by the mass fraction of the Cs-137 radionuclide in the irradiated uranium.

3. Obtaining self-absorption coefficients for bulk sources or sources with complex geometry. At certain sizes of the sample being measured, self-absorption begins to manifest itself, when the detector crystal records not all gamma quanta emitted by the source and, therefore, the measurement results need to be corrected.

4. Estimation of the concentration of uranium nuclei in the presence of high concentrations of thorium nuclei.

5. Obtaining the registration probability curve at the peak full absorption peak (FEPE — full energy peak efficiency) of the HPGe detector, since it is difficult to measure the FEPE curve experimentally.

6. Measurement of the intensity of gamma radiation of some low-energy radionuclides, including ^{33}Ba , in comparison with tabular values.

During the research, a model was developed that repeats the parameters of a real gamma-spectrometer, which makes it possible to calculate the efficiency of gamma-quanta detection in a wide energy range up to 1,5 MeV.

EPITHERMAL NEUTRONS ENERGY TRANSFER PROCESS TO NANO-SILICON

Garibov A.A., Garibli A.A.

National Nuclear Research Center CJSC, Baku, Azerbaijan

Nanomaterials has great importance as an effective systems characterized with energy carrying, defect and the emergence of electron excitation factors and transmission to surface level. An example of such systems are nuclear fuel materials, high energy radiation detection systems, radiation catalysts and other processes related to radiation material science. In recent years, nano- matter and materials are widely applied as an actual and perspective systems for nuclear and radiation technologies according to these features.

Recently , nanosilicon is attracting a lot of attention and its properties have been studied theoretically and experimentally [1 -8]. Nano Si also has a wide range of application such as electronics materials, particularly in space electronics and nuclear technologies. Thus, nano Si studied in the present work is widely applied in nuclear and space technologies in micro sizes and their applications are intended in nano level in the future.

The main purpose of the present work are studies on detection and characterization of energy transmission, mechanism of radiation defect formation processes, defects identifications and quantitative characterization of changes in dimensions and surfaces of nanoparticles taking into account scientific and practical significant processes occurring in nano sized silicon under the influence of epithermal neutrons. For this purpose, we determined scattering and radiation capture cross-sections of epithermal neutrons by nano Si and its constituent isotopes, and investigated the possible options of defect formation processes and energy transmission considering decay processes of radioactive isotopes produced.

The neutrons scattering and capture cross-section processes has been calculated for natural $^{14}\text{Si}^{28}$, $^{14}\text{Si}^{29}$, $^{14}\text{Si}^{30}$ isotopes which are main part of nanosilicon samples when irradiated for 20 hours by epithermal neutron flux. The values of energies deposited to nano silicon nuclei as a result of scattering processes has been determined in the energy intervals of investigated neutrons. The cross -sections of radiation capture process and the amount of $^{14}\text{S}^{31}$ radioactive isotope which can be formed by $^{14}\text{S}^{30}$ isotope in the energy interval of epithermal neutrons, the parameters of energy supply and ionization processes by interaction between energy carried of by β - particles which dissiminated into environment and silicon atoms as a result of their β -decay have also been determined. The formed defects has been determined in electron structure of nanosilicon under the influence of primary and secondary electron beams. Characterization has also been done for the interaction processes between nanosilicon and gamma rays irradiated from radioactive isotopes in impurities up to 1% in nanosilicon which formed under the influence of neutron flux.

References:

1. Satyendra Kumar, Ramchander Ch, Dharitri Rath, Siddhartha Panda "Densities and orientations of antibodies on nano-textured silicon surfaces" *Materials Science and Engineering: C* 31, Issue 2, (2011) 370–376.
2. Jun Jie Niu, Jian Nong Wang "An analysis on synthesizing large scales of one-dimensional silicon nano-structures by simple evaporation of sulfur-contained powders" *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* 39, Issue 2, (2007) 244–247.
3. Monuko du Plessis "Properties of porous silicon nano-explosive devices" *Sensors and Actuators A: Physical* 135, Issue 2, (2007) 666–674.
4. Kyung S. Shin, Yoon S. Choi, In S. Choi, Y. Setsuhara, Jeon G. Han "Nano-crystalline silicon thin films grown by the inductively coupled plasma assisted CFUBM at low temperature" *Surface and Coatings Technology* 205, Supplement 1, (2010) S227–S230.
5. Qiang Liu, Munir H. Nayfeh, Siu-Tung Yau "A silicon nanoparticle-based polymeric nano-composite material for glucose sensing" *Journal of Electroanalytical Chemistry* 657, Issues 1–2, (2011) 172–175.
6. Chang-zhi Shi, Xiao-wei Liu, Rong-yan Chuai "Current-induced recrystallization of polycrystalline silicon nano thin films deposited at different temperatures and its influences on piezoresistive sensitivity and temperature coefficients" *Sensors and Actuators A: Physical* 162, Issue 2, (2010) 284–290.
7. P. Kumar, F. Zhu, A. Madan "Electrical and structural properties of nano-crystalline silicon intrinsic layers for nano-crystalline silicon solar cells prepared by very high frequency plasma chemical vapor deposition" *International Journal of Hydrogen Energy* 33, Issue 14, (2008) 3938–3944.
8. A. Gottwald, F. Scholze "5 – Advanced silicon radiation detectors in the vacuum ultraviolet (VUV) and the extreme ultraviolet (EUV) spectral range" *Smart Sensors and Mems Intelligent Devices and Microsystems for Industrial Applications*, 102–123 (2014).

FEATURES OF PHOTOELECTRIC AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF GaS MONOCRYSTAL WITH DOPED RARE EARTH ELEMENTS (Yb, Sm)

Madatov R.S., Tagiyev T.B., Khaliqzadeh A.Sh.

Institute of Radiation Problems of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Keywords: electrical conductivity, additive, level, donor, acceptor.

In recent years, intensive development of nuclear physics, photoelectronics and space research aims the opportunities of new physical properties and the preparation of new functional devices based on them in front of semiconductors. Therefore, it has a great scientific importance of studying of the physical properties of A^{III}B^{VI} coupling semiconductors can be controlled by additive atoms¹. GaS monocrystal belonging to the A^{III}B^{VI} type of compounds is layered semiconductor and has a broadly prohibited zone ($E_g = 2.5$ eV). GaS single crystals has heksogonal structure, lattice parameters $a = 0,359$ nm, $b = 1,549$ nm and $c = [1,2]$, has sequence of atoms the S-Ga-Ga-S. Each Ga atom is tetrahedrally bonded to a Ga and three S atoms².

Growing of GaS <Yb> (0.1%) single crystals was carried out by directional Bridgman-Stockbarger^{3,4} crystallization. Doping with Yb and Sm were carried out during the growth of the single crystal. The obtained crystals had p-type conductivity and their resistivity at the room temperature was $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$. To create ohmic contacts, indium was used, which was fused to the surface of gallium sulphide at the temperature of 150°C . To measure current in the samples, we used an apparatus assembled on the basis of a universal voltmeter-electrometer V7-30, a microvolt- ampere meter F-136 and MS3504i type monochromators to get a monochromatic light cluster and the galogenic lamp as a source of light have been used during the measurement.

The temperature dependence of the electrical conductivity of pure GaS monocrystal and additive with Yb and Sm has given in the figure1. It appears from the figure that, $\sigma(T)$ dependence is subject to exponential dependence and have a feature extensible of compensated semiconductors.

As shown in the figure, the electrical conductivity of the pure GaS monocrystal does not depend on the temperature at the $T = 135-250$ K temperature range. At $T = 250-300$ K, the activation energy increases with the law of $E = 2.41$ eV. The characteristic of the electrical conductivity changes on the temperature including 0.1% rare earth element Yb in GaS monocrystals.

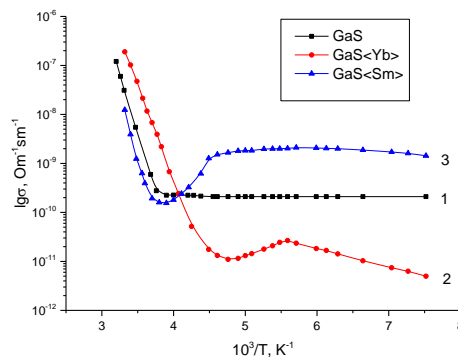


Figure 1 - Temperature dependence of electric conductivity of pure and doped with rare earth elements (Yb, Sm) GaS monocrystal

Thus, at low temperatures ($T = 135-182$ K), the energy of the electrical conductivity of the sample increases with $E = 0.321$ eV. The electrical conductivity decreases at the temperature range $T = 182-225$ K. The electrical conductivity ($E = 2.266$ eV) is increasing starting from $T > 225$ K. At higher temperatures, the value of the electrical conductivity of (curved 2) GaS monocrystal with doped Yb is higher than the electrical conductivity of pure GaS monocrystal. The activation energy of samples doped with Sm increases with the law of $E = 0.088$ eV at low temperatures. However, the value of electric conductivity is more than the value of undoped sample.) At higher temperatures ($T \geq 250$ K), the electrical conductivity was smaller than that of the sample doped with Yb and the activation energy was $E = 2.366$ eV. On the basis of the obtained results we can said that, the conductivity of pure GaS monocrystals determined by the two acceptor-type levels which concentration different from each other. thus, in the low temperature region the thermal discharge speed of the level is very small compared to the high temperature zone.

2. MATERIALS SCIENCE AND RADIATION SOLID STATE PHYSICS

The results obtained allow us to think that, creates a donor-type shallow level by filling out Yb atom Ga vacancies and eventually reducing the conductivity of the sample. It creates a deep acceptor type level when Yb replaces gallium atoms. This leads increasing of conductivity at $T > 200\text{K}$ temperature.

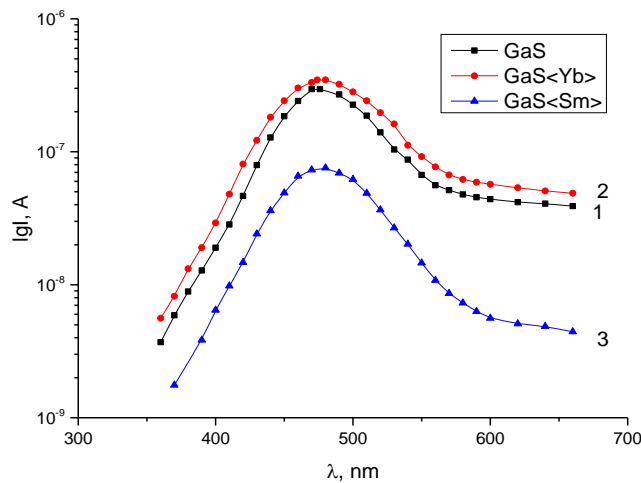


Figure 2 - The spectral distribution of photocurrent of pure and doped with rare earth elements (Yb, Sm) GaS monocrystal

Figure 2 shows the spectral distribution of photocurrent of pure and doped (Yb, Sm) GaS monocrystal. The maximum at $\lambda=495$ nm wavelength is observed in all three crystals. When the GaS monocrystalline is doped with Yb, the value of photocurrent is increasing than the pure GaS monocrystal at the spectrum region of ($\lambda = 360-700\text{nm}$). After doping with Sm, we can observe that, the value of the photocurrent is reducing than compared pure crystals. This can be explained by the reduction of crystal photocurrent as a result of the increased effectiveness of recombination centers treating GaS monocrystal with Sm.

References:

1. R. S. Madatov, A. I. Najafov, T. B. Tagiev, and A. R. Mobili. Effect of gamma irradiation on the electrical conductivity of the layered compound GaS. *Neorganicheskiye Materiali*, (2008), p.140-143, 0.1134/S0020168508020039.
2. R. Zallen and F. Blossey. The optical properties, electronic structure and photoconductivity of arsenic chalcogenide layer crystals, 1976, 231-272.
3. Growth processes and single crystal growth. Translation from English edited by NN Sheftal. 1963. 530 p.
4. M. Caraman, V. Chiricenco, L. Leontie, I.I. Rusu. Photoelectrical properties of layered GaS single crystals and related structures. *Materials Research Bulletin* 43 (2008) 3195-3201.

HYDROGEN PICK-UP IN Zr-BASED ALLOYS AFTER COMPRESSION PLASMA FLOWS IMPACT

*Shymanski V.I.¹, Uglov V.V.^{1,2}, Kislitsin S.B.³, Skuratov V.A.⁴, Neethling J.H.⁵, Janse van Vuuren A.⁵,
O'Connel J.H.⁵, Ngongo S.⁵, Astashynski V.M.⁶*

¹Belarusian State University, Minsk, Belarus,

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia,

³Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan,

⁴Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia,

⁵Centre for HRTEM, Nelson Mandela University, Port Elizabeth, South Africa

⁶A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of National Academy of Science of Belarus, Minsk, Belarus

E-mail: uglov@bsu.by

Hydrogen pick-up in zirconium-based alloys which are widely used as fuel cladding in water cooled nuclear reactors plays an important role in their life-time. Indeed, zirconium alloys are widely used as fuel cladding in water cooled nuclear reactors because of their low neutron absorption cross section, excellent mechanical properties, resistance to oxidation and radiation damage. When a loss of coolant accident occurs, the temperature of the zirconium-based elements reaches about 1200 °C, this enhances the surface oxidation rate and zirconium oxide (ZrO₂) growth. This process is accompanied by hydrogen pick-up with the formation of zirconium hydrides and consequent embrittlement. According to theoretical predictions, the alloying of zirconium oxide ZrO₂ with certain additional elements can prevent hydrogen penetration of these alloys. Chromium has a significant effect on the reduction of hydrogen pick-up.

In the present work compression plasma flow (CPF) was used as a means of producing a zirconium-based alloy (specifically ZIRLO) doped with chromium. CPF is generated by quasi-stationary plasma accelerators with their own magnetic field. The plasma flows are characterized by a long life-time (about 100 μs) and a high energy density, which is absorbed by the target (from 10 to 100 J/cm²). When the plasma interacts with the surface the top layer is melted and a mixing process takes part in this layer, caused by differing hydrodynamics instabilities. If a coating is deposited on the surface of the treated sample, the CPF impact will induce mixing of both coating and substrate. To this end a chromium coating with a thickness of 1 μm was deposited on the ZIRLO surface. The CPF treatment was done in a residual-nitrogen atmosphere (400 Pa pressure) with three consecutive treatments. The treatments were performed with varied absorbed-energy densities that was reached by changing the distance between the sample and electrode edge in order to change the chromium concentration. The voltage on the capacitors was 3.5 kV.

X-ray diffraction analysis showed the change in phase composition of the modified layers of the treated samples. Indeed, the compression plasma treatment of the ZIRLO samples with chromium coatings leads to melting both the coating and a part of the substrate. The melted layers are mixed and form two-component surface layer with a thickness of about 10 – 15 μm. The plasma treatment with the lowest used absorbed energy density (the distance between the sample and the electrode edge was 8 cm) the dissolved chromium atoms take part in formation of the solid solution based on the high-temperature β-zirconium phase with a bcc crystal lattice. Increase in the absorbed energy density results in melted depth rising and, in turn, decrease in chromium concentration which is not enough for β-zirconium phase stabilization. In this case only solid solution based on the α-zirconium low-temperature phase is formed. As nitrogen was used as a plasma-forming gas, additional external barrier layer of zirconium nitride ZrN was formed on the top of the treated samples.

To provide uniform distribution of hydrogen inside the modified layer, the modified ZIRLO samples were subjected to polyenergy ion irradiation with hydrogen ions at energies between 12.5 and 97 keV and a total fluences of 2×10¹⁷ cm⁻². The hydrogen desorption in the temperature range of 200 – 1000°C was investigated. The obtained results demonstrate two wide peaks on the desorption spectra at temperature of 350 and 750°C. Moreover, the level of the hydrogen desorption in the samples with chromium atoms (after compression plasma flows impact) is slightly lower than that in the ZIRLO samples without any treatment. It can be a result of increase in defect density in the modified layer which are considered as traps for hydrogen atoms. Another reason of hydrogen desorption falling in the chromium contained samples is a formation of β-Zr based solid solution with bcc crystal lattice which possesses a good possibility to dissolve and hold the hydrogen.

Therefore, the doping of the ZIRLO samples with chromium atoms by compression plasma flows impact can control the hydrogen pick-up due to different solid solutions growth.

INFLUENCE OF RADIATION DEFECTS ON THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS OF HIGH-INTENSITY PULSED ION BEAM

Pushkarev A.I.^{a,b}, Prima A.I.^a, Zhu X.P.^b, Zhang C.C.^b, Lei M.K.^b

^a Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
^b Dalian University of Technology, Dalian, China

The results of the study of the influence of radiation defects on the measurement error of the total energy of a high-intensity pulsed ion beam (HIPIB) and its distribution in the cross section by thermal imaging diagnostics are presented. The studies were carried out at the TEMP-6 accelerator [1] (200-250 kV, 120 ns) during the operation of the ion diode in the mode of self-magnetic insulation of electrons. The composition of the ion beam – carbon ions C⁺ (85%) and protons, the energy density in focus 3-5 J/cm². Thermal imaging diagnostics [2] was used as a surface temperature mapping tool to characterize the HIPIB energy density distribution. The diode assembly is shown in figure 1.

It was found that when targets of different metals (titanium, stainless steel, and copper) are used, the readings of the thermal imaging diagnostics differed by 40–60% for the energy-density instability in a pulse train (for a single target) of at most 10%, see table 1.

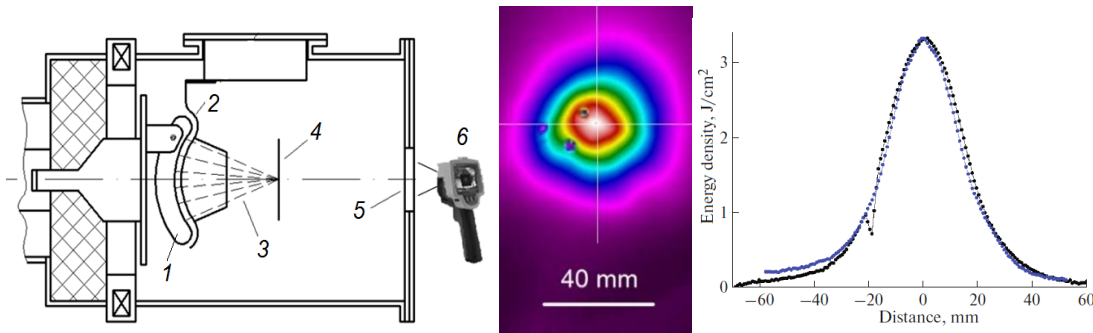


Figure 1 - Scheme used for ion beam generation (1 – anode, 2 – cathode, 3 – ion beam) and energy density measurement (4 - target, 5 – BaF₂ window, 6 – infrared camera). HIPIB thermogram and energy density distribution in the diode focus in the horizontal and vertical directions

Table 1 - The HIPIB energy density at the focus

Target material	Ti		Stainless steel		Cu
	series 1	series 2	series 1	series 2	series 1
HIPIB energy density at the focus, J/cm ²	2.3 ±10%	2.3 ±9%	3.2 ±6%	3.3 ±6%	3.6 ±6%
Corrected energy density, J/cm ²	3.9 ±10%	3.9 ±9%	3.9 ±6%	4.0 ±6%	4.6 ±6%

The causes of errors in the energy-density measurements were analyzed. It is shown that when a metal target is HIPIB irradiated, a significant number of radiation defects are formed in it. The ion-energy losses on their formation are proportional to the initial thermal energy in the target after its irradiation with the ion beam and have values of 22% in stainless steel, 30% in copper, and 70% in titanium targets. Considering the HIPIB energy loss on the formation of radiation defects allows one to eliminate a large spread of thermal imaging diagnostics readings when using targets of different metals.

Acknowledgements. The analysis of experimental data and the development of a model of the effects of radiation defects on the expansion of the measurement range of thermal imaging diagnostics were supported by RFBR, grant № 17-08-00067. The experiments on the TEMP-6 accelerator were supported by the National Natural Science Foundation of China under Grants no. 51371043 and 51621064, and High-end Foreign Experts Recruitment Program of China under Grant GDW2017210029.

References:

- Zhu X.P., Lei M.K., Ma T.C. Review of Scientific Instruments, 2002. vol. 73 (4), pp. 1728-1733.
- Isakova Y.I., Pushkarev A.I. Infrared Physics & Technology (2018), v. 89, p. 140–146.

METAL-INSULATOR TRANSITIONS AND THEIR MANIFESTATION IN VARIOUS HIGH- T_c CUPRATE SUPERCONDUCTORS

Dzhumanov S., Kurbanov U.T.

Institute of Nuclear Physics, Uzbek Academy of Sciences, Ulugbek, Tashkent 100214, Uzbekistan
dzhumanov@inp.uz, ukurbanov@inp.uz

We show that the unconventional electron–phonon interactions and polaronic effects, charge inhomogeneity and charge ordering in underdoped cuprates result in the nanoscale phase separation and the occurrence of competing and coexisting of insulating and metallic/superconducting phases. We identify possible types of localized and mobile charge carriers in these systems, which segregate into insulating (carrier-poor) and metallic/superconducting (carrier-rich) regions as a result of their specific ordering. We found that the coexistence of two competing insulating and metallic phases can persist in the lightly doped cuprates on a local scale, while the coexistence of three competing insulating, metallic and superconducting phases is expected in the underdoped cuprates on a global scale. We demonstrated that the competing effects of these coexisting insulating and metallic/superconducting phases are manifested in the unusual temperature dependences of the magnetic susceptibility and resistivity and in the suppression of superconductivity in various underdoped cuprates.

We have identified the possible types of localized and mobile charge carriers in these systems, which segregate into insulating (carrier-poor) and metallic/superconducting (carrier-rich) regions as a result of their specific ordering. We found that in La-based cuprates the metal-insulator transitions and nanoscale phase separation into insulating and metallic regions would occur in the doping range from $x \approx 0.04$ to $x \geq 0.13$, while such metal-insulator transitions and phase separation in Y-based cuprates would occur in the doping range from $x \approx 0.02$ to $x = 0.125$. Our results show that the coexistence of two competing insulating and metallic phases can persist in lightly doped cuprates ($x < 0.05$) on a local scale, while the coexistence of three competing insulating, metallic and superconducting phases is expected in underdoped cuprates ($0.05 < x \leq 0.13$) on a global scale. We demonstrated that the possible competing effects of the coexisting insulating and metallic/superconducting phases are manifested in the unusual temperature-dependent behaviors of $\chi(T)$ and $\rho(T)$ and in the suppression of T_c in various underdoped cuprates. In particular, $\chi(T)$ exhibit three distinct behaviors: (i) insulating behavior at $x \leq 0.05$, (ii) unusual metallic behavior in the underdoped regime ($x \approx 0.05-0.13$), and (iii) usual metallic behavior in optimally doped regime. Similarly, the insulating behavior of $\rho_c(T)$ in underdoped Ca-YBCO is changed gradually to the metallic behavior in optimally doped Ca-YBCO.

This work was supported by the Foundation of Uzbek Academy of Sciences, Grant No. OT- Φ 2-15.

MICROSCOPIC SURFACE INVESTIGATION OF INITIAL, ANNEALING AND IRRADIATED BY γ -QUANTAS OF Cu-Tl-X ($x = S, Se$)

¹Medatov R.S., ²Baylarov Kh.B., ¹Mamishova R.M.

¹Institute of Radiation Problems of ANAS, Az. 1143, B.Vagabzadeh 9, Baku, Azerbaijan

²Ganja State University, Shah Ismayil Khetayi Ave 187, Ganja, Azerbaijan

One of the important issues of contemporary material science, as well as the physics of solid states, is the acquisition of materials that meet the requirements of scientific technical progress and the elaboration of their purposeful management techniques. It has been of considerable scientific interest for a long time since copper chalcogenides, alkaline earth metals and thallium metal have a higher physical properties for the production of new functional materials compared to semiconductors with triple and more compound alkaline compounds[1-3]. The study of the relationship between mergers, the crystal structure and physical properties of these phases is of great importance from the point of view of the development of new techniques for the development of high-performance materials.

Herein, it is of particular interest to study to study the changes in the surfaces of Cu-Tl-X ($x=S, Se$) type compounds exposed to gamma radiation and temperature in comparison with the original samples. In this study, we derived three dimensional (3D) images of the surface and size distribution curves of the surface image elements, i.e., histograms for the original Cu-Tl-X ($x=S, Se$) type compounds and the ones exposed to gamma-radiation and temperature(to annealing).

2. MATERIALS SCIENCE AND RADIATION SOLID STATE PHYSICS

The resulting samples were exposed to a dose of $D\gamma = 500$ krad using an MRX γ -25 setup with a ^{60}Co isotope source. The surfaces of the Cu-Tl-X ($x=\text{S, Se}$) type compounds before and after their exposure to the gamma radiation and temperature were studied using an SZMU-L5 atomic force microscope (AFM). 3D images of the surfaces of the films, their histograms were obtained.

The 3D images and histograms show that the surfaces of the original (unexposed) samples are characterized by uniformly distributed structural defects induced by the history of the preparation of the compounds. The major structural defects are dislocations, clusters, complexes of intrinsic point defects of Cu-Tl-S system and impurities, etc. In addition, the samples have different degrees of imperfection; the height of the nanoparticles (grains) for the CuTlS, edecreases by a factor of ~ 1.7 compared to the CuTlS. It is revealed from the AFM data that the dynamics of the change in the surface relief of Cu-Tl-X ($x=\text{S, Se}$) type compounds depend on both the absorbed gamma- radiation dose and the temperature.

References:

1. Ivanov Shits, A.K. and Murin, I.V., Ionika Tverdogo Tela (Solid State Ionics), Saint Petersburg: SPbGU, 2000, vol. 1, 616 p.
2. Gurevich, Yu.Ya. and Kharkats, Yu.I., Superionnye provodniki (Superionic Conductors), Moscow, 1992.
3. ZiyaS.Aliev, Yury M.Koroteev, TomaszBreczewski, Nizamaddin B.Babanly, Imamaddin R.Amiraslanov, AntonioPolitano, GotzonMadariaga, Mahammad B.Babanly, Evgueni V.Chulkov, Insight on a novel layered semiconductors: CuTlS and CuTlSe, Journal of Solid State Chemistry, Vol. 242, Part 1, October 2016, pp. 1-7.

MODERN STATUS OF RADIATION MATERIAL SCIENCE IN UKRAINE

Voyevodin V.¹, Tolstolutska G.¹, Belous V.¹, Tikhonovsky M.¹

¹National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
E-mail: voyev@kipt.kharkov.ua

Nuclear Power Plants (NPP) are now the main source of electrical and thermal energy and guarantees the energetic independence of Ukraine, also one of the main reasons of CO₂ reduction. In some months of 2017 – 2018 years more than 60% of electric energy was produced by 15 working NPP (2- WWER -440 and 13- WWER -1000).

In spite of considerable efforts of scientists in many countries of the world which develop the nuclear power the economically necessary levels of operation on operating reactors are not attainable.

Just the behavior of structural materials restricts the achievement of higher levels of damage doses and impedes the reaching of higher burn-up of fuel.

The role of structural materials of the core and reactor vessels consists in the providing of minimal consequences in an emergency, and, in other words, in solving of main problems of the reactor safety and economy, also including the problems of waste management.

The presented paper describes the modern problems of structural materials in conditions of reactor operation and also work of Ukrainian scientists for reactors of future generations.

The main components of reactors on thermal neutrons (WWER-440, WWER-1000, PWR, BWR) that are subjected to the intensive radiation exposure are the pressure vessels, fuel elements claddings, pressure vessels internals, which can lead to degradation of original physical- mechanical properties and dimensional changes.

The service life of reactor vessel mainly determines the service life of NPP units. Understanding of the mechanisms of radiation embrittlement, which is a main reason of trouble for vessel integrity, will allow forecast this radiation phenomenon and possibility of their further operation up to 60-80 years.

One of important challenge for radiation material science now is estimation of radiation resistance of materials for pressure vessel internal (PVI) for WWER-type reactors, especially features of void swelling phenomena.

The actual way of investigation is analysis and generalization of mechanisms of influence of different operational factors on swelling and microstructure of austenitic steels, prediction of serviceability of elements of pressure vessel internals of reactor units at high damaging doses.

Influence of transmutation gases (He and H) on processes of radiation damage in structural materials is discussed.

The accident on Japan NPP “Fukushima” demands the increase of the safety and economy of zirconium alloys by formation of prescribed structural states and surface modification. It was shown that using of developed protective coatings can allow to protect Zr-claddings ever in LOCA accident case

Realization of the programs of development and construction of nuclear plants of new generation (INPRO, Gen IV, fast reactors BN-800 and BN-1200, Terra Power, traveling wave reactors and so on) and also the increase of

2. MATERIALS SCIENCE AND RADIATION SOLID STATE PHYSICS

operational characteristics of nuclear reactors under operation is possible only on the condition that problems of nuclear material science will be solved.

Status of prospective reactors of next generation requires the development of principally new materials with much higher radiation resistance and improved mechanical and corrosion properties, particular ferritic-martensitic alloys after TMT, ODS steels and high entropy alloys (HEAs) Part of last received results will be presented.

PRODUCTION OF HIGH INTENSE BEAMS OF METALLIC IONS BY MIVOC METHOD

*Ivanov I.A.¹, Kislitsin S.B.¹, Sambayev Y.K.¹, Zdorovets M.V.¹, Koloberdin M.V.¹, Kurakhmedov A.E.¹,
Mustafin D.A.¹, Abdigaliyev M.B.¹, Loginov V.N.², Bogomolov S.L.², Bondarchenko A.E.²*

Astana branch of Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan
Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

The current article presents the research provided with the accelerator complex DC-60 of Astana branch of the INP. The purpose of the experiments is getting of multicharged ion beams using MIVOC method (Metal Ions from Volatile Compounds). MIVOC method is the high-efficiency approach which allows receiving wide spectra of metallic ion beams. Substances that are used in this technique are the organic compounds which include metals such as ²⁸Si, ⁴⁸Ti, ⁵⁹Ni, ⁵⁹Co and ⁷⁴Ge. These compounds have a very high vapor pressure at room temperature (1E-3 mbar or higher) [1], that is the key property in the current approach. Over the last two years, these ion beams were produced on ECR-source DECRIS-3 and accelerated on cyclotron DC-60 (Table 1). All of these elements are essential for experiments in spheres such as Nuclear Physics, Materials science, Nanotechnology.

Table 1 - Intense (mkA) of the ion beam in the relation between atomic mass (A) and charge (Z)

Z \ A	+	+	+	+	+	+	+	0+	1+	2+	3+	4+	5+
⁸ Si	2	8	9	6									
⁸ Ti				0	5	8	0	3	0				
⁹ Ni								1	2	4	0		
⁹ Co			0	6	8	2	4	2	5	0			
⁴ Ge						2	7	0	1	5	1		

References:

[1] Koivisto H. et al Metal ions from the volatile compounds method for the production of metal ion beams 2012. № 1998 (785). P. 23–26.

PSEUDOGAP PHENOMENA AND NOVEL ISOTOPE EFFECTS ON THE PSEUDOGAP FORMATION TEMPERATURE IN HIGH- T_c CUPRATE SUPERCONDUCTORS

Djumanov Sh.S.

Institute of Nuclear Physics, Uzbek Academy of Sciences, Ulugbek, Tashkent, 100214, Uzbekistan.
sherzoddjumanov1984@gmail.com

High-temperature superconductivity was discovered first by Bernorz and Müller [1] in 1986 in a complex copper oxide (cuprate) compound $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ where x is the doping level. One of the serious difficulties in understanding the mechanism of high- T_c superconductivity in the cuprates is related to their pseudogap features not encountered before in conventional metallic superconductors. Therefore, understanding of the pseudogap phenomena in high- T_c cuprates will provide clues for unveiling the mechanism of novel superconductivity in underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates. The pseudogap phenomena in these high- T_c cuprates mean the suppression of the density of states at the Fermi surface above T_c without the emergence of superconducting order. Although the different (so-called large and small) pseudogaps in the normal state of high- T_c cuprates have been observed in many experiments [2,3], their origins are still controversial and remain a major unsolved problem. The consistent theory should explain not only the formation of the pseudogap, but also other effects, in particular, the novel isotope effects on the pseudogap formation temperature T^* observed in high- T_c cuprates. The distinctive feature of the cuprates is that they are typical polar materials where the electron-phonon interactions are expected to be sufficiently strong and unconventional. Actually, there has been growing experimental evidence (see Ref. [4]) that the unconventional electron-phonon interactions and polaronic effects are involved in the pseudogap phenomena and novel isotope effects on T^* in high- T_c cuprates. In this work, we resolve the above issues of the pseudogap phenomena and novel isotope effects on the pseudogap formation temperature T^* in various high- T_c cuprates. In so doing, we clarify the origins of distinctly different pseudogaps and isotope effects on T^* . We study the novel polaronic isotope effects on T^* in various high- T_c cuprates and identify the origins of all unusual isotope effects on T^* in various cuprate superconductors, from the underdoped to the overdoped regime. We show that the heavily overdoped cuprates with $T^* = T_c$ are similar to ordinary metals and the isotope effects on T_c in these systems just like in some metals are relatively small positive or become even negative. Various experiments [5-9] revealing the peculiar isotope effects on T^* and other physical quantities in high- T_c cuprates have shown that the electron-phonon interactions play a major role in these materials. We demonstrate that the unconventional electron-phonon interactions and related polaronic effects are responsible for the formation of different pseudogaps (i.e. polaronic pseudogap and BCS-like pairing pseudogap) and anomalous oxygen and copper isotope effects on T^* in underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates.

References:

1. J. G. Bernorz and K. A. Müller, *Z. Phys.* B64, 189 (1986).
2. T. Timusk and B. Statt, *Rep. Prog. Phys.* 62, 61 (1999).
3. P. A. Lee, N. Nagaosa, and X.-G. Wen, *Rev. Mod. Phys.* 78, 17 (2006).
4. V. Z. Kresin, S. A. Wolf, *Rev. Mod. Phys.* 81, 481 (2009).
5. J. Bardeen, L. N. Cooper and J. R. Schrieffer, *Phys. Rev.* 108, 1175 (1957).
6. T. Timusk and B. Statt, *Rep. Prog. Phys.* 62, 61 (1999).
7. P. A. Lee, N. Nagaosa, and X.-G. Wen, *Rev. Mod. Phys.* 78, 17 (2006).
8. V. Z. Kresin, S. A. Wolf, *Rev. Mod. Phys.* 81, 481 (2009).
9. G.-M. Zhao, H. Keller, and K. Conder, *J. Phys.: Condens. Matter* 13, R569 (2001).

ROENTGEN DOSIMETRIC CHARACTERISTICS OF AgGaS_{2x}Se_{2-2x} SINGLE CRYSTALS

Asadov S.M.¹, Mustafaeva S.N.²

¹Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

²Institute of Physics, National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

AgGaS₂ (silver thiogallate) single crystals are promising materials for the construction of X-ray detectors, laser radiation converters of the intermediate IR range, and parametric quantum generators, which may find application in nonlinear optics, spectroscopy, and the communications industry [1,2].

The aim of this study was to obtain optically homogeneous based AgGaS₂ single crystals with high X-ray sensitivity. Single crystals AgGaS_{2x}Se_{2-2x} (x = 0; 0.5 и 1.0) were grown by using the method of chemical transport reactions (CTR).

The results of X-ray studies at room temperature showed that single crystals based on the AgGaS₂ compound crystallize in the chalcopyrite structure with the lattice parameters $a = 5.7571-5.7572 \text{ \AA}$ and $c = 10.3110-10.3036 \text{ \AA}$ for AgGaS₂ and $a = 5.992$; $c = 10.883 \text{ \AA}$ for AgGaSe₂.

Single crystals of AgGaSe₂ grown by CTR method in comparison with AgGaS₂ and AgGaS_{2x}Se_{2-2x} had the highest X-ray sensitivity. At an effective radiation hardness of 30 keV and a dose rate of $\dot{E} = 10 \text{ R / min}$ the coefficient of roentgen sensitivity $K = 5.4 \times 10^{-13} \text{ (A min)/(V R)}$ for AgGaS₂ and $K = 15 \times 10^{-13} \text{ (A min)/(V R)}$ for AgGaSe₂. Dose dependences of X-ray conductivity coefficient K_{σ} of AgGaS₂-based single crystals were studied and obtained results are shown in the table 1.

Table 1 - Coefficients of roentgen conductivity of AgGaS_{2x}Se_{2-2x} (x=0; 0.5 и 1.0) single crystals at $T = 300\text{K}$

E, R/min	K _σ , min/R			V _a , keV	E, R/min	K _σ , min/R			V _a , keV
	x = 1	x = 0.5	x = 0			x = 1	x = 0.5	x = 0	
1.68	2.68	6.55	6.94	25	8.89	0.62	1.46	1.76	40
2.03	3.20	6.90	8.54		12.60	0.56	1.19	2.04	
2.73	3.11	6.96	8.3		16.38	0.52	1.16	1.97	
3.64	1.37	3.02	3.39	30	10.00	0.50	1.20	1.23	45
6.44	1.24	2.64	3.99		25.34	0.36	0.87	1.28	
8.33	1.14	2.52	3.72		31.29	0.34	0.80	1.25	
8.82	0.79	1.70	2.53	35	13.05	0.46	1.07	1.16	50
10.64	0.75	1.69	2.73		17.01	0.41	0.94	1.31	
12.46	0.72	1.68	2.59		24.64	0.34	0.81	1.31	

We also investigated the X-ray current in the AgGaS_{2x}Se_{2-2x} samples and found that the dark current in the samples, in contrast to CdIn₂S₄ and CdGa₂S₄ single crystals [3,4], reached a steady state value almost immediately after the X-ray radiation was turned off.

Thus, the obtained single crystals can be recommended as active materials for the creation on their basis of uncooled and practically non-inertial X-ray recording devices.

References:

1. T.Uematsu, T.Doi, T.Torimoto, S.Kawabata // Phys. Chem. Lett. 2010. V.1. No 22. P.3283.
2. Y.Zhang, R.Wang, Z.Kang et al // Opt. Commun. 2011. V.284. P.1677.
3. S.N.Mustafaeva, M.M.Asadov, D.T.Guseinov // Inorg. Mater.: Appl. Res. 2010. V.1. P.293.
4. S.N.Mustafaeva, M.M.Asadov, D.T.Guseinov //Inorg. Mater. 2010. V.46. No 6. P.587.

SUPERIONIC CONDUCTIVITY OF (TlGaSe₂)_{1-x}(TlInS₂)_x MIXED CRYSTALS INDUCED BY γ – IRRADIATION

Sardarli R.M., Salmanov F.T., Aliyeva N.A., Mammadov R.A.

Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, B. Vahabzadeh str., 9, AZ 1143
famin-salmanov@rambler.ru

In recent years, a number of new physical properties have been discovered in crystals of layered and chain chalcogenides of the third group: relaxor states, switching effects with memory, superionic states [1-10]. This makes it possible to use these crystals as supercapacitors, low-voltage capacitors of large capacity, X-ray detectors, nuclear radiation detectors and other functional elements of microelectronics.

Investigations of the electrical properties and dielectric relaxation of crystals from the family of chalcogenides of the third group (TlGaSe₂, TlInSe₂ and TlInS₂) revealed the presence of superionic conductivity, the mechanism of which was associated with the diffusion of monovalent thallium ions [2-4].

Analysis of the literature data shows that further studies of thallium chalcogenide compounds, united by the general formula TlB^{III}C^{VI}₂, are of undoubted interest. With the purpose of expanding the earlier work, understanding the nature of the relaxation processes taking place, in this work the kinetic characteristics in (TlGaSe₂)_{1-x}(TlInS₂)_x crystal have been studied. The investigations were carried out before and after the irradiation by γ -quanta of energy \approx 1 MeV (1.17 and 1.33 MeV) from ⁶⁰Co source, at room temperature using the method of impedance spectroscopy and measurements of the temperature dependence of conductivity.

Measurements of impedance properties are represented as a hodograph in the complex plane, having the form of an arc of regular or distorted circles. For a more detailed analysis of the spectral characteristics of the real and imaginary components of the impedance, their frequency dependence is constructed.

Measurements were performed before and after γ -irradiation with a dose of 75 Mrad.

The frequencies (f_{max}), corresponding to the maximum of Z'' , the relaxation times (τ), the frequencies, corresponding to the beginning of the frequency dispersion (f_{jamp}) for (TlGaSe₂)_{1-x}(TlInS₂)_x crystal before and after γ -irradiation are tabulated. The measurements are performed at room temperature.

Crystals	D γ	f_{max} , (kHz)	$\tau=1/2\pi f_{max}$
TlGaSe ₂	0 Gy	0.025	$6 \cdot 10^{-3}$
	0,75 Mgy	0.15	$1.7 \cdot 10^{-4}$
(TlGaSe ₂) _{0.8} (TlInS ₂) _{0.2}	0 Gy	0.8	$2 \cdot 10^{-4}$
	0,75 Mgy	0.35	$5,5 \cdot 10^{-4}$
(TlGaSe ₂) _{0.7} (TlInS ₂) _{0.3}	0 Gy	3	$5.3 \cdot 10^{-5}$
	0,75 Mgy	0.13	$1.4 \cdot 10^{-4}$

The observed jump in the electrical conductivity in TlGaSe₂ and TlInS₂ crystals subjected to γ -irradiation can be explained by a sharp change in the number of ions in the states where they have high mobility, i.e. phase transition to the superionic state.

The crystal structure of the TlGaSe₂ and TlInS₂ compounds consists of anionic layers formed by Ga₄Se₁₀(In₄S₁₀) tetrahedron which in turn consist of four GaSe₄(InS₄) tetrahedron [6]. Tl⁺ ions are located in trigonal voids. From crystal-chemical considerations it follows that the layered structure of TlGaSe₂ and TlInS₂ crystals and the position of Tl⁺ ions in trigonal voids contribute to the mobility of thallium ions to the greatest extent.

The linear character of $\ln(\sigma \cdot T)$ vs $1/T$ higher than the temperature jump indicates the predominant nature of the ionic conductivity above the critical temperature. The presence of layers with weak Van-der-Waals interaction and also the position of Tl⁺ ions in trigonal voids suggests, that in TlGaSe₂ and TlInS₂ crystals after γ -irradiation at 450 K a phase transition to the superionic state occurs due to diffusion of thallium ions in vacancies in thallium sub-lattice. γ -irradiation promotes the disordering (melting) of the thallium sub-lattice in the TlGaSe₂ and TlInS₂ crystals. Such a conductivity pattern is typical for materials with predominantly ionic conductivity [1].

References:

1. Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullaev A.P., Salmanov F.T., Urbanovic A., Garet F., Coutas J-L. Japanese Journal of Applied Physics, 50 (2011) 05FC09 1-2.

- Sardarly R.M., Samedov O.A., Sardarli A., Aliyeva N.A., Aqayeva R.Sh., Musazade T. "Superionic Conductivity and Specific Effects Induced by γ – Radiation in Nanofibrous TlGaTe₂ Crystals", "International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology", Vol.1, Issue 1, 2012, pp.20-28.
- Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullaev A.P., Salmanov F.T. Giant dielectric relaxation in TlGaTe₂ crystals. FTT, 2011, v.53, v.8, p.1488-1492 (in Russian).
- Sheleg A.U., Zub E.M., Yachkovskii A.Ya., Mustafayeva S.N. and Kerimova E.M. "X-ray diffraction study of (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x crystal system" Crystallography Reports", 2012, vol.57, no.2, pp.283-285.
- Mustafayeva S.N., Kerimova E.M., Abdinbekov S.S., Aliyeva L.N., Hasanov A.I., Jafarova S.G. "Electrophysics of (TlInSe₂)_{0.1}(TlGaTe₂)_{0.9}" ICTRE-2012, N.68, pp.332-334.
- Panich A.M., Sardarly R.M. "Physical Properties of the Low Dimensional A³B⁶ and A³B³C⁶₂ Compounds" <Nova Science Publishers> NY, 2010, p.310.
- Alekseyev I.V., Rozov S.V. Nuclear radiation detector. Patent No. 80070, 2009 (in Russian).
- Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullaev A.P., Guseinov E.K., Salmanov F.T., Safarov G.R. FTP, 44, 610 (2010) (in Russian).
- Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullaev A.P., Salmanov F.T., Alekperov O.Z., Guseinov E.K., Aliyev N.A. FTP, 45, 1441 (2011) (in Russian).
- Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullaev A.P., Guseinov E.K., Gojayev E.M., Salmanov F.T. FTP, 45, 1009 (2011) (in Russian).

TEMPLATE SYNTHESIS AND THERMAL ANNEALING OF COMPOSITE MEMBRANES PREPARED WITH GREEN CHEMISTRY APPROACHES

Mashentseva A.A.¹, Krekesheva A.R.², Krasnov V.A.², Khasen T.G.², Zhumazhanova A.T.^{1,2}

¹The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: mashentseva.a@gmail.com

Flexible composite materials based on polyethylene terephthalate track membranes and copper/copper oxide nanostructures are a new class of functional materials and are successfully used in various fields of materials science. The use of electroless and electrochemical template synthesis techniques allows obtaining composite membranes with hollow nanotubes or nanowires of the desired dimension [1,2]. However, it was much more problematic to use conventional methods of "wet chemistry" for the deposition of oxide forms of copper in polymer templates: most of the recommended methods imply the use of alkaline precipitation solutions, which is unacceptable for PET based on PET, as in an alkaline environment there is an active etching of the template and with prolonged by keeping the Cu / PET composite in a similar precipitation solution, the composite is completely dissolved.

The method of thermal annealing is one of the simplest and most effective ways of converting a HC of copper into CuO; however, most of the published works indicate the use of high-temperature modes of annealing — 200–800 ° C. However, for annealing the Cu/PET composite, it should be noted that PET has a low melting point, which means that having the ultimate goal of preserving the flexibility and mechanical strength properties of the composite membrane, the use of high-temperature annealing modes is undesirable.

The main objective of this study is to systematically study the process of obtaining composites based on copper oxide and PET track membranes, as well as to study the structure and properties of the synthesized membrane composites.

We studied composites based on copper nanotubes obtained using various reducing agents: classical reducing agent formaldehyde, environmental-friendly glyoxalic and ascorbic acids. Thermal oxidation was carried out in the temperature range of 115-150°C. Resulting Cu/CuO composites were elucidated using SEM, EDA and XRD techniques.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under project AP05130797.

References:

- A.A. Mashentseva, A.L. Kozlovskiy, and M.V Zdorovets, Mater Res Express 5, 065041 (2018).
- I.E. Kenzhina, M.V Zdorovets, A.L. Kozlovskiy, and K.K. Kadyrzhayev, Mater Res Express 5, 035052 (2018).

THE EFFECT OF GAMMA-RAYS ON THE ELECTRICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF THE LAYERED GaSe SINGLE CRYSTALS

Madatov R.S.^{1,2}, Hajiyeva S.A.¹, Mammadov M.A.¹

¹ Institute of Radiation Problems of the Azerbaijan National Academy of Sciences, AZ-1143, Baku, B. Vahabzadeh, 92

² Azerbaijan National Aviation Academy, AZ 1045, Baku, Bina s.

E-mail: selcan.mamedkhanova@mail.ru

Key words: *Electrical conductivity, γ -quanta, current-voltage characteristics, defects*

Semiconductor materials with layered structure are of great practical significance in recent years for improvement in the properties of devices used in space research, military equipment, medicine. Layered semiconductors are usually crystallized in defect structures. GaSe crystals of the A^3B^6 group compound with layered structure have interesting physical properties for their structural features, which is reflected in the study of their electrical, photoelectric and optical properties. The main feature of GaSe single crystal is its layered structure, which is due to the anisotropy of the chemical bond of atoms involved in the construction of a quasi-dimensional lattice.

The studied crystal was prepared by the Bridgman-Stokbarger method. The specific resistance of the obtained crystal at room temperature was $2 \cdot 10^9$ Ohm·cm and $1 \cdot 10^8$ Ohm·cm respectively in parallel and perpendicular direction to the layers. GaSe single crystals have to acceptor level at 0.65 eV and 0.90 eV, and one donor level at 0.57 eV. The crystal investigated by us has a p-type of conductivity.

The sample was mounted on special non-conductive substrate using epoxy adhesive. The distance between sample contacts is 6.72 mm, and the width and thickness are 4.64 mm and 2.76 mm respectively. The width of the forbidden zone at room temperature is 2 eV.

It is well-known that one of the tested methods used to detect the properties of electronic processes in the semiconductors with wide band gap, to detect the energy spectrum of the band gap of semiconductor, the interaction of the local levels with the free charge carriers and to detect and clarify the features, the mechanism of initiation of the effects associated with this interaction is CVC study for these materials under various external and material conditions.

Nowadays the effects of various irradiation on the electric and photoelectric properties of semiconductor materials and the problems of changing the properties of semiconductors through these effects are of great scientific importance in modern times. In order to study the effects of γ -quanta on the electrical and photoelectric properties GaSe single crystals, the electric and photoelectric properties of the sample were first studied at various temperatures and different voltages. Then, the sample at a temperature of 290 K was irradiated with γ -quanta of 50 krad dose. The investigation of the current-voltage characteristics (CVC) at 300 K after the irradiation in this dose was shown, that the electrical conductivity at low electric field intensity (3-90 V/m) is reduced in comparison with the values before irradiation. At the intensity of the electric field of $90 \cdot 6 \cdot 10^3$ V/m the conductivity is slightly larger than the initial value. This is explained by the fact that as a result of low-dose γ -quanta irradiation, point defects form in the sample and these defects play the role of traps. Electrons injected from cathode are captured by these traps and the conductivity decreases. At relatively high values of the electric field conductivity increases due to ionization. From the CVC plot investigated under the effect of light has been determined that the electrical conductivity at the electric field intensity up to $3 \cdot 1,49 \cdot 10^3$ V/m after irradiation with γ -quanta increased by about 2 times compared to the previous value. From the temperature dependence of the current intensity at different voltages it has been determined that after irradiation dose of 50 krad the conductivity at low temperatures (120-220 K) increased greater compared to the initial state, but approaching the room temperature has increased relatively little. The research will continue with higher doses of irradiation.

THE EFFECT OF IRRADIATION WITH SWIFT HEAVY IONS ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF BERYLLIUM OXIDE CERAMICS

Ryskulov A.E.¹, Kozlovskiy A.L.², Kislitsin S.B.², Zdorovets M.V.^{1,2,3}

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

³ Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

In the modern world, great attention is paid to new construction materials for nuclear power engineering, which are operated in harsh environments, such as high temperatures, intense fluxes of ionizing radiation and corrosive environments. In most cases, materials with a complex crystal structure based on oxides, ferrites, layered, binary, and ternary systems are used for protection against ionizing radiation, which ensures high radiation resistance of materials. In turn, BeO ceramics stands out among all types of ceramics due to unique combination of high thermal conductivity with high electrical resistivity. Also due to low value of thermal neutron absorption cross section, high chemical and corrosion resistance and thermal conductivity, BeO ceramics have great potential for use as structural materials for nuclear and atomic industry. The main requirement for structural materials is to ensure stability of working characteristics, such as thermal conductivity, electrical resistance, high radiation and corrosion resistance to external influences. When ceramics are irradiated with ionizing radiation, in particular by heavy ions, an enormous number of defects appear in their structure, most of which annihilate in a very short time (10^{-14} - 10^{-12} s) as a result of defects radiation annealing. However, the remaining part of defects can lead to significant change in physicochemical, structural, and optical properties of the ceramics by creating cascades of secondary defects and displaced atoms.

The paper presents study results of structural and optical changes in heavy ion irradiated BeO ceramics. Irradiation was carried out on DC-60 heavy ion accelerator using Ni¹²⁺ ions with an energy of 100 MeV with irradiation fluence of 10^{13} - 10^{14} ions/cm². It has been established that intensity decrease and shape change of OSL (Optically Stimulated Luminescence) curves for irradiated samples are caused by concentration increase of defects and amorphous inclusions, which affect ceramics reflectance. It has been determined that change in magnitude of atom displacements from lattice sites is exponential, which is conditioned by defect overlap regions occurrence at fluence of 10^{14} ions/cm², followed by formation of a large number of migrating defects in structure, leading to crystal structure distortion and deformation due to chemical bonds rupture. In case of defect overlap areas generation, characteristic for irradiation fluences of 5×10^{13} - 10^{14} ions/cm², amorphous-like inclusions formation of more than 5% was observed, that leads to thermal conductivity decrease by 15-20%.

THE OBTAINING AND RESEARCH OF ELECTRODE COATINGS FOR FLEXIBLE SEMICONDUCTOR DEVICES

Zhantuarov S.R.^{1,2}, Chuchvaga N.A.^{1,2}, Zholdybaev K.S.^{1,2}, Shongalova A.K.^{1,2}, Tokmoldin N.S.¹

¹Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

The fabrication of flexible semiconductor devices including solar cells, LEDs and transistors, requires flexible and transparent electrodes in the range of light affecting the absorbance layer. This line of research is popular in international research groups [1-3]. The need for such type electrodes development is due not only to their mechanical and optical properties, but also to the fact that they allow the potential to replace expensive and rare materials, thereby making it possible to increase the cost efficiency of a commercial product. This report is devoted to the study of the optoelectronic properties of electrode coatings from promising nanomaterials based on carbon nanotubes and silver nanowires. The films used made it possible to manufacture electrodes without the use of gold, silver, and vacuum deposition. The purpose of this work was to obtain our own films based on carbon nanotubes and silver nanowires, and to study their structure, as well as the optical and electrical properties. Furthermore, to evaluate the characteristics of the films they were compared to the more expensive literature standard as control.

A group of samples with different film thicknesses were made by spray pyrolysis to study the properties of carbon nanotube and silver nanowires base layer. The thickness was set by changing and counting the spray movements upon the samples. To keep the thickness and homogeneity consistent the height of the spray position of was controlled.

The morphology and dimensions of the structures that make up the film were studied. Moreover, the surface and specific resistances, as well as the carrier concentration and the charge carrier mobility were measured. The transmission

coefficients were also obtained after the samples were prepared. In order to study the structure and dimensions of the objects forming the film, a scanning electron microscope JSM-6490LA, JEOL, Japan was used. In order to evaluate the optical properties, the transmittance was measured using a QEX10 quantum efficiency measurement instrument manufactured by PV Measurements, Inc. This setup made it possible to measure the transmission of light through the film in the range of 300 nm to 1100 nm. The electrical properties were carried out using the multimeter "UT70B" for measuring surface electrical resistance; meanwhile as the carrier concentration, carrier mobility, and resistivity, were derived from a Hall effect instrument produced by EGK company.

Acknowledgements. The authors are grateful for the assistance in providing materials to Dr. M.J. Carney and his team at Swansea University, UK, with support from the British Council Newton-Al-Farabi Partnership Program.

The work was carried out within the framework of the Grant financing of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (project IRN AR05133651) and the Program of targeted financing (project IRN: No. BR05236404).

References:

1. Tokuno T. et al. Hybrid transparent electrodes of silver nanowires and carbon nanotubes: a low-temperature solution process // *Nanoscale research letters*. – 2012. – V. 7. – №. 1. – P. 281.
2. Lee J. et al. Synergistically enhanced stability of highly flexible silver nanowire/carbon nanotube hybrid transparent electrodes by plasmonic welding // *ACS applied materials & interfaces*. – 2014. – V. 6. – №. 14. – P. 10974-10980.
3. Jing M. et al. High performance of carbon nanotubes/silver nanowires-PET hybrid flexible transparent conductive films via facile pressing-transfer technique // *Nanoscale research letters*. – 2014. – V. 9. – №. 1. – P. 588.

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ ВОЛЬФРАМАТА СВИНЦА $PbWO_4$ (PWO)

Ашуров М.Х¹., Нуритдинов И¹., Саидахмедов К.Х¹., Исмоилов Ш.Х².

¹Институт Ядерной Физики АН РУз, 100214, Ташкент, п. Улугбек, ул.Хуросон,1, Узбекистан

²Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми, Ташкент, Узбекистан
skhahramon@yandex.ru

В настоящее время для регистрации ядерных частиц, в высокоэнергетической области, широко применяются сцинтилляторы на основе оксидов с тяжелыми металлами. Одним из перспективных материалов данного семейства являются кристаллы вольфрамата свинца, т.е. $PbWO_4$ (PWO). Важным является изучение причин деградации спектрометрических свойств в полях повышенной радиации, где они применяются. В данной работе было изучено влияние γ -облучения источника ^{60}Co на световыход (S) кристаллов $PbWO_4$ примесями (La,Nb). Результаты измерений показали, что основное уменьшение наблюдается до дозы ~ 10 Мрад. Повышение дозы от 10-100 Мрад было обнаружено, что изменение по сравнению с поглощенной дозой 10 Мрад не существенно. Качественная картина изменения световыхода (S) для обоих кристаллов схожая, все же при одинаковых условиях облучения уменьшение для кристаллов PWO (La) больше. Для γ -облученных кристаллов показано, что после отжига при температуре ~ 700 К, кривые амплитудного распределения возвращаются в исходное состояние. Аналогичный эффект восстановления наблюдается в γ -облученных кристаллах, хранящихся при температуре ~ 300 К (72 час). Такие результаты пост-эффектов γ -облученных кристаллов как: низкая температура отжига, тенденция насыщения степени и уменьшения световыхода (S) при малых дозах (≥ 10 Мрад), а также способность кристаллов со временем восстанавливать спектрометрические свойства - показывают, что ухудшение свойств после γ -облучения обусловлено в основном изменением в электронной подсистеме исследуемых кристаллов. То есть, происходит перезарядка примесей или локализация зарядов на дефектах структуры биографического характера. Измерение гаммалюминесценции (ГЛ) при температуре канала (300 К), показала, что наблюдается свечение в области $\lambda_{max}=420$ нм. После γ -облучения (~ 100 Мрад) наблюдается незначительное уменьшение интенсивности свечения, при сохранении формы спектра ГЛ для PWO(Nb), а для PWO(La), это более заметно. Это согласуется с большим уменьшением световыхода (S) для кристаллов PWO(La) при γ -облучении. Из этого следует, что при γ -облучении в кристаллах PWO(La), в отличие от кристаллов PWO(Nb), возможно происходит образование дефектов структуры. Обсуждаются возможные причины деградации спектрометрических свойств, условия восстановления при хранении γ -облученных образцов и природа образующихся дефектов в обоих типах кристаллах.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА С ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ И НАНО- α -Fe₃O₄

Байрамов М.Н., Магеррамов А.М., Нуриев М.А., Алиев Н.Ш., Мамедов Б.А.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан

В настоящее время, одна из перспективных направлений для создания полимерных нанокомпозитов является модификация полимерной матрицы различными наноразмерными оксидами металлов с ферромагнитными свойствами. Такие композиты позволяют получать протяженные полимерные пленки с магнитными свойствами, которые представляют определенный интерес для применения в области электроники и электротехники.

В представленной работе исследованы диэлектрические свойства (ϵ и $\text{tg}\delta$) композитов на основе сополимера поливинилиденфторида с тетрафторэтиленом (Ф-2М) П(ВДФ-ТэФЭ) и нано- α -Fe₃O₄ модифицированных γ -излучением. Используемый нано- α -Fe₃O₄ размером 20-40 нм синтезирован нами методом гидролиза и совместного соосаждения из 2%-ых водных растворов солей железа FeSO₄·7H₂O, FeCl₃·6H₂O и 25%-го раствора аммиачной воды. Композиты с содержанием 5 и 10 об.% нано- α -Fe₃O₄ толщиной ~200 мкм были получены термопрессованием из смеси порошков компонентов при давлении 150 МПа и температуре 170°C с дальнейшим охлаждением в смеси лед-вода. Диэлектрические параметры (ϵ , $\text{tg}\delta$ и ρ_v) образцов типа «сэндвич» измеряли с помощью измерителя иммитанса Е7-20. Модификацию γ -излучением производили при поглощенной дозе D=100÷500 кГр на установке RXM- γ -25 с источником излучения ⁶⁰Со. Мощность поглощенной дозы 11,215·10⁻² Гр/сек.

Как видно из рисунка 1а, исходные значения ϵ повышается с увеличением объемной доли нано- α -Fe₃O₄ в композите. С повышением дозы γ -облучения до 300 кГр значения ϵ для П(ВДФ-ТэФЭ) и композита П(ВДФ-ТэФЭ)/5об.%нано- α -Fe₃O₄ снижается в связи сшиванием в полимерной матрице и межфазной границе полимер-наполнитель.

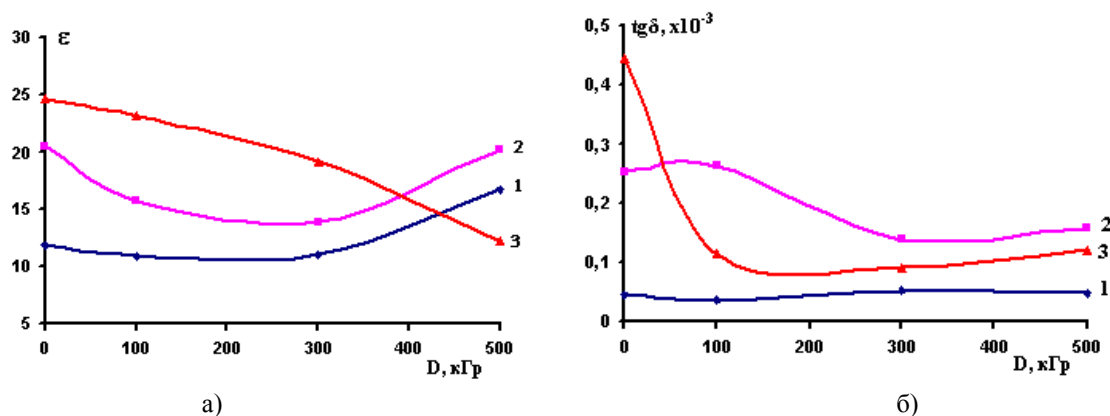
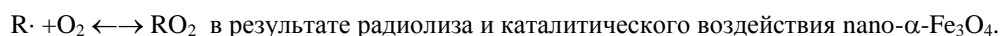


Рисунок 1 - Зависимости диэлектрических параметров ϵ (а) и $\text{tg}\delta$ (б) от дозы γ -излучения П(ВДФ-ТэФЭ) (1) и композитов П(ВДФ-ТэФЭ)/5об.% нано- α -Fe₃O₄ (2), и П(ВДФ-ТэФЭ)/10об.% нано- α -Fe₃O₄ (3)

Дальнейшее повышение ϵ до дозы 500 кГр происходит в результате деструкции матрицы. Для композита П(ВДФ-ТэФЭ)/10об.%нано- α -Fe₃O₄ во всем интервале дозы облучения наблюдается спад значений ϵ связанная как сшиванием, так и ограничением подвижности диполей полимера магнитным полем наночастиц магнетита при относительно высоком содержании наполнителя. В этом процессе не последнюю роль играет образования и исчезновения пероксидных радикалов по реакции



На рисунке 1б показано зависимости $\text{tg}\delta=f(D)$ для композита П(ВДФ-ТэФЭ)/5об.%нано- α -Fe₃O₄ и П(ВДФ-ТэФЭ)/10об.%нано- α -Fe₃O₄. Видно что, как и в зависимости $\epsilon=f(D)$, происходящая сшивка приводит к спаду диэлектрических потерь во всем интервале дозы облучения. Незначительный рост $\text{tg}\delta$ в области дозы облучения 500кГр скорее всего связано процессами деструкции и окисления при радиолитическом.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК SnO₂

Дмитриева Е.А., Грушевская Е.А., Мухамедшина Д.М., Мить К.А., Лебедев И.А.

Сагпаев Университет, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

Тонкие пленки диоксида олова прозрачны в видимой и ближней ультрафиолетовой областях и при этом могут обладать высокой электропроводностью [1]. Такое сочетание оптических и электрофизических свойств определяет широкое применение этого материала на практике [2]. Наибольший интерес для газочувствительных датчиков представляют слои с управляемой пористой структурой [3]. Поры, имеющие разные размеры в иерархических структурах, выполняют важные функции - они подводят и отводят продукты реакций, управляют размерами сечений путей протекания тока и адсорбционно-десорбционными процессами детектируемого газа.

Среди большого количества перспективных методов получения тонких пленок наибольший интерес представляет золь-гель технология. Популярность золь-гель метода связана с получением продуктов с высокой химической однородностью, с возможностью контролировать размер частиц и структуру пор материалов на разных стадиях синтеза (за счёт изменения продолжительности реакции, температуры, концентрации и химического состава реагентов), с возможностью изменять реологические свойства дисперсной системы в широких пределах. Одним из способов управления структурой пленок, является – изменение pH пленкообразующего раствора.

В данной работе рассмотрено влияние pH пленкообразующего раствора на структуру и свойства получаемых пленок. Кислотность растворов контролировали добавлением раствора аммиака.

Растворы наносились на подложки (предметные стекла) модифицированным методом окупания. После нанесения образцы сушились на воздухе не менее 30 минут, затем отжигались в муфельной печи при 400°C в течении 15 минут. Спектры пропускания измерялись на двулучевых спектрофотометрах СФ-256 УВИ и СФ-256. Структуру пленок изучали с помощью оптического микроскопа МПЭ-11. Для вывода данных на персональный компьютер использовалась телевизионная камера для микроскопа ВЕС-535.

С увеличением pH раствора прозрачность пленок уменьшается с 85% (pH=1,45) до 75% (pH=1,67). Интерференционные полосы на спектрах пропускания не наблюдаются.

Пленка, полученная из раствора с концентрацией ионов олова 0,12 моль/л, без добавок (pH=1,45) обладает ровной поверхностью. Увеличение pH раствора до 1,49 приводит к появлению структурных образований (при данном увеличении) в виде кругов размером около 5 мкм в диаметре. С увеличением pH до 1,52 количество таких структур увеличилось и появились структуры в виде шестигранников с вытянутыми вершинами размером до 10 мкм. При pH=1,55 наблюдается образование структур в основном в виде шестигранников с вытянутыми вершинами размером 10-15 мкм, присутствуют структуры в виде крестов размером до 30 мкм. Дальнейшее увеличение pH с 1,55 до 1,61 приводит к образованию структур в виде шестигранников с вытянутыми вершинами размером 10-30 мкм. При pH 1,67 большей частью образуются крестообразные структуры размерами от 50 до 120 мкм.

Структуры с «развитой» поверхностью более чувствительны к изменению концентрации газов в окружающей среде, что и необходимо для разработки газовых сенсоров.

Работа выполнена при финансовой поддержки Министерства Образования и Науки грант AP05134263.

Литература:

1. Luan J., Huang L.R., Ling Y.H., Liu W.B., Ba C.F., Li S., Min L. Dual-wavelength multifunctional metadevices based on modularization design by using indium-tin-oxide // Scientific reports, 2019, 9 №361, DOI: 10.1038/s41598-018-36595-7.
2. Dao K.C., Il'in A.A., Rumyantsev R.N., Uzhevskaya U.S., Il'in A.P., Rumyantseva T.A. Regularities of solid-phase interaction of tin and molybdenum oxides: Catalytic properties // Iranian journal of catalysis, 2019, 9(1) P.1-9.
3. Hyodo T., Takakura Y., Kuroiwa K., Tsuchiya K., Shimizu Y. Basic Gas-Sensing Properties of Photoluminescent Eu₂O₃-Mixed SnO₂-Based Materials with Submicron-Size Macropores // Journal of nanoscience and nanotechnology, 2019, 19(8) P.5351-5360, DOI: 10.1166/jnn.2019.16829.

ВЛИЯНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ГАММА-АЛЬФА ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВЫСОКООБЛУЧЁННЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Мережко М.С., Мережко Д.А., Максимкин О.П.

РГП Институт ядерной физики, МЭ, г. Алматы, Республика Казахстан.

Как правило, длительная эксплуатация аустенитных сталей в активной зоне промышленных ядерных реакторов приводит к катастрофическому снижению их пластичности. В образцах данных сталей после облучения их нейтронами до повреждающих доз более 15 сна равномерное удлинение обычно не регистрируется: деформация локализуется в месте будущего разрыва сразу после предела текучести. Однако, в отдельных случаях может наблюдаться относительно высокая пластичность (~25-30%) вследствие распространения по образцу т.н. «волны пластической деформации» (См., например [1] и [2]). Природа этого эффекта дискутируется. Предполагается, что одной из основных причин является мартенситное $\gamma \rightarrow \alpha'$ -превращение, подавление которого изменением элементного состава [1] или повышением температуры испытания [2], приводит к исчезновению «волны» деформации.

В настоящей работе проведено сравнительное исследование изменений физико-механических свойств стальных образцов, которые были вырезаны из стенки чехла отработавшей тепловыделяющей сборки ЦЦ-24Т реактора БН-350 с разных отметок по высоте. Механические испытания высокоактивных образцов на универсальной испытательной машине Instron 1195 сопровождалось непрерывным фотографированием (с частотой не менее 0,5 гц) и измерениями намагниченности датчиком Fischer Feritscope MP30. Распределение локальных деформаций по образцу определяли с помощью свободного программного обеспечения DICe по методу «Digital image correlation». Для визуализации и анализа данных применяли пакеты ParaView и OriginLab, соответственно.

В результате были получены и обработаны диаграммы растяжения «напряжение – деформация», а также деформационные зависимости содержания ферромагнитной α' -фазы, что позволило не только рассчитать характеристики прочности и пластичности для различных условий облучения, но и кинетические параметры мартенситного превращения. Выявлены стадии локализованного течения и обсуждается роль мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha'$ -превращения в формировании характеристик пластичности облученных метастабильных сталей.

Литература:

1. Gusev M.N. et al. Anomalously large deformation of 12Cr18Ni10Ti austenitic steel irradiated to 55dpa at 310°C in the BN-350 reactor // Journal of Nuclear Materials. 2009. Vol. 386–388. P. 273–276.
2. Margolin B. et al. The radiation swelling effect on fracture properties and fracture mechanisms of irradiated austenitic steels. Part I. Ductility and fracture toughness // Journal of Nuclear Materials. 2016. Vol. 480. P. 52–68.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ИРИДИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

Бекмұрат Ф., Рягузов А.П.

Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа
КазНУ им аль-Фараби, Алматы, Казахстан, zh.fariza1@mail.ru

Алмазоподобные углеродные пленки (DLC) благодаря своими уникальными физико-химическими свойствами заняли особое место в создании прочных и антифрикционных покрытий для различных устройств электроники и инструментов. Синтезируя металлические наночастицы в диэлектрической углеродной матрице, можно контролировать механические и физические свойства DLC пленок. Одним из некарбидообразующих металлов является иридий. При синтезе а-С<Ir> пленок, атомы иридия формируют равномерно распределенные по объему пленки наночастицы.

Синтез тонких алмазоподобных пленок с наночастицами Ir проводился методом ионно-плазменного магнетронного со-распыления комбинированной мишени из углерода (99.999 ат.%) и частиц иридия на кварцевых и кремниевых подложках в атмосфере инертного газа Ar. При синтезе пленок температура подложки

не превышала 50°C и давление газа Ar составляло 0,7 Па. В качестве иридия (99,9 ат.%) использовалась проволока диаметром 0,125 мм. Размер и количество наночастиц иридия в единице объема изменялись от количества отрезков проволоки Ir в зоне распыления углеродной мишени.

Были проведены исследования удельной проводимости (σ_k) a-C<Ir> пленок. Зависимость σ_k от концентрации иридия выявила изменение удельной проводимости на семь порядков в интервале концентраций от 0 ат.% Ir до 0,9 ат.% (рис. 1). Дальнейшее увеличение концентрации до ~ 2 ат.% приводит к изменению проводимости на два порядка. Резкое изменение проводимости на семь порядков в узком интервале концентрации называется перколяционной проводимостью.

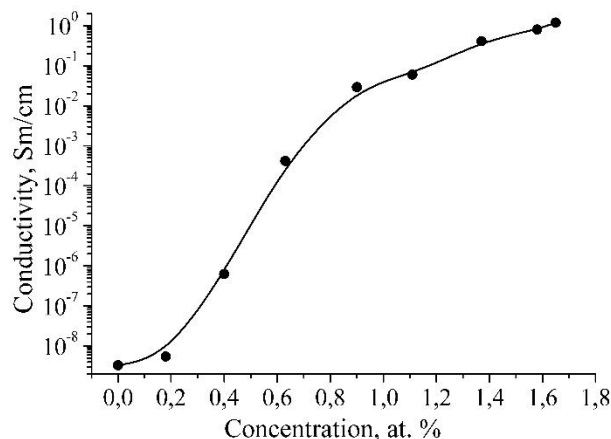


Рисунок 1 - Зависимость проводимости от концентрации иридия в a-C<Ir> пленках при комнатной температуре

Таким образом, можно заключить, что, модифицируя алмазоподобные углеродные пленки наночастицами Иридия появляется возможность управлять электронными свойствами в широком интервале значений проводимости.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ АМОРФНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПЛЕНОК

Әсембаева Ә.Р.¹, Рязузов А.П.², Немкаева Р.Р.², Гусейнов Н.Р.²

¹ КазНТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

² ННЛОТ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

Аморфные алмазоподобные углеродные (a-C) пленки обладают такими уникальными свойствами как, высокая коррозионная стойкость, оптическая прозрачность в широком диапазоне длин волн, химическая инертность, высокая прочность. В последнее время особый интерес уделяется управлению электронными свойствами a-C пленок наночастицами различной химической природы. К некарбидообразующим веществам относятся атомы платиновой группы. В работе рассмотрен вопрос модификации структуры и свойств a-C пленок наночастицами палладия.

Синтез a-C<Pd> пленок осуществляется методом магнетронного ионно – пазменного со-распыления комбинированной мишени в атмосфере газа аргон. В качестве подложек использовались кварцевые пластины. Толщина пленок измерялась на растровом электронном микроскопе Quanta 200i 3D (FEI Company, USA) и изменялась в интервале от 50 до 80 нм, в зависимости от концентрации наночастиц Pd.

На рисунке 1 показаны результаты исследования оптических свойств a-C<Pd>. На рис. 1(а) показано, что с увеличением концентрации палладия наблюдаем уменьшение пропускания света. Ширина запрещенной зоны a-C<Pd> пленок рассчитывалась по квадратичному закону Тауца. Из рисунка 1(б) видно, что значение E_g от концентрации меняется нелинейно от 0,91 эВ до 0,01 эВ.

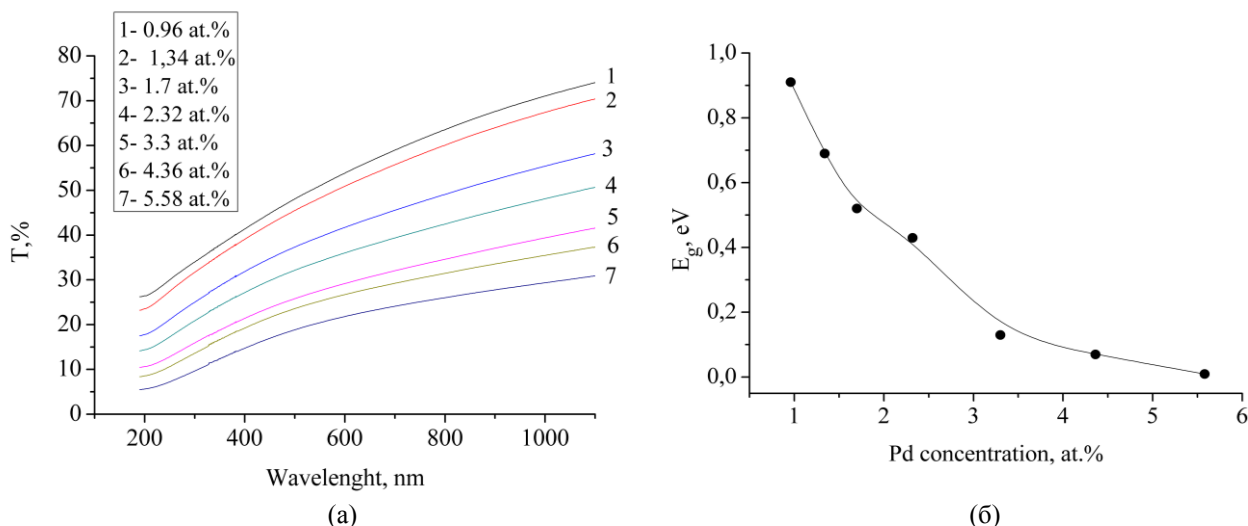


Рисунок 1 - Изменение спектров пропускания (а) и E_g (б) в зависимости от концентрации Pd

За формирование запрещенной зоны отвечает концентрация углеродных структурных фаз. Внедрение наночастиц палладия вносит свой вклад на формирование и количество sp^3 и sp^2 узлов в структуре пленок. С ростом концентрации наночастиц Pd увеличивается количество sp^2 узлов. Т.е., изменение значения E_g связано как с увеличением наночастиц Pd, так и с увеличением количества sp^2 узлов.

Можно заключить, что наночастицы палладия существенно влияют на количество и соотношение алмазоподобных и графитоподобных составляющих структуры в *a-C* пленках и как следствие на их электронные свойства.

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПЫТАНИЯ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МАРТЕНСИТНОГО $\gamma \rightarrow \alpha$ ПЕРЕХОДА ПРИ ДЕФОРМАЦИИ РЕАКТОРНЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Нурғали Е.Е.¹, Максимкин О.П.^{1,2}

¹Институт ядерной физики. г. Алматы

²НИЯУ МИФИ г. Москва

В работе исследованы закономерности и выявлены особенности мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в деформируемых облученных нейтронами в ядерных реакторах ВВР-К и БН-350 хромоникелевых сталях. Для необлученных и облученных образцов промышленных сплавов, характеризующихся различной энергией дефектов упаковки (X18N9, 12X18N10T, 08X16N11M3) изучены процессы образования и накопления α фазы в процессе пластической деформации в интервале температур испытания от -100°C до $+100^\circ\text{C}$ с постоянной скоростью растяжения 0,5 мм/мин. В результате обработки экспериментальных данных наряду с характеристиками прочности и пластичности сталей, определены также критические значения напряжений, деформации и механической работы, необходимых для начала зарождения мартенситной α -фазы. Анализ кривых зависимости объемного содержания α -фазы от степени деформации конструкционных сталей показал, что они описываются уравнением Людвигсона Бергера $\frac{M_f}{1-M_f} = A\varepsilon^B$. Определены значения кинетических параметров А и В для различных флюенсов облучения и температур испытания, сравнение которых показало, что при больших значениях повреждающих доз величина В больше, чем для необлученной стали. В то же время при небольших флюенсах нейтронов (10^{16} - 10^{18} н/см²) значения В для облученной стали меньше, чем для необлученной.

Обсуждается роль эффекта радиационной релаксации внутренних напряжений в формировании значений кинетических параметров фазового превращения.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ γ - КВАНТАМИ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ GaS

Тагиев Т.Б.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, ул. Б.Вахабадзе 9, Баку, Азербайджан, tbtagiye@mail.ru

Исследован фотолюминесценции облученных ^{60}Co гамма – лучами в интервале доз $D_\gamma=30 - 100$ кРад при 300 К на воздухе, свойства монокристаллов GaS и GaS<Er>0,1at%. Спектры фотолюминесценции исследуемых образцов снимались на спектрометре СДА-1. Для возбуждения люминесценции служит ртутная лампа высокого давления ДРШ-250-3 и ДРШ-500м. Образец помещается в держатель и освещается в ртутной лампы. Приемникам энергии в спектрометре служил фотоэлектронный умножитель ФЭУ-39А и ФЭУ-62. Кривые излучения регистрировались электронным самопишущим потенциометром КСП-4.

В спектрах люминесценции образцов не облученного GaS подвергнутого малым дозам облучения $D_\gamma < 30$ крад наблюдались интенсивные полосы экситонного излучения на длине волны $\lambda = 480$ нм. После облучения образцов GaS дозой 30 кРад в спектре люминесценции наблюдалось появление трех полос: широкой полос с максимумом при 480 нм и интенсивных полос при 520 нм и 660 нм. После дозы облучения 100кРад, в спектре люминесценции исчезает наблюдавшийся на кривой максимум при 660 нм и характер зависимости приобретает прежний вид, как до облучения. В GaS< Er> 0,1at% полоса экситонного излучения незначительно смещается на длинноволновую область, при этом увеличивается ее интенсивность. Кроме того в спектре ФЛ наблюдаются три четких линии излучения с высокой интенсивностью в области 550-555 нм. После облучения гамма квантами дозой 30 крад в кристаллах GaS< Er> 0,1at% проявляются новые пики излучения с высокой интенсивностью в области 550-570 нм. Облучение дозой 100 крад приводит к увеличению интенсивности линии в области спектра 550-570 нм. Пики наблюдаемые для чистых кристаллов при 77 К носят дефектный характер. Перераспределение интенсивности ФЛ в области 550-570 нм обусловлено передачей энергии к редкоземельным центрам в активированных кристаллах. Наблюдавшееся количество полос в спектре и их узость дают основания считать, что ионы эрбия занимают в исследованных образцах преимущественно одну позицию, образуя основной эрбиевый центр. Существование нескольких типов эрбиевых центров в этих кристаллах связано с замещением примесными ионами различных регулярных позиций в кристаллической решетке и различными механизмами компенсации избыточного заряда.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЛЕГКИМИ И ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ZrWN

Алдабергенова Т.М., Акаев А.О., Ларионов А.С., Рыскулов А., Кислицин С.Б., Карпиков А.Н.

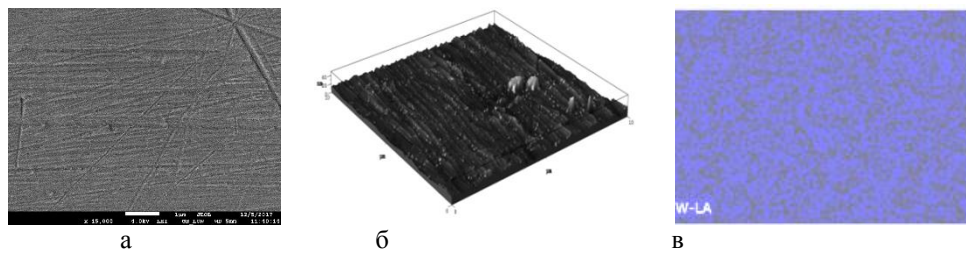
Институт ядерной физики Министерства энергетики РК, Алматы, Казахстан

Представлены результаты исследований влияния облучения низкоэнергетическими ионами He и Kr на структуру и свойства покрытий ZrWN, синтезированных методом магнетронного распыления. Нанесение покрытий, обладающих высокой радиационной, термической и коррозионной стойкостью, на конструкционные материалы в настоящее время является перспективным направлением создания новых материалов для ядерной техники. В качестве таких материалов рассматриваются тройные нитриды металлов. Так покрытия ZrTiN продемонстрировали высокую стабильность свойств облученного низкоэнергетическими ионами Хе. В данной работе исследовано воздействие низкоэнергетических ионов He и Kr на свойства покрытий ZrWN. Замена Ti вольфрамом вызвана тем, что по нашим представлениям, вольфрам придаст высокую прочность и термическую стойкость покрытию.

Методом магнетронного распыления из двух магнетронов с W и Zr катодами были синтезированы ZrWN покрытия на подложке из конструкционной стали 12X18H9T. Весовые концентрации Zr и W в покрытии примерно одинаковы ~ 50 вес.%, атомная концентрация Zr ~ 2 раза чем W. По результатам ЭДС концентрации элементов в покрытии составляют Zr-50, W-25, N-25 at.%.

Облучение ионами $^4\text{He}^{2+}$ с энергией 45 кэВ и $^{84}\text{Kr}^{14+}$ с энергией 280 кэВ проведено на ускорителе ДЦ-60 при температуре $< 150^\circ\text{C}$, флюенс облучения 10^{16} см $^{-2}$. Результаты исследования структуры до ионного облучения

показаны на рисунке 1. Обращает на себя внимание рельеф поверхности - высокая шероховатость и неравномерность распределения вольфрама. В силу более высокого атомного веса вольфрам оседает вблизи поверхности подложки, в то время как «вершины» рельефа представляют собой нитрид циркония, см. рис. 1.

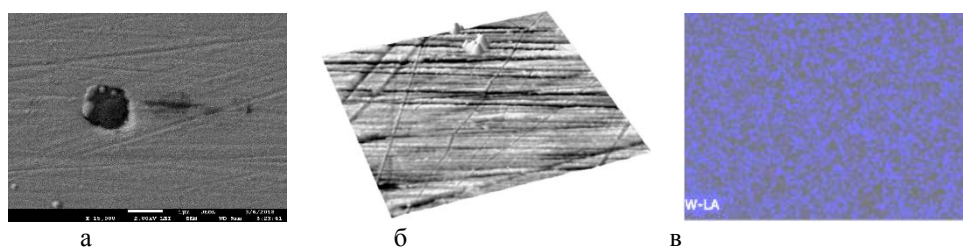


а – СЭМ, б – АСМ изображения, в – карта распределения вольфрама по поверхности.

Рисунок 1 - Структура поверхности покрытия ZrWN

Облучение ионами 4He^{2+} не привело к существенному изменению структуры поверхности, не наблюдается следов блистеров, тогда как для стали, облученной альфа-частицами до такого же флюенса, наблюдается блистеры. Перераспределения элементного состава поверхности также не наблюдается.

Облучение ионами криптона привело к более значительным изменениям структуры поверхности, связанным с эффектами распыления и имплантации ионов криптона, см. рис.2 а,б,в.



а – СЭМ, б – АСМ изображения, в – карта распределения вольфрама по поверхности.

Рисунок 2 - Структура поверхности покрытия ZrWN, облученного ионами $^{84}\text{Kr}^{14+}$ с энергией 280 кэВ до флюенса 10^{16} см^{-2}

Наряду с исследованиями структуры, проведены измерения твердости и коррозионной стойкости. Показано, что и твердость и коррозионная стойкость покрытий превышают эти же характеристики стали, облученной ионами криптона.

Работа выполнена в рамках программы «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахском материаловедческом токамаке КТМ» Министерства энергетики Республики Казахстан.

Литература:

1. Uglov V.V. and all. Surface & Coatings Technologies – 2010. – Vol. 204. – P. 2095-2098.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И СТОЙКОСТЬ К КОРРОЗИИ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Яровчук А.В., Максимкин О.П.

Институт ядерной физики, г.Алматы, Казахстан
Yarovchuk@mail.ru, maksimkin@inp.kz

Представлены результаты исследования влияния облучения нейтронами на электрохимическое поведение и коррозионную стойкость нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Стальные образцы после аустенизирующего отжига (1050°С, 30мин.) облучали нейтронами в реакторе ВВР-К (г.Алматы) до флюенсов 10^{18} - 10^{20} н/см² при 80°С. Установлено, что склонность сопротивляться локальной коррозии в растворе хлорного железа обусловлена состоянием оксидного слоя, сформированного на поверхности сплава, а также морфологией и дисперсностью его структурных составляющих. В работе приведены значения стационарных потенциалов, а также потенциалов: пассивации, активации и устойчивого питтингообразования. Оказалось, что после облучения до флюенсов 10^{18} , 10^{19} н/см² значения стационарного потенциала стали снизились до отрицательных величин и составили -0.078 В и -0.0802 В (соответственно), в то время, как только для аустенизированной стали стационарный потенциал положительный ($E_{ст.0} = +0,229$ В), что свидетельствует о высокой стойкости к коррозии необлученной стали. Установлено, что период пассивации облученной стали уменьшается с повышением дозы облучения и склонность к питтингообразованию возрастает. Для аустенизированной стали период пассивации заключен в интервале от 0.4 - 1.4 В, а для облученной стали (флюенс 10^{20} н/см²) период независимости тока от напряжения наблюдается в интервале 0.7-1.2 В. Методом ПЭМ наблюдений выявлено, что стойкость к коррозии облученной нейтронами стали определяется плотностью радиационноиндуцированных дефектов. Показано, что электрохимическое поведение и сопротивление питтингообразованию зависят от интенсивности окислительно-восстановительных процессов, протекающих на поверхности стального образца, а также от состояния структуры на микро и нано-уровне.

Полученные результаты могут быть полезны при анализе поведения и оценке безопасного хранения отработавших тепловыделяющих сборок ядерных реакторов.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НА СОСТОЯНИЕ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТ В $BaCe_{0.85}Nd_{0.15}O_{2.925}$

Хромушин И.В., Аксенова Т.И.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

В последние годы для получения твердооксидных электролитов с улучшенными проводящими свойствами и повышенной стабильностью предлагается использовать радиационное модифицирование известных материалов. В работе представлены результаты исследования влияния облучения ионами Ne, Ar, Kr низких и высоких энергий на церат бария, допированный неодимом. При этом особое внимание уделено изучению состояния газовых компонент в данном материале.

Исследования процессов термодесорбции газов из церата бария, допированного Nd, были проведены на установке газовой выделености. Условия проведения экспериментов по термодесорбции следующие: рабочий вакуум в камере не хуже 10^{-8} мм рт. ст., скорость нагрева образцов 42°С/мин. В ходе эксперимента регистрировали выход молекул кислорода и воды.

Показано, что облучение $BaCe_{0.85}Nd_{0.15}O_{3-\delta}$, как низко-, так и высокоэнергетическими ионами Ne, Ar, Kr оказывало существенное влияние на процессы термодесорбции O_2 и H_2O . Следует отметить значительное увеличение количества десорбированного O_2 из образцов $BaCe_{0.85}Nd_{0.15}O_{3-\delta}$, облученных низкоэнергетическими ионами (доза 10^{16} ион/см²) по сравнению с необлученными образцами. Как оказалось, количество выделившегося O_2 из образцов, облученных разными ионами, было примерно одинаково. Облучение $BaCe_{0.85}Nd_{0.15}O_{3-\delta}$ высокоэнергетическими ионами Ne, Ar, Kr вызывало, напротив, уменьшение количества десорбированного кислорода по сравнению с необлученным образцом. При этом количество десорбированного кислорода уменьшалось с уменьшением массы имплантированного иона.

В спектрах термодесорбции воды наблюдали обратную картину, а именно, облучение $\text{BaCe}_{0.85}\text{Nd}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$ низкоэнергетическими ионами приводило к уменьшению количества десорбированной воды, по сравнению с необлученным образцом, а при облучении высокоэнергетическими ионами количество десорбированной H_2O было больше чем из необлученного.

Предполагается, что выявленные закономерности влияния облучения низко- и высокоэнергетическими ионами инертных газов на процессы термодесорбции молекул кислорода и воды из $\text{BaCe}_{0.85}\text{Nd}_{0.15}\text{O}_{3-\delta}$ могут быть обусловлены изменением соотношения $\text{Nd}^{3+}/\text{Nd}^{4+}$ в церате бария при облучении.

Следует отметить, что особенности дефектообразования при облучении сложного оксида ионами низких и высоких энергий таковы, что в первом случае доминирующим является процесс образования кислородных вакансий, что способствует увеличению доли Nd^{4+} , и, как следствие, уменьшению концентрации протонов. Во втором случае решающую роль играют электронные дефекты, вызывающие увеличение доли трехвалентного неодима и, в конечном счете, увеличение концентрации протонов в образце.

Работа выполнена при поддержке МОН Республики Казахстан (Грант AP05130148).

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА ПОВЕРХНОСТИ В СМЕШАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ NANO $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CuO}$ - В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛЕНИЯ

Гасанов С.Х., Мустафаев И.И., Махмудов Н.М.

Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана
Баку, Азербайджан. E-mail: h_sadiq@mail.ru

В этой статье процесс окисления / конверсии монооксида углерода был исследован при различных температурах и на поверхности трех типов катализаторов (Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CuO}$ и $\text{RTAl}_2\text{O}_3 + \text{CuO}$), которые были модифицированы радиацией. Образцы катализатора облучали в различных дозах поглощения (от 7 до 27 кГр), чтобы проанализировать создание анионных центров на поверхности.

Как видно из рассмотренных данных на примере рисунков, их размер и содержание элементов в анионных наночастицах в зависимости от поглощающей дозы. Выяснилось, что в зависимости от дозы поглощения количество парамагнитных центров на поверхности увеличивалось. Массовая доля атомарного кислорода, выделяющегося на поверхности смешанных нано Al_2O_3 и $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CuO}$, демонстрирует линейное увеличение в зависимости от поглощающей дозы. В воздушной среде исходное излучение создает дополнительные анионные (O-) центры, что ускоряет процесс конверсии, а также увеличивает степень конверсии. Катализаторы, которые были модифицированы поверхностным излучением, имеют более высокую активность и степень конверсии на 7-10% выше по сравнению с неизлученным. Средняя энергия активации процесса уменьшается, и конверсия происходит быстрее.

Ключевые слова: степень конверсии, парамагнитные центры, поглощение, доза, исходное излучение, COPERT-4, нано катализатор, анионный центр, загрязнение воздуха.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Купчишин А.И.^{1,2}, Таипова Б.Г.¹, Тронин Б.А.¹, Шаханов К.Ш.¹, Герасимненко Н.Н.³

¹ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³ Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, Москва, Россия

Одной из разновидностей конденсированного состояния вещества являются полимерные материалы, которые относятся к неупорядоченным системам без трансляционной симметрии с непериодической структурой. В настоящее время они достаточно хорошо изучены и представляют собой огромный научный и практический интерес, поскольку обладают рядом преимуществ по сравнению с другими конструкционными материалами. Исследование процессов, происходящих в полимерах под воздействием различных факторов, приводящих к существенным изменениям структуры и свойств и вызывающих изменения физико-химических характеристик материала, позволяет прогнозировать их поведение в полях интенсивных нагрузок [1]. Физико-механические свойства материала в значительной степени определяются количеством содержащихся в нем дефектов и вероятностью протекания различных перестроек с их участием. Прежде всего, это изменение прочности, твердости, пластичности, радиационной стойкости материала и других характеристик. Механические и другие свойства полимеров непосредственно связаны с их структурными особенностями, которые определяются областями с различной степенью упорядоченности, дефектностью, формирующими перенапряжение на отдельных участках и зарождение трещин. Прочность полимера может варьироваться в широких пределах в зависимости от его химического строения, структуры, а также длины макромолекул. Чем больше молекулярная масса (М) полимера, тем больше эффект действия межмолекулярных связей и, соответственно, механическая прочность полимера. Исследование процессов, которые развиваются в полимерах при разрушающих внешних воздействиях – одна из основных задач полимерного материаловедения. Решение этой задачи состоит в комплексном подходе физиков и механиков к решению проблемы разрушения, в основе которой лежат механизмы накопления повреждаемости. Два физических подхода к теории прочности – термодинамический и кинетический позволяют более глубоко понять неоднозначность природы разрушения полимеров. Термодинамический подход [1] основан на рассеянии упругой энергии и переходе ее в теплоту при разрыве образца. Учет механических потерь основан на первом начале термодинамики.

Были исследованы следующие виды полимерных пленок: полиэтилентерефталатная, полиимидная, фенилоновая. Исследуемые образцы представляли собой полоски шириной 10, рабочей длиной 50 мм, толщиной 100 мкм (ПЭТФ), и ПИ и фенилона – 50 мкм. Механические испытания проводились на разрывной машине типа РМУ-0,05-1 со скоростью раздвижения зажимов $36,09 \pm 0,05$ мм/мин. Пленочные образцы испытывались на одноосное растяжение при нормальных условиях вплоть до разрыва (при $T = 20 \pm 2$ оС, относительной влажности воздуха (45 ± 5) %). Совокупность применяемых методов и оборудования позволили обеспечить небольшую погрешность измерений (5 %) и хорошую воспроизводимость опытов.

Зависимости относительного удлинения от напряжения для трех указанных выше видов полимерных пленок показали, что из них наиболее прочная (σ) – полиимидная с относительным удлинением (ϵ) ~ 30 %. Для полиэтилентерефталатной пленки $\epsilon = 104,6$ %, а для фенилоновой $\epsilon = 50$ %, $\sigma = 44$ МПа. Как известно, механические свойства полимеров связаны с их структурой. За зарождение трещин ответственны структурные неоднородности (наличие в них областей с различной степенью разупорядоченности и дефектности), определяющие неравномерность напряжений и перенапряжений на отдельных участках. Хрупкость и разрушение полимеров определяет их глобулярная структура. Разрушение, как правило, происходит по границам глобул, слабо связанных между собой. При механических воздействиях глобулы имеют способность разворачиваться, а глобулярная структура может переходить в фибриллярную, что приводит к сильным деформациям полимеров. В [2] были предложены различные модели разрушения полимерных материалов. Механические свойства полимерных материалов зависят от структуры и условий их синтеза. Наилучшими прочносто-деформационными свойствами обладают полиэтилентерефталатная и полиимидная пленки. Проведен расчет зависимости ϵ от σ по экспоненциальной модели при одноосном нагружении материалов. Получено хорошее согласие расчетных данных с экспериментальными.

Литература:

1. Шах В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения / пер. с англ. под ред. А.Я. Малкина. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 732 с.
2. Kupchishin A.I., Taipova B.G., Kupchishin A.A., at all. Catastrophic models of materials destruction // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 110 012037. – 2016. – P. 1 – 5.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПЛЕНОК SnO₂

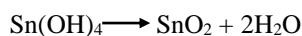
Дмитриева Е.А., Грушевская Е.А., Лебедев И.А., Томпакова Н.М., Серикканов А.С.

Сатпаев Университет, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

Диоксид олова – полупроводник n-типа, его проводимость обусловлена недостатком кислорода по стехиометрии. Нанокристаллические пленки диоксида олова селективно чувствительны к присутствию в окружающей атмосфере токсичных газов, органических и некоторых биологических молекул. Пленки на основе SnO₂ применяются и в качестве прозрачных проводящих покрытий [1], ультрафиолетовых фотодетекторов [2], пассивирующего слоя в прозрачных теплоотражающих зеркалах [3]. Синтезированные пленки оксида олова не всегда обладают необходимой электропроводностью. Для модифицирования свойств пленок используются различные технологии, в том числе плазменная обработка.

В данной работе рассматривается воздействие водородной плазмы на структуру и свойства пленок диоксида олова.

Пленки SnO₂ были получены золь-гель методом. Пятиводный тетрагидроксид олова растворяли в 97% этаноле, при этом в растворе происходит взаимодействие тетрагидроксида олова с водой с образованием гидроксида олова и соляной кислоты. Образующаяся во время реакции соляная кислота препятствует выпадению гидроксида олова. При удалении HCl или другом изменении кислотности раствора равновесие смещается в сторону образования Sn(OH)₄. Гидроксид олова, в момент образования, имеет гелеобразную структуру. Нестабильный Sn(OH)₄ разлагается с образованием воды и желаемого оксида олова по реакции:



Были приготовлены растворы SnCl₄·5H₂O в этаноле с концентрацией ионов олова в растворе 0,12 моль/л, 0,16 моль/л и 0,2 моль/л. Растворы наносились на подложки (предметные стекла) модифицированным методом окунания. После нанесения образцы сушились на воздухе не менее 30 минут, затем отжигались в муфельной печи при 400°C в течении 15 минут. Было нанесено три слоя. Обработку в водородной плазме проводили при мощности ~ 20 Вт и частотой колебаний 27,12 МГц ± 0,6% под давлением 6,5 Па и при температуре ~ 100 °С в течение 3 мин.

Спектры пропускания измерялись на двухлучевых спектрофотометрах СФ-256 УВИ (длина волны 190-1100 нм) и СФ-256 БИК (длина волны 1000-2500 нм.). Структуру пленок изучали с помощью оптического микроскопа МПЭ-11. Для вывода данных на персональный компьютер использовалась телевизионная камера для микроскопа ВЕС-535. Состав пленок определялся с помощью рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-6.

Трехминутная обработка пленок водородной плазмой приводит к снижению поверхностного сопротивления, что связано с увеличением вакансий кислорода под воздействием водородной плазмы. Водород, являясь восстановителем и находящийся в химически активном (ионизированном) состоянии, взаимодействует с молекулами SnO₂ образуя молекулы воды и вакансии кислорода в пленке диоксида олова. Сопротивление пленок зависит от концентрации пленкообразующего раствора. Однако, после обработки в плазме сопротивление пленок стали соизмеримы и отличались в пределах точности измерений.

Спектры пропускания демонстрируют уменьшение прозрачности пленок в видимой области спектра, что указывает на образование молекул SnO. Оксид олова (SnO) – непрозрачен в видимой области спектра. Рентгеноструктурный анализ подтверждает наличие оксидов олова с разной степенью окисления в пленках обработанных водородной плазмой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки по теме BR05236404.

Литература:

1. Deva Arun Kumar K., Valanarasu S., Jeyadheepan K., HyunSeok Kim, Dhanasekaran Vikraman (2018) Evaluation of the physical, optical, and electrical properties of SnO₂:F thin films prepared by nebulized spray pyrolysis for optoelectronics, Journal of Materials Science: Materials in Electronics 29:3648–3656. <https://doi.org/10.1007/s10854-017-8295-2>.
2. Zhao JL, Deng R, Qin JM, Song J, Jiang DY, Yao B, Li YF Photoresponse enhancement in SnO₂-based ultraviolet photodetectors via coupling with surface plasmons of Ag particles, Journal of alloys and compounds (2018), 748: 398-403. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.03.180.
3. Dalapati GK, Kushwaha AK, Sharma M, Suresh V, Shannigrahi S, Zhuk S, Masudy-Panah S Transparent heat regulating (THR) materials and coatings for energy saving window applications: Impact of materials design, micro-structural, and interface quality on the THR performance, Progress in materials science, 95:42-131, DOI: 10.1016/j.pmatsci.2018.02.007.

ВЫДЕЛЕНИЕ СИГНАЛА ИЗ ШУМА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПЕКТРОВ
НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

Федосимова А.И., Байтимбетова Б.А., Дмитриева Е.А., Лебедев И.А., Рябикин Ю.А., Темиралиев А.Т.

Физико-технический институт, Satbaev University, г.Алматы, Казахстан

Для выделения сигнала из шума при исследовании спектров наноразмерных структур авторами [1,2] представлены различные методы. Недостатком метода [1] является то, что выделение сигнала отраженных рентгеновских лучей от кристаллов размером менее 100нм не происходит. Для метода предложенного авторами [2] необходимо специфическое рентгеновское оборудование и длительная экспозиция.

Способ, предложенный авторами [3] основан на выделении полезного сигнала из шума путем накопления отклонений от среднего значения спектра вдоль спектра (горизонтальное накопление) и усреднение спектра по времени (вертикальное накопление). Данный метод позволяет достигнуть того же отношения сигнал/шум, что и используемый в спектроскопии магнитного резонанса стандартный способ усреднения повремени (вертикального накопления спектра), но за время, приблизительно на два порядка меньше.

Недостатком данного метода является существенное искажение формы сигнала при исследовании нанообъектов на аморфных или поликристаллических подложках из-за низкого отношения сигнал/шум и наличия искажающего фонового сигнала.

Предлагаемый способ устраняет отмеченный недостаток, позволяя получить технический результат, состоящий в том, что происходит выделение сигнала от нанообъектов на аморфных или поликристаллических подложках за счет накопления сигнала вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка n , после вычитания фонового сигнала. Способ основан на измерении спектра пустой подложки, накоплении фонового сигнала вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка, измерении спектра от подложки с нанообъектами, вычитании накопленного фонового сигнала, накоплении сигнала от нанообъектов вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка.

Применение золь-гель метода предусматривает ряд технологических этапов, таких как формирование исходного раствора, нанесение его на подложку, сушка и отжиг. На этих этапах происходят структурные преобразования материала, от результата которых зависят его дальнейшие свойства.

Измерения на дифрактометре регистрируют интенсивности и углы рассеяния дифрагированных рентгеновских лучей на кристаллической решётке образца.

Анализ кристаллографических плоскостей исследуемого образца практически невозможен из-за высокого уровня шума. Кроме того, негативное влияние оказывает фоновый сигнал от стеклянной подложки.

Для решения данной проблемы предлагается применить последовательность следующих действий:

1. Измерение спектра пустой подложки.
2. Накопление спектра пустой подложки вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка. Накопление вдоль спектра было проведено в соответствии с правилом $S_i = \frac{1}{(2n+1)} \sum_{i-n}^{i+n} X_j$. При таком способе накопления белый шум уменьшается в $\sqrt{2n+1}$ раз.
3. Вычитание из спектра, накопленного фонового сигнала от подложки.
4. Накопление сигнала от нанообъектов вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка.

Таким образом, получен технический результат, заключающийся в том, что происходит увеличение отношения сигнал/шум в $\sqrt{2n+1}$ раз (где n – параметр порядка) в спектрах от нанообъектов на аморфных или поликристаллических подложках.

Литература:

1. Патент 2491717, Рос. Федерация: МПК H04B 1/10 Способ повышения уровня (отношения) сигнал-шум при применении "принципа затухания помехи"/ Попик Павел Иванович Заявка: 2010117813/08, 04.05.2010.
2. Бейсенханов Н.Б. Влияние обработки в (O_2 , H_2) плазме на структуру и физические свойства пленок SnO_x / ISSN 1063-7834, Physics of the Solid State, 2011, Vol. 53, No. 2, pp. 390–397. DOI: 10.1134/S1063783411020041.
3. Предварительный патент № 12779, Республика Казахстан: МПК G01N 24/00 Способ увеличения отношения сигнал/шум в спектроскопии/ Республиканское государственное казенное предприятие «Физико-технический институт» Министерства образования и науки Республики Казахстан. Рябикин Ю.А., Лебедев И.А. - Заявка: 2001/0979.1, 25.07.2001.

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРОЗИЯ УРАН-ГРАФИТОВОГО ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИГР
В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРЕВА**

Бочков В.С., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Коянбаев Е.Т., Сапатаев Е.Е., Бельдебубаев А.Ж.

Филиал ИАЭ НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Использование высокообогащенного урана (ВОУ) в исследовательских реакторах (ИР) вызывает серьезную озабоченность мирового сообщества в связи с опасностью распространения ядерных материалов, пригодных для создания ядерного оружия. В связи с этим на данный момент осуществляется масштабная работа, связанная с конверсией исследовательского реактора ИРГ.

Прежде чем осуществлять перевод реактора ИГР на низкообогащенное топливо (НОУ) необходимо провести ряд исследований, одним из которых является высокотемпературная стойкость топлива в условиях циклического нагрева.

В результате выполнения данной работы был проведен анализ методик исследования коррозионных свойств графитовых материалов ядерных и термоядерных реакторов, определена оптимальная принципиальная схема эксперимента и разработана блок-схема процессов данного взаимодействия. На базе термогравиметрического анализатора TGA/DSC 3+, а также системы масс-спектрометрического анализа газов ThermoStar и генератора влажности HMG, была разработана и создана экспериментальная установка ТиГра, предназначенная для термических испытаний и гравиметрического анализа материалов ЯР.

После создания установки были проведены эксперименты по термоциклированию образцов ВОУ и НОУ топлива, в ходе которых осуществлялась непрерывная регистрация изменения массы образца и состава газов в камере.

**ГАММА-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ И СВЕЧЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ
ЧИСТЫХ $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ И АКТИВИРОВАННЫХ $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Pr}$**

^{1,2}Исламов А.Х., ¹Ибрагимова Э.М., ¹Хайитов И.А., ²Вильданов Р.Р., ¹Кудратов Х.Н.

¹Институт ядерной физики АН Узбекистана, 100214 Ташкент, пос. Улугбек, Узбекистан

²Национальный университет Узбекистана, 100174 Ташкент, Узбекистан

Интерес к монокристаллам алюмо-лютециевого граната $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, активированного ионами празеодима Pr^{3+} ($\text{LuAG}:\text{Pr}$), быстро увеличивается из-за их превосходных сцинтилляционных свойств (высокий световой выход ~ 20000 фотон/МэВ и быстрое действие ~ 20 нс) [1] для обнаружения гамма-излучения и заряженных частиц, для применения в физике высоких энергий [2]. В этом случае, одним из критических параметров является радиационно-оптическая стойкость сцинтилляционных кристаллов. Для прогнозирования радиационной стойкости оптической прозрачности и центров свечения необходимо сравнительное исследование кристаллов LuAG и $\text{Pr}:\text{LuAG}$ в расширенном интервале гамма доз до 10^6 Гр. В результате можно выявить дефекты, собственные и примесные, внесенные в технологическом процессе при выращивании кристаллов. В связи с этим проведено сравнительное изучение спектральных характеристик кристаллов номинально чистого LuAG и активированного ионами празеодима $\text{LuAG}:\text{Pr}$ до и после облучения гамма излучением из источника ^{60}Co дозами 10^2 – 10^6 Гр при 300 К. В спектрах оптического поглощения (ОП) необлученных образцов LuAG наблюдались очень слабые полосы в УФ области около 5.16 и 4.3 эВ и в видимой области 2.06 эВ [2.3]. После γ -облучения образца LuAG минимальной дозой 10^2 Гр в УФ области кроме полосы 5.16 эВ наблюдался быстрый рост оптической плотности в полосе 4.3 эВ. А в видимой области спектра появлялись полосы ОП 3.3, 2.7 и 2.06 эВ. После разложения на гауссовские компоненты, гамма-дозовые зависимости оптической плотности на каждом максимуме полосы ОП показали, что при дозе облучения $>10^2$ Гр интенсивность всех полос 5.2, 4.3, 3.3, 2.65 и 2.06 эВ возрастает, но с гораздо меньшей скоростью, чем при $<10^2$ Гр и выходит на насыщение. Такое же накопление центров окраски с характерными полосами поглощения 3.3, 2.65 и 2.06 эВ под действием γ -облучения наблюдалось и в активированных $\text{LuAG}:\text{Pr}$ кристаллах. Эти данные подтверждают предположение, что образование этих центров окраски связано с технологическим процессом и с чистотой шихты. А быстрый рост их концентрации до γ -дозы 10^2 Гр и насыщение в интервале доз 10^2 – 10^6 Гр связаны с зарядкой собственных

дефектов и изменением электронного состояния (валентности) примесных дефектов. При этом полоса 5.2 эВ связана с F–центром (анионная вакансия, захватившая два электрона), полоса 3.3 эВ обусловлена F⁺-центром (анионная вакансия, захватившая один электрон), а полосы 4.3, 2.7 и 2.06 эВ связаны с примесью ионов Sr⁴⁺, замещающих Al³⁺ в октаэдре с кислородной вакансией. Проведенные измерения кинетики изменения активаторного свечения Pr³⁺ на полосе 4.0 эВ (во время воздействия ⁶⁰Co гамма квантов до 60 мин.) показало, что интенсивность полосы гаммалюминесценции медленно уменьшалась (~ 9 %) до 28 мин. (1.3·10³ Гр), а далее (>28 мин.) не изменялась. Это связано с тем, что генерируемые гамма квантами электроны и дырки кроме их излучательной рекомбинации на активаторных Pr³⁺ центрах также захватываются ловушками (в результате проявляются центры окраски). При нагреве T ≥ 300 К освобожденные из ловушек электроны излучательно рекомбинируют в Pr⁴⁺ центре [11].

Таким образом, в номинально чистых LuAG и активированных LuAG:Pr кристаллах рост концентрации центров окраски при γ-дозах < 10² Гр и ее насыщение при дозах > 10² Гр связаны с заполнением всех существующих дорадиационных ловушек. Следовательно, эти центры окраски приводят к снижению интенсивности активаторного Pr³⁺ свечения ~9 % за счет локализации носителей заряда на этих центрах. Интервал гамма доз 10³÷10⁶ Гр, где уровень радиационного отклика стабилизируется из-за насыщения поглощения, можно рекомендовать при использовании кристаллов LuAG:Pr в качестве сцинтилляторных детекторов в области 310-380 нм.

Литература:

1. H. Ogino, A. Yoshikawa, M. Nikl, A. Krasnodar, K. Kamada, T. Fukuda, J. of Crys.Grow. 287 (2006) 335–338.
2. M.V. Derdzyan, K.L. Ovanesyan, A.G. Petrosyan, A. Belsky, C. Dujardin, C. Pedrini, E. Auffray, P. Lecoq, M. Lucchini, K. Pauwels, J. of Crys.Grow. 361 (2012) 212–216.
3. A.Kh. Islamov, E.M. Ibragimova, I.A. Khaitov, R.R. Vil'danov, and M.Z. Amonov, Opt. and Spect. 125 (2018) 49–53.

ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА ОТ СООТНОШЕНИЯ m(H₂O)/m(SiO₂) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ γ-КВАНТОВ НА СИСТЕМУ НАНО- SiO₂/H₂O

Джафаров Я.Д., Мирзоев В.С., Алиев С.М., Эюбов К.Т.

Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, АЗ1143, Баку, Азербайджан
E-mail: yadjafarov@rambler.ru

В качестве объекта исследования был использован нанодиоксид кремния (n-SiO₂) производства компании “Skysping Nanomaterials. Inc” США с размерами частиц в диапазоне d=15-20 nm и чистотой 99.5%. Первоначально образцы n-SiO₂ подвергались термической обработке при температуре T=673 K в течение 72 часов, затем охлаждались и, после определения нужной массы добавлялись в молибденовую ампулу. После повторной термической обработки образцов n-SiO₂ в вакууме (P=10⁻³ мм.рт.ст.) при T=673 K в течение 4 часов к ним добавлялась очищенная от воздуха, бидистиллированная вода нужного количества методом перегонки. После облучения ампул гамма-квантами (⁶⁰Co, T=300 K, P=11,215 рад/с) количество молекулярного водорода, полученного гетерогенным превращением воды в системе, было определено с помощью хроматографа “Agilent-7890”. Далее был построен график зависимости количества молекулярного водорода от времени (дозы) и на его основании была вычислена скорость его образования. На основании этих данных был вычислен радиационно-химический выход молекулярного водорода в гетерогенной системе нано-SiO₂/H₂O в пересчете на дозу, поглощенную общей системой - G_{общ}(H₂), а также в отдельности со стороны n-SiO₂ - G_{SiO₂}(H₂) и воды G_{H₂O}(H₂). Полученные данные представлены в таблице 1.

Из полученных данных следует, что радиационно-химический выход молекулярного водорода растет прямо пропорционально соотношению m(H₂O)/m(SiO₂) при малых его значениях (примерно <0.5), а при больших значениях в вычислениях для наночастицы угол наклона графика резко уменьшается. В пересчете на общую систему также наблюдается рост выхода молекулярного водорода при малых величинах отношения масс, а затем спад после определенного значения данного соотношения. В пересчете же на воду отмечается плавное уменьшение выхода на всем протяжении графика.

Таблица 1 - Зависимость радиационно-химического выхода молекулярного водорода от соотношения масс m(H₂O)/m(SiO₂) при воздействии гамма-квантов на систему нано-SiO₂/H₂O с размерами частиц d=15-20nm

G, молекул/100эВ	$m(H_2O)/m(SiO_2)$							
	0,025	0,05	0,1	0,15	0,3	0,5	1	2
$G_{обш}(H_2)$	0,37	0,7	1,15	1,8	3,15	4,11	3,7	2,6
$G_{SiO_2}(H_2)$	0,41	0,74	1,27	2,15	4,1	6,17	7,38	7,8
$G_{H_2O}(H_2)$	16,9	14,8	13,9	13,75	12,65	11,04	8,18	3,9

ИЗУЧЕНИЕ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Ермекова А.Е.^{1,2}, Козловский А.Л.¹, Корольков И.В.^{1,2}, Здоровец М.В.^{1,2}

¹Институт ядерной физики Республики Казахстан, Алматы (Казахстан)

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан (Казахстан)

На сегодняшний день, большой интерес вызывают магнитные наночастицы на основе оксидов металлов, как со стороны научного мира, так и с промышленности. При этом существует огромное разнообразие методов получения наночастиц различной геометрии и структурными свойствами. Интерес к данным наночастицам вызван их адсорбционными свойствами, хорошей биосовместимостью, суперпарамагнитными свойствами, а также низкой токсичностью для человеческого организма. Все эти свойства делают наночастицы магнетита перспективными объектами для биомедицинских применений, включая магнитно-резонансную томографию для клинической диагностики, носителей для адресной доставки лекарственных препаратов, для иммобилизации андезимов и т.д. При этом эффективность применения магнитных наночастиц очень сильно зависит от размерного эффекта наночастиц, устойчивости их к внешним воздействиям, фазовым превращениями, коррозионной и деградационной стойкости, а также цитотоксичности наночастиц.

Исследование кинетики деградации наноструктур с покрытием и без проводилось в модельном растворе ПБС при температуре 37°C. Данные условия и среда подбирались для моделирования наиболее приближенной среды человеческого организма. Кинетика исследования проводилась в течение 5 дней с шагом 2 дня. Согласно данным рентгеноструктурного анализа для наночастиц с покрытием PVP деградационные процессы связаны с частичным растворением оболочки покрытия, о чем свидетельствует снижение интенсивностей дифракционных максимумов и полное их исчезновение на 5 день. При этом магнитная основа наночастиц остается практически неизменной. Изменение среднего размера кристаллитов для модифицированных наночастиц незначительно и составляет 2-5 нм за весь период испытаний. В отличие от модифицированных наночастиц, исходные наночастицы деградируют на третий день испытаний, о чем свидетельствует резкое снижение интенсивностей и изменение формы дифракционных максимумов. На пятый день испытаний для немодифицированных наночастиц наблюдается полная деградация и распад наночастиц на мелкие кристаллиты размер которых не превышает 10 нм.

Таким образом, показана перспективность применения покрытий на основе PVP для защиты наночастиц от процессов деградации в средах близких к среде человеческого организма.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В НИТРИДНЫХ КЕРАМИКАХ

Козловский А.Л.¹, Здоровец М.В.^{1,2}

¹Институт ядерной физики Республики Казахстан, Алматы (Казахстан)

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан (Казахстан)

В работе представлены результаты исследования воздействия протонного и ионного излучения на структурные изменения нитридных керамик, обладающих высоким потенциалом применения в качестве конструкционных материалов ядерных реакторов поколения GenIV. Для моделирования процессов дефектообразования и оценки радиационной стойкости керамик использовались пучки протонов с энергией 1.5 МэВ и низкоэнергетичных ионов гелия (He^{2+}) и углерода (C^{2+}) с энергией 40 кэВ. Согласно полученным данным установлено, что нитридные керамики AlN обладают высокой радиационной стойкостью к воздействию протонного излучения, в то время как при облучении ионами C^{2+} наблюдаемая деградация приповерхностного слоя обусловлена накоплением углерода в структуре с последующим образованием примесных карбидных включений. Установлено, что накопление слаборастворимых ионов гелия и углерода в структуре приповерхностного слоя приводит к увеличению деформации и искажению кристаллической решетки, обусловленному процессами внедрения ионов в междоузлия решетки и разрыву химических и кристаллических связей. В результате исследования оптических характеристик облученных образцов установлено, что снижение интенсивности спектров поглощения для образцов, облученных ионами гелия и углерода, обусловлено изменением межплоскостных расстояний в результате миграции дефектов по структуре с последующим образованием примесных включений. Формирование примесных фаз и большой концентрации дефектов в структуре керамик приводит к резкому снижению эксплуатационных характеристик.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ НАПРАВЛЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ FeNi НАНОСТРУКТУР

Боргеков Д.Б.^{1,2}, Козловский А.Л.¹, Здоровец М.В.^{1,2}

¹Институт ядерной физики Республики Казахстан, Алматы (Казахстан)

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан (Казахстан)

На сегодняшний день огромный интерес к наноразмерным структурам и девайсам на их основе обусловлен возможностью управления физико-химическими свойствами, а также размерами и формой. Изготовление и контроль наноразмерных структур синтезированных из широкого спектра материалов имеют решающее значение в технологических аспектах и эксплуатации наноструктурных материалов. Среди разнообразия наноструктурных материалов, наноструктуры на основе FeNi являются привлекательными из-за их превосходных ферромагнитных свойств, высокого уровня намагниченности и возможности управления магнитной текстурой, которая является одной из важных характеристик для потенциального применения наноструктур в различных областях. При этом возможность простого способа получения больших массивов наноструктур с контролируемыми геометрическими и структурными характеристиками делает FeNi наноструктуры перспективным материалом для различных применений.

В работе представлены результаты исследования получения пермаллоидных наноструктур методом электрохимического синтеза, а также возможности применения электронного излучения для направленной модификации структурных характеристик и проводящих свойств. Установлены зависимости изменения структурных характеристик от дозы облучения электронным пучком с энергией 5 МэВ. Определено, что при дозе облучения 100 кГр наблюдается снижение концентрации дислокационных дефектов в структуре и искажений кристаллической решетки.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ YSZ, ОБЛУЧЕННОГО ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Аксенова Т.И., Хромушин И.В.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

Одним из перспективных твердых электролитов, проявляющих кислород-ионную проводимость и обладающих высокой стабильностью по отношению к диоксиду углерода, считается диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия (YSZ). Однако, несмотря на очевидные достоинства YSZ, проводимость его недостаточно высока. В последние годы активно проводятся исследования возможности контролируемого изменения свойств данного материала путем радиационного модифицирования ионными пучками, что позволило бы повысить его проводимость.

В работе представлены результаты исследования влияния облучения высокоэнергетическими ионами кислорода и аргона на структуру и проводящие свойства YSZ. В качестве объектов исследования использовали образцы YSZ трех составов: 1 – $ZrO_2 + Y_2O_3$ (3 мол. %), 2 – $ZrO_2 + Y_2O_3$ (10 мол. %) и 3 – $ZrO_2 + Y_2O_3$ (15 мол. %).

Рентгенофазовый анализ необлученной керамики YSZ показал, что образцы YSZ состава 1 имели тетрагональную, а образцы составов 2 и 3 кубическую структуру типа флюорита. Синтезированные образцы отжигали на воздухе при температуре 830°C в течение 8 часов, а затем облучали ионами аргона и кислорода с энергией 28 и 70 МэВ, соответственно, на ускорителе ДЦ-60, г. Астана. Облучению подвергали обе стороны образцов, суммарный флюенс составил 10^{16} см².

Облучение YSZ ионами вызывает незначительные нарушения структуры приповерхностных областей сложного оксида, но не приводит к изменению типа кристаллической решетки. Последнее связано с тем, что, как дефекты, так и имплантируемые ионы, согласно расчетам, расположены на достаточно больших от поверхности YSZ глубинах. Кроме того, высокая радиационная стойкость приповерхностных слоев YSZ с концентрацией Y_2O_3 10 и 15 мол. %, по-видимому, обусловлена высокой концентрацией кислородных вакансий в исходных необлученных материалах, которые выступают как эффективные центры рекомбинации для дефектов, образующихся в процессе облучения. Сделан вывод о том, что YSZ с высокой концентрацией Y_2O_3 должен характеризоваться более высокой радиационной стойкостью.

Методом импедансной спектроскопии изучено влияние облучения на проводящие свойства YSZ разного состава. Обработка импедансных спектров была выполнена с помощью программы ZVIEW. Спектры импеданса практически во всех случаях хорошо описывались последовательно соединенными параллельными R||CPE цепочками. Анализ зависимостей электросопротивлений “объема” кристаллитов облученных образцов YSZ с различным содержанием оксида иттрия от обратной температуры позволил определить значения энергии активации кислород-ионной проводимости (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Значения энергий активации кислородной проводимости в YSZ

Состав	E _{акт} , эВ		
	Необлученный образец	O ⁺ E = 28 МэВ	Ar ⁺ E = 70 МэВ
ZrO ₂ +3% Y ₂ O ₃	0,81	0,86	0,8408
ZrO ₂ +10% Y ₂ O ₃	1,053	1,075	1,416
ZrO ₂ +15% Y ₂ O ₃	1,3	1,25	1,018

Сделан вывод, что облучение тяжелыми ионами YSZ в ряде случаев может приводить к улучшению проводимости данного материала.

Работа выполнена при поддержке МОН Республики Казахстан (Грант AP05130148).

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЦЕНОСФЕР
ЛЕТУЧИХ ЗОЛ ТИПА С

Шоканов А.К.¹, Верещак М.Ф.², Манакова И.А.²

¹Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Методами мессбауэровской спектроскопии на ядрах ⁵⁷Fe, сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифракции проведены исследования ценосфер, выделенных из летучей золы типа С. Мессбауэровские спектры образцов регистрировали в геометрии на пропускание на спектрометре MS-1104Em при комнатной температуре, источником γ -квантов служил ⁵⁷Co в матрице хрома. Обработку мессбауэровских спектров выполняли с помощью программы SpectrRelax. Микрофотографии ценосфер получали с помощью электронного растрового микроскопа JEOL JSM-6610. Элементный состав пересчитывали на оксиды, сумму приводили к 100%. Рентгеноструктурные исследования выполняли на дифрактометре D8ADVANCE с излучателем CuK α в геометрии Брэгга–Брентано.

Ценосферы были выделены магнитной и гранулометрической сепарацией из летучей золы, прекурсором которой является пирит. Ценосферы представляют собой ансамбль микрокристаллитов сферической формы, состоящих из алюмосиликатов с примесями оксидов железа. Размеры глобул – менее 25 мкм. На рис. 1 представлен мессбауэровский спектр ценосфер. Спектр имеет сложный фазовый состав и содержит Fe₂O₃ (6.0±0.5%), Fe₃O₄ (4.6±0.2%), муллит Fe³⁺ (77±4%), Fe²⁺ (7±1%) и алюмосиликаты в парамагнитном состоянии (6±3%). Рентгено-дифракционный анализ показывает рефлексы указанных фаз.

На рисунке 2 представлены микрофотографии ценосфер. Химический состав отмеченных сфер практически одинаков со средними значениями: Al₂O₃ – 25.77 %, SiO₂ – 38.07 %, Fe₂O₃ – 4.87 %, Na₂O – 2.25 %, MgO – 4.8 %, P₂O₅ – 2.77 %, SO₃ – 0.56 %, K₂O – 0.26 %, CaO – 19.38 %, TiO₂ – 1.27 %.

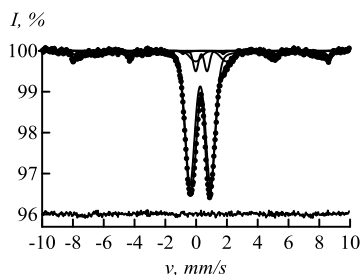


Рисунок 1 - Мессбауэровский спектр ценосфер

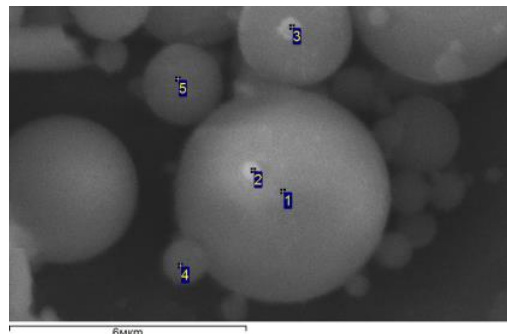


Рисунок 2 - Микрофотография ценосфер

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект AP05130144).

ИК- СПЕКТРЫ γ -ОБЛУЧЕННЫХ НАНО КОМПОЗИТОВ СВМПЭ/ α - SiO₂

Кулиев М.М., Исмаилова Р.С.

Институт Радиационных Проблем НАНА, Баку, Азербайджана

Полимеры и композиты на их основе в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различного рода ионизирующим излучениям. Несмотря на наличие большого числа теоретических и экспериментальных работ, посвященных вопросам влияния ионизирующего облучения на свойства полимерных композитов их поведения в радиационных полях, остается актуальной проблемой материаловедения.

В представленной работе исследовались ИК-спектры пленки сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) с различным процентным содержанием нано аэросила (α - SiO₂), до и после γ -облучения. ИК-спектры образцов снимали на Фурье –спектрометре Varian 640-IRFT в диапазоне волновых чисел 4000-400см⁻¹ при комнатных условиях. Облучение произведено на установке МРХ- γ -25М от источника ⁶⁰Со. Доза облучения 50-100кГр.

В ИК-спектре образцов чистого СВМПЭ, так и СВМПЭ, модифицирующегося нано наполнителями диоксида кремния, присутствует все основные пики для характеристических частот: 1) чистый СВМПЭ – полосы 3958см⁻¹, 2889 см⁻¹, 1462 см⁻¹ и 719 см⁻¹; 2) СВМПЭ+ 1% α -SiO₂ – полосы слабый 3958 см⁻¹, 2858 см⁻¹ 1462 см⁻¹, 1101 см⁻¹, 719 см⁻¹ и 471 см⁻¹; 3) СВМПЭ+ 3% α -SiO₂ – полосы 2934 см⁻¹, 2847 см⁻¹, 2903 см⁻¹, 1462 см⁻¹, 1099 см⁻¹, 797 см⁻¹, 729 см⁻¹ и 471 см⁻¹; 4) СВМПЭ+ 5% α -SiO₂ полосы -2847 см⁻¹, 2019 см⁻¹, 1462 см⁻¹, 1104 см⁻¹, 801 см⁻¹, 719 см⁻¹ и 471 см⁻¹. Видно, что спектры исследуемых композитов по сравнению со спектром чистого СВМПЭ наблюдается ряд новых полос поглощения. По данным ИК-спектроскопии, при наполнении СВМПЭ до 5%об. Приводит к уменьшению, а затем и к исчезновению пиковой интенсивности ОН колебаний (3958см⁻¹) и СН₂ – деформационных колебаний (1462см⁻¹).

ИК-спектры ненаполненного СВМПЭ и СВМПЭ с наноразмерными включениями аэросила показывает появление полосы 1104см⁻¹ и 471 см⁻¹. Полосы 471 см⁻¹ и 1104-1000 см⁻¹ атрибутированы нами как полосы характерные валентным колебаниям Si-O-Si групп (очень интенсивная широкая полоса) на поверхности α - SiO₂, а также 801 см⁻¹ полосы валентных колебаний C-Si группы, по-видимому, может быть объяснено разрывом углеводородных цепей макромолекул СВМПЭ с образованием связей –ОН и С=О. В области 2019 см⁻¹ проявляется слабое «плечо», свидетельствующее о наличии в пленке дефектов: карбонильных групп и ненасыщенных фрагментов. Проанализировав область ИК-спектра чистого СВМПЭ и нанокompозита СВМПЭ+х% α - SiO₂ в интервале волновых чисел 4000-400 см⁻¹ можно сделать вывод, что при концентрации компонентов в композите до 5% α - SiO₂ хорошо проявляется изменение водородных связей композита и явное проявление увеличение максимума для композита 3% α - SiO₂ на частоте 2934 см⁻¹.

В данной работе также исследовано влияние γ -облучения на ИК-спектры СВМПЭ и композиций СВМПЭ+х% α -SiO₂. После воздействия γ -облучения в ИК –спектре появляются новые полосы поглощения: для СВМПЭ +5% α - SiO₂ при дозе 50кГр полоса при 2700-3000см⁻¹ отвечающие за симметричные валентные колебания C-H группы. В спектрах присутствует интенсивная полоса поглощения в диапазоне 3700-4000см⁻¹. Известно, что поглощение в этой области обусловлено колебаниями ОН в SiOH- группах, которые образуются на поверхности частиц аэросила в присутствии молекул воды. Возникающие гидроксильные группы активно адсорбируют воду, вследствие чего вокруг частицы аэросила возникает оболочка, состоящая из гидроксильных групп и адсорбированной воды. Таким образом, добавление аэросила в СВМПЭ связывает воду, являющуюся катализатором процесса генерации носителей заряда, что и приводит к значительному уменьшению его электропроводности и увеличению стабильности поверхностного потенциала, что подтверждается результатами наших предыдущих работ и работ других авторов по изучению электретных свойств композитной системы СВМПЭ+ α - SiO₂.

А в ИК спектрах при дозе 100кГр исследуемых образцов наблюдается следующие изменения: 1) для СВМПЭ - 1717 см⁻¹ (валентные колебания); 2) СВМПЭ+ 1% α -SiO₂ - 2906 см⁻¹ - 2019см⁻¹ (С-Н асимметричные валентные колебания), 1717 см⁻¹ (валентные колебания), 1367см⁻¹ (C-H), 795 см⁻¹ (C-Si валентные колебания), 729см⁻¹ (СН₂ дублетные валентные колебания), в тоже время пиковая интенсивность СН₂ колебаний отличается от исходного СВМПЭ+ 1% α -SiO₂; 3) СВМПЭ +3% α - SiO₂ - 1717см⁻¹ (C=O валентные колебания);4) СВМПЭ +5% α - SiO₂ - 1716 см⁻¹ (C=O валентные колебания), 799 см⁻¹ (C-Si валентные колебания). Все эти группы полярные, имеет большое сродство к электрону и могут выступать в качестве ловушек для носителей заряда.

ИОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕЙТРОННО-ПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ БОРИДОВ ТИТАНА

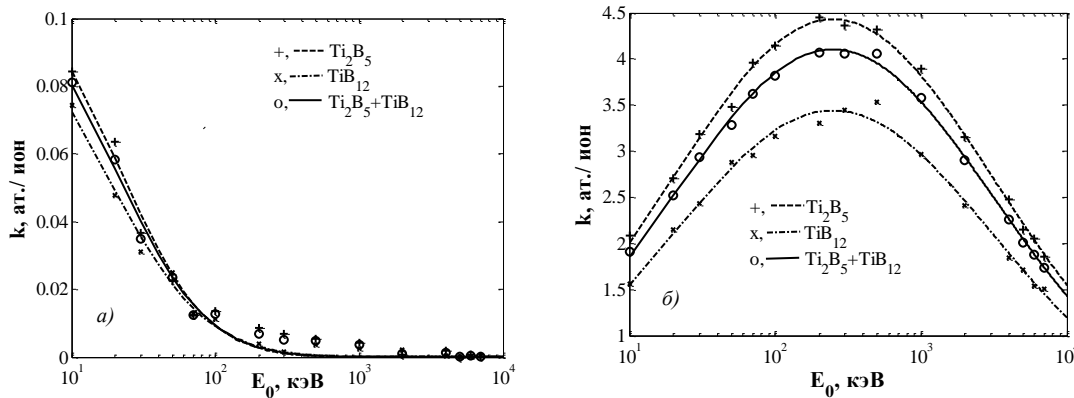
Карников А.Н., Кислицин С.Б., Ларионов А.С., Чекушина Л.В.

РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Вопросы повышения экологической безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) включают в себя проблему создания нейтронно-поглощающих конструкционных материалов с повышенными физико-механическими характеристиками. Одним из решений на сегодняшний день является применение покрытий, содержащих ^{11}B , который обладает высоким сечением поглощения тепловых нейтронов. Для создания таких покрытий используются различные плазменные технологии. В [1] разработано покрытие на основе боридов титана, нанесённое методом магнетронного напыления на подложку из аустенитной конструкционной стали 12X18Н9Т. Оно характеризуется смесью двух фаз: гексагональной фазой Ti_2B_5 с пространственной сингонией $P(0)$ (66.8%), и орторомбической фазой TiB_{12} с пространственной сингонией I_{mma} (33.2%). Такое покрытие обладает рядом преимуществ: простота методики, высокая плотность распределения бора в материале, высокие физико-механические характеристики.

Конструкционные материалы, применяемые при хранении ОЯТ, подвержены облучению α -частицами и осколками деления, имеющими значительную энергию. Поэтому помимо нейтронно-поглощающих свойств покрытие должно обладать хорошей радиационной стойкостью.

Исходя из этого, рассматривались три вида покрытий: Ti_2B_5 , TiB_{12} и комбинированное на их основе ($\text{Ti}_2\text{B}_5+\text{TiB}_{12}$). Исследовалось распыление поверхности при облучении ионами He, Ar, Kr и Xe с энергиями E_0 в интервале 10 кэВ – 7 МэВ. Коэффициенты распыления k определялись с помощью программного пакета SRIM-2012, который позволяет рассчитывать каскады атомных соударений для широкого спектра ионов и мишеней. Каждое значение было получено моделированием 10000 каскадов. Использовались параметры покрытий, определенные в [2]. Результаты представлены на рисунке 1.



Точками изображены результаты расчетов, линиями - их гауссовы аппроксимации.

Рисунок 1 - Зависимость коэффициента распыления k покрытий из боридов титана от энергии ионов E_0 при облучении ионами He (а) и Xe (б)

Вид зависимостей $k(E_0)$ не отличается от общеизвестного – для He пик распыления приходится на меньшие энергии. Исходя из полученных результатов, нетрудно оценить поведение покрытий с ростом флюенса. Так толщина комбинированного покрытия уменьшится на 0.5 мкм при $\sim 1.5 \times 10^{19}$ ион/см² и при $\sim 1.6 \times 10^{16}$ ион/см² при облучении, соответственно, ионами He и Xe с энергией 1МэВ.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования МО РК AP05134758.

Литература:

1. A.S. Larionov, L.V. Chekushina, E.E. Suslov. Development and Investigation of High-Strength Neutron-Absorbing Composite Coatings Based on Borides of Metals. // Materials Science Forum. – 2019. – 945. – P. 660-664.
2. A.S. Larionov, E.A. Zhakanbaeyev, A.L. Kozlovski, A.S. Dikov, S.B. Kislitsin, L.V. Chekushina. Synthesis of boride-titanium coatings by magnetron sputtering of composite targets. // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. - 2018. - 2(3). - P. 251-258.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ И ОБЛУЧЕНИЯ НА СВЕТОВОХОД КРИСТАЛЛОВ YSO:Ce³⁺ и GSO:Ce³⁺

Нуритдинов И., Эсанов З.У., Саидахмедов К.Х.

Институт Ядерной Физики АН РУз, Ташкент, пос.Улугбек. Хуросон 1, Узбекистанб, izzatilloh@yahoo.com

Силикаты с редкоземельными элементами (РЗЭ) хорошо зарекомендовали себя в качестве детекторов для регистрации высокоэнергетических частиц в ядерной физике. Одними из таких материалов являются монокристаллы силиката иттрия Y₂SiO₅:Ce(YSO) и гадолиния Gd₂SiO₅:Ce(GSO) с примесью церия. В настоящей работе было исследовано влияние восстановительной термической обработки, облучения гамма-лучами и нейтронами на световыход (S) выше отмеченных кристаллов. Возбуждение сцинтилляции производилось α -источником ²⁴¹Am (E α ~5.49 МэВ), с активностью (750Мк р/ч). Показано, что при восстановительной термообработке с малыми временами (700°C, до 1 ч) и γ -облучении в интервале доз 10⁵-2x10⁶ рад, происходит увеличение световыхода сцинтилляторов, связанный увеличением Ce³⁺ центров за счет радиационно- или термически-индуцированного перехода Ce⁴⁺→Ce³⁺. Максимальное относительное увеличение световыхода соответствует для образцов, термообработанных при 700°C в течение 1 часа, γ -облученных дозой 1x10⁶ рад или облученных нейтронами до флюенсов 10¹⁴ н/см²., и составляет ~10% (см. рисунок 1).

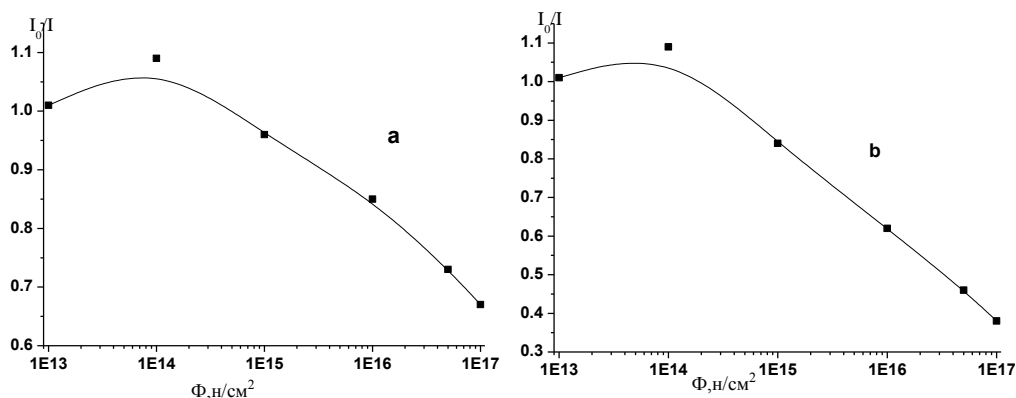


Рисунок 1 – Зависимость световыхода от флюенса нейтронов для кристаллов YSO (a) и GSO (b)

Дальнейшее повышение времени термообработки или дозы облучения приводит к уменьшению световыхода, которые обусловлено разрушением центров излучения. Исследования показали, что спектрометрические свойства облученных кристаллов не восстанавливаются при длительном хранении их в темноте, при температуре ~300 К. Изменение световыхода кристаллов GSO после γ -облучения показало, что оно зависит от качества кристалла, причем ухудшение световыхода характерно для кристаллов худшего качества. По нашему предположению возможны две причины изменения световыхода облученных кристаллов:

1. При низких дозах облучения происходит увеличение количества трехвалентных ионов церия, за счет перехода Ce⁴⁺→Ce³⁺ [1], что обуславливает увеличение выхода сцинтилляции сцинтилляторов.

2. Снижение световыхода при больших дозах облучения обусловлено уменьшением вероятности передачи энергии возбуждению основы люминофоров к активаторным цериевым центрам, за счет образования структурных дефектов при облучении и реабсорбции центрами окрасок, созданных на этих дефектах [2].

Литература:

1. Nuritdinov I., Esanov Z.U., and Saidahmedov K.Kh. On the Structure of Luminescent Centers in Lu₂SiO₅:Ce Crystals. Physics of Atomic Nuclei, 2018, Vol. 81, №10, pp. 1426–1431.
2. Нуритдинов И., Эсанов З.У., Исламов А.Х., Структурные дефекты кристаллов Y₂SiO₅, наведенные нейтронным облучением. Узб. физ. журнал, 2016, Vol.18(№4) PP.264-268.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ Ni НАНОСТРУКТУР**

Шлимас Д.И.^{1,2}, Козловский А.Л.¹, Кадыржанов К.К.², Здоровец М.В.^{1,2}

¹Институт ядерной физики Республики Казахстан, Алматы (Казахстан)

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан (Казахстан)

Одним из важных критериев применимости наноструктур в электронике и космической и космической технике является их устойчивость к различного рода ионизирующего излучения, а также оценки влияния облучения на структурные и проводящие свойства наноматериалов. При взаимодействии налетающих частиц с кристаллической структурой происходит колоссальная передача энергии в электронную и ядерную подсистемы, что приводит к образованию каскадов вторичных дефектов и электронов. При этом большая часть образовавшихся дефектов аннигилирует за очень короткие промежутки времени. В свою очередь выжившая часть дефектов способна привести к изменению структурных свойств, путем изменения концентрации дислокаций, частичного отжига дефектов и напряжений в структуре. При малых флюенсах облучения (10^{10} - 10^{11} ион/см²), которым характерно образование одиночных неперекрывающихся областей прохождения ионов в материале, в структуре образуется большое количество точечных дефектов и вакансий. Мигрируя по структуре точечные дефекты и вакансии, обладая большой энергией, способны образовать каскады вторичных дефектов, которые могут оказать двойное влияние на структурные и проводящие свойства наноструктур. В одном случае большая концентрация точечных дефектов может привести к процессам перекристаллизации, дроблению кристаллитов, а также изменению дислокационной структуры или степени текстурирования.

В работе представлены результаты изменения структурных и проводящих свойств Ni наноструктур от типа иона и флюенса облучения. В качестве бомбардирующих пучков использовались ионы V^{2+} , Ca^{5+} , Fe^{7+} . Флюенс облучения составил 10^{10} , 10^{11} и 5×10^{11} ион/см². Установлено, что в образцов облученных ионами V^{2+} и Ca^{5+} основные структурные изменения связаны с аморфизацией или переориентацией текстуры, а для образцов облученных ионами Fe^{7+} наблюдается формирование мало интенсивных пиков характерных для соединения FeNi. Установлено, что увеличение степени кристалличности свидетельствует о положительном влиянии ионов кальция на кристаллическую структуру, которое заключается в частичном отжиге дефектов и снятии напряжений и искажений в кристаллической решетке. Незначительное снижение степени кристалличности при облучении ионами железа, может быть объяснено процессами имплантации и выбивания атомов никеля из узлов решетки, что приводит к формированию примесных включений в виде фазы FeNi, содержание которой увеличивается с флюенсом облучения. Формирование в структуре аморфных включений и частичного разрушения стенок нанотрубок под действием облучения ионами бора приводит к резкому снижению степени кристалличности и проводящих свойств нанотрубок.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДАНСНОГО СПЕКТРА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛА TlInS₂ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНАМИ ВОДОРОДА И ГЕЛИЯ

*Самедов О.А.¹, Самедов С.Ф.^{1,2}, Кулик М.^{2,3}, Алекперов О.З.⁵, Наджафов А.И.^{1,5}, Колодйнска Д.³,
Олежниджак А.^{2,4}, Мехтиева Н.М.^{1,6}*

¹ Институт радиационных проблем НАН Азербайджана,

²Объединенный институт ядерных исследований Дубна, Россия,

³Институт физики Maria Curie Sklodowska University Lublin, Poland,

⁴Химический Факультет, Nicolaus Copernicus University, 87-100 Torun, Poland,

⁵Институт физики НАН Азербайджана

⁶Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
o.samedov@rambler.ru

Были исследованы оптические свойства кристалла TlInS₂. Спектры комбинационного рассеяния были получены при температуре 300К в интервале частот 50-2000 см⁻¹. В измеренных спектрах комбинационного рассеяния для исходных образцов TlInS₂ (до имплантации) определено 7 пиков. Из отношения интенсивностей этих линий в стоксовой и антистоксовой области спектра следует, что они относятся к колебаниям второго порядка. Эти кристаллы были подвержены имплантации ионами водорода H⁺ и гелия He⁺. После имплантации были рассмотрены спектры комбинационного рассеяния в интервале частот 50-2000 см⁻¹. По спектрам было определено 5 пиков. При сравнении спектров до и после имплантации наблюдались заметные их отличия. Это выражалось в изменении относительной интенсивности линий и исчезновением некоторых из них. Эти эффекты зависели от массы ионов, с которыми облучались образцы. Пики были определены в интервале частот 50 - 200 см⁻¹.

Химический состав поверхностных слоев был исследован методом XPS (рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия) диапазоне энергий 0 - 1600 эВ. Наблюдалось значительное уменьшение содержания Tl в поверхностных слоях. Для ионов He⁺ (150 кэВ) эффект был более выраженным и сопровождался резким уменьшением содержания атомов S. Имплантация ионами He⁺ также продемонстрировала более значительное уширение спектральных характеристик In и Tl, что может быть связано с разупорядочением структуры.

Также исследованы импедансные спектры кристаллов TlInS₂ в переменном измерительном поле как исходной, так и после имплантации. Кинетическое изменение электропроводности под действием постоянного электрического поля оценивается ионный вклад проводимости TlInS₂. В диапазоне частот 10-10⁶Гц построение диаграммы в комплексной плоскости (Z''-Z') проведено с использованием метода эквивалентных схем замещения.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ИОННЫМ ПУЧКОМ В МЕТАЛЛАХ

Прима А. *, Пушкарёв А., Зырянова Р., Передей Н., Медведский В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, Томск, пр. Ленина 30, 634050
* E-mail: artyom.prima@yandex.ru

Представлены результаты экспериментального исследования и моделирования формирования радиационных дефектов в мишени из нержавеющей стали, титана, латуни и меди при облучении импульсным пучком ускоренных атомов (нейтралов). Эксперименты были проведены на ускорителе ТЕМП-6 (200-250 кВ, длительность импульса 120 нс) [1]. Для увеличения плотности энергии использовали эффект фокусировки ионного пучка собственным зарядом. Пучок состоит из ускоренных атомов углерода (80-90%) и водорода со средней энергией 235 кэВ. Плотность энергии в фокусе составляет 3-10 Дж/см². Для экспериментального определения количества радиационных дефектов в мишени использовали калориметрическую диагностику, которая основана на измерении температуры мишени после облучения [2]. Моделирование количества радиационных дефектов в каскаде смещений и потерь энергии в мишени выполнено по программам NRT, SRIM и LAMMPS для энергии 1-300 кэВ. Результаты моделирования (для ускоренного иона углерода с энергией 250 кэВ) и экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Количество радиационных дефектов в каскаде смещений ускоренного атома

Материал мишени	Потери энергии		Количество дефектов в каскаде			
	электронные	фононы	N _{SRIM}	N _{ПВА}	N _{cor}	N _{exp}
Ti	84%	12%	657	2050 (-80%)	4600 (+24%)	3704
Fe	81%	16%	684	2110 (-23%)	3462 (+33%)	2594
Zn	77%	19%	1111	3090	4500	
Brass	77%	19%		3346 (-0.5%)	4768 (+42%)	3360
Cu	78%	19%	1198	3490 (+3%)	4918 (+46%)	3380

В таблице 1 в скобках приведено отклонение расчетных данных от экспериментальных.

Выявлено, что радиационные дефекты можно разделить на две группы – быстрые дефекты, которые аннигилируют в течение 0.1 с после облучения, и медленные дефекты, которые аннигилируют в течение 35-40 секунд. Медленные радиационные дефекты составляют 24-32% от общего количества дефектов, что близко к эффективности каскада при облучении металлической мишени ионами с энергией более 20 кэВ. В таблице приведено суммарное количество быстрых и медленных дефектов в каскаде (N_{exp}).

Моделирование в программе SRIM (N_{SRIM}) показало, что количество радиационных дефектов в каскаде смещений иона C⁺ в 2.5-5 раз меньше экспериментальных значений. Это подтверждает высокую концентрацию ускоренных нейтралов в пучке.

Для расчета количества дефектов в каскаде ускоренного атома в SRIM использовали метод первично выбитого атома. Рассчитывали количество дефектов в каскаде смещений в медной мишени при торможении медного иона с энергией 250 кэВ (N_{ПВА}), E_{lat} задавали равной E_d для материала мишени. Аналогичные расчеты были выполнены для других мишеней, см. таблицу. Моделирование количества радиационных дефектов в каскаде смещений по программе SRIM методом первично выбитого атома показало хорошее совпадение с экспериментальными данными для медной и латунной мишеней, заниженные данные для мишени из нержавеющей стали (-23%) и титана (-80%).

Результаты моделирования в SRIM также использовали для оценки количества радиационных дефектов в каскаде атома углерода (N_{cor}). Энергию, теряемую атомом при электронном торможении, учитывали при формировании дефектов, см. таблицу. При этом моделирование показало завышенные значения на 25-46% для всех мишеней.

Исследование было поддержано грантом РФФИ № 17-08-00067.

Литература:

1. Zhu X.P., Lei M.K., Ma T.C. Review of Scientific Instruments, 2002. vol. 73 (4), pp. 1728-1733.
2. A. Pushkarev, A. Prima, X.P. Zhu, L. Ding, Q. Zhang, Yu. Isakova, M.K. Lei. Thermal imaging diagnostics of fast radiation processes // 6th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2018): Abstracts. — Tomsk: Publishing House of IAO SB RAS, 2018. — p. 516.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ НЕОБЛУЧЕННЫХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ И ОБЛУЧЕННЫХ БИОМАТЕРИАЛОВ

Купчишин А. И.^{1,2}, Есырев О.В.¹, Ходарина Н.Н.¹, Таипова Б.Г.¹, Ниязов Н.М.¹

¹ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Актуальными на сегодняшний день является изучение проблем загрязнения водоемов, влияния токсических веществ на их флору и фауну, очистка водных объектов от загрязнителей [1]. Сточные воды, которые подвергаются специальной очистке, собираются в озерах-накопителях. Вопросы таких водных сред требуют незамедлительного решения, поскольку они являются частью внешней среды целых областей, и определяют в большой степени благополучие их среды и населения. Исследования экологических процессов в водоемах-накопителях будут успешным только при последовательном изучении и сравнении с уже известным состоянием пресноводных сред. Тяжелые металлы (ТМ) являются важнейшими загрязняющими водоемы веществами. При экологическом и гидробиологическом мониторинге они рассматриваются как приоритетные. Тяжелые металлы биологически активны и не трансформируются в организме гидробионтов, сорбируются клеточными стенками и накапливаются внутри клеток растений микроорганизмов-бактерий, водорослей и т.д. [2]. По большому числу ТМ их сорбционная способность сравнительно высока. Однако в настоящее время в литературе по исследованию тяжелых металлов в высших растениях и в ракообразных в озерах-накопителях сточных вод очень мало данных. Наиболее важным является при этом поиск физических и биологических факторов, улучшающих качества воды.

Проведены оптические исследования необлученных, загрязненных и облученных биоматериалов на примере камыша и осоки. Экспериментальные образцы были изготовлены из биоматериалов озера Сорбулак. Изучение оптических свойств и структуры как облученных, так и необлученных образцов камыша, осоки на отражение и просвет проводилось на автоматизированном цифровом микроскопе (АЦМ) типа LeicaDM6000M. Облучение материалов велось в воздушной среде в специальных держателях на ускорителе электронов ЭЛУ-6 КазНПУ им. Абая. Доза электронного облучения выбиралась 50 – 500 кГр. При проведении работ температура образцов поддерживалась равной 23 °С, а относительная влажность – 55 %.

На микрофотографии загрязненного стебля камыша, сделанного оптическим способом обнаружено большое количество упорядоченных мелких темных структур, связанных с имеющимися место вредными для растения веществами. Поверхность и объем тела всех исследуемых объектов (осоки, камыша и др.) сильно подвержены существенным изменениям. Для загрязненных объектов видны существенные повреждения структуры материала.

Выявлено, что одновременное загрязнение и электронное облучение образцов биоматериала приводит к размытию полос материала, что связано с накоплением тяжелых металлов и генерацией устойчивых радиационных дефектов типа пары Френкеля и пары электрон – ион, которые в последующем приводят к разрушению клеток и к деструкции биоматериала.

Проведены экспериментальные исследования свойств донных отложений оптическим методом. Получено, что полное оседание происходит в течение около 80 – 100 секунд. Как следует из этих опытов, величина интенсивности (I) растет со временем (t), сначала в интервале времени 0 – 20 секунд – резко возрастает, а затем постепенно выходит на насыщение. При сравнении параметров интенсивности красного и зеленого лазерных излучений было установлено, что первичные (с разной мощностью) кривые зависимости I от t отличаются в связи с разной мощностью излучения в 2,4 раза. Для того чтобы убедиться в малой погрешности проведенных опытов, а также проверить, одинаково ли воздействие двух излучений на образцы материала, было проведено сравнение интенсивностей при одинаковых условиях (приведенных мощностях) облучения. Выявлено, что зависимости от времени практически одинаковы. После проведения ряда опытов и расчетов было установлено, что погрешность экспериментов составляет ~ 3%.

Литература:

1. Поклонов, В.А., Котелевцев, С.А., Шестакова, Т.В., Остроумов, С.А. Снижение концентрации тяжелых металлов в водных растворах при взаимодействии с макрофитами. Экологическая химия. – 2011. – Т. 20. – С. 200 – 203.
2. Esyrev O.V., Kupchishin A.A., Kupchishin A.I., Voronova N.A. Optical research of biomaterials of sorbulak// IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. 110 012036. – 2016. – P. 1 – 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ Hf-C

Тулешев Ю.Ж., Володин В.Н., Жаканбаев Е.А., Сулов Е.Е., Сарсенбаева К.Б.*, Оракова М.С.*

Институт ядерной физики МЭ РК,
КазНУ им. Аль-Фараби*, Алматы, Казахстан

В настоящее время развитие различных отраслей техники обусловили поиск новых материалов с высокой температурой плавления. В 2015 году появилась работа [1], в которой используя расчеты электронной структуры, проведено исследование системы Hf-Ta-C, которая включает в себя соединения, имеющие самые высокие точки плавления из известных на сегодняшний день. В этой работе были выделены основные химические факторы, которые способствуют высокой температуре плавления. На основании этих факторов был предложен класс материалов, которые могут обладать еще более высокими температурами плавления, а с помощью эффективных расчетов молекулярной динамики определен состав максимизации точки плавления. Высказано предположение, что покрытие из карбида-нитрида гафния с составом 53 ат.% Hf, 27 ат.% C и 20 ат.% N должно обладать температурой плавления около 4500 К.

Поэтому целью наших исследований является синтез покрытий карбо нитридов гафния и исследование структуры их свойств. Данная работа является первым этапом работ по синтезу карбонитридов, и включает в себя получение и исследование покрытий гафний углерод в широком диапазоне концентраций. В экспериментах использованы йодофазный гафний с содержанием 99.98 мас. % основного элемента и очищенный графит, из которых изготовлены мишени магнетрона диаметром 40 и толщиной 4 мм. При магнетронном распылении в качестве плазмообразующего газа использован аргон, подвергшийся очистке на геттере – распыленном титане.

Методика формирования образцов покрытий заключалась в магнетронном распылении гафния и углерода, и их совместном осаждении в виде короткопериодных субслоев толщиной менее 1 нм, на перемещающиеся относительно потоков плазмы необогреваемые подложки из поликора (поликристаллического корунда α -Al₂O₃), монокристаллического кремния, полированной фольги из нержавеющей стали 12X18H10T и стекла до суммарной толщины пленки 1÷1.5 мкм. Скорость перемещения - $5 \cdot 10^{-2}$ м·с⁻¹. Напыление осуществляли одновременно с двух оппозитно расположенных магнетронов, пространство между которыми разделено устройством для перемещения подложек. Температура покрытия в процессе формирования не превышала 100 °С. Отжиг образцов проводили в высокотемпературной вакуумной электропечи при давлении $1 \cdot 10^{-2}$ Па.

Составом покрытия управляли путем изменения соотношения мощностей, подаваемых на распыляющие гафний и графит магнетроны. Состав определяли весовым методом по количеству распыленного и осажденного каждого из элементов во время формирования покрытия. Толщину пленки определяли методом резерфордовского обратного рассеяния протонов на тандемном ускорителе УКП-2-1.

Рентгеноструктурные исследования выполнены на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker с медным излучением $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 0.154051$ нм с графитовым монохроматором. Значение параметра решетки вычислено как среднее при использовании всех дифракционных линий от данной фазы.

Для выполнения исследований на данном этапе были приготовлены образцы покрытий гафний-углерод в диапазоне концентраций от 59,8 до 5,3 ат.% углерода. В результате проделанных работ установлено что в системе гафний-углерод сформированных методом магнетронного осаждения, при концентрациях от 59,8 до 16,2 ат. % углерода в покрытии происходит формирование кубической фазы карбида гафния, с уменьшением параметра решетки по мере уменьшения концентрации углерода. При концентрации 16,2 ат. % углерода, наряду с кубической фазой карбида гафния в покрытии начинает выделяться гафний с гексагональной структурой. При дальнейшем уменьшении концентрации углерода в покрытии гексагональная фаза гафния становится преобладающей.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов МОН РК AR05130933 и AR05130967.

Литература:

1. Hong Q.-J. Prediction of the material with highest known melting point from ab initio molecular dynamics calculations // Physical Review B 92, 020104(R) (2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Манакова И.А.¹, Верещак М.Ф.¹, Шоканов А.К.²

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

Методами ядерной гамма-резонансной спектроскопии на ядрах ^{57}Fe и сканирующей электронной микроскопии проведены исследования узких фракций микросфер, выделенных из летучей золы при пылевидном сжигании угля Экибастузского бассейна в топочном котлоагрегате БКЗ-420-140 ТЭЦ-2 г. Алматы при температуре 1500-1900°C.

Выделение узких фракций микросфер осуществляли гранулометрической сепарацией на стандартных ситах с размерами ячеек 15, 25, 40 и 100 мкм. Таким образом, были приготовлены четыре серии образцов. Для каждой фракции был определен элементный и фазовый состав, а также морфологический тип гранул.

Мессбауэровские спектры образцов регистрировали в геометрии на пропускание на спектрометре MS-1104Em при комнатной температуре, источником γ -квантов служил ^{57}Co в матрице хрома. Обработку мессбауэровских спектров выполняли с помощью программы SpectrRelax. Микрофотографии сфер получали с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6610, оснащенного энергодисперсионным анализатором IncaX-act, с разрешением 3 нм при ускоряющем напряжении 0.3-30 кВ и времени накопления 10 минут. Элементный состав пересчитывали на оксиды, сумму приводили к 100%.

Мессбауэровский спектр летучей золы до сепарации имеет довольно сложную структуру. Атомы железа занимают несколько позиций в магнитоупорядоченных и парамагнитных состояниях. На рисунке приведены мессбауэровские спектры образцов. Магнитная часть в образцах летучей золы представлена магнитосферами, а парамагнитная часть – алюмосиликатными микросферами. Установлено, что с увеличением размера зерен в узких фракциях микросфер наблюдается монотонное уменьшение магнитной составляющей в мессбауэровских спектрах. В образце с размером зерен более 100 мкм содержание феррооксидов – минимально. Преобладающими компонентами являются минералы муллита и герценита, входящие в состав алюмосиликатных глобул. Показано, что размер глобул алюмосиликатов напрямую связан с содержанием алюминия в них.

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект AP05130144).

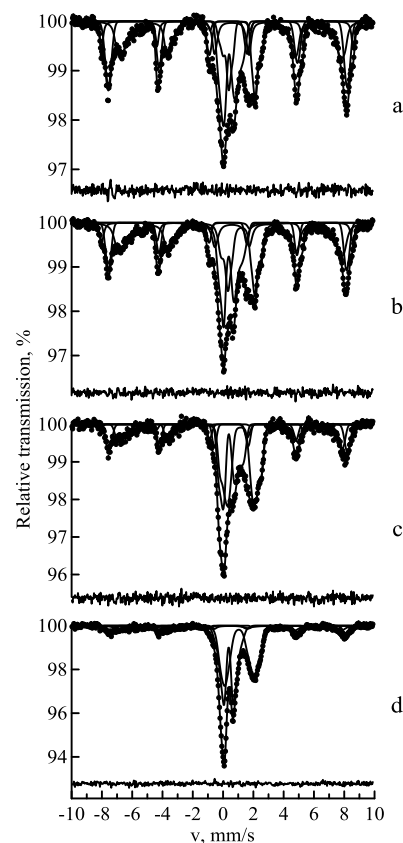


Рисунок 1 - Мессбауэровские спектры на ядрах ^{57}Fe гранул летучей золы с размерами: a - 15÷25 мкм; b - 25÷40 мкм; c - 40÷100 мкм; d - 100÷150 мкм

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК АМОРФНОГО УГЛЕРОДА МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ

Кудабаева М.А., Рягузов А.П.

Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа,
КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Аморфные углеродные (а-С) пленки являются перспективным материалом для развития новых электронных устройств на их основе. Основной важной задачей является управление их электронными свойствами. В работе показана возможность модификации а-С пленок основными структурными элементами карбида кремния. Карбид кремния может принимать различные модификации структуры, из которых основными являются 3С (гранцентрированная кубическая), 4Н и 6Н (гексагональные структуры). Данные структуры обладают индивидуальными электронными свойствами [1].

Синтез наноструктурированных а-С<Si> пленок, с максимальной концентрацией кремния 8 ат.%, осуществлялся методом магнетронного ионно-плазменного со-распыления комбинированной мишени углерода (99,999ат.%) и высокоомного кремния (100) ($\sim 200 \text{ МОм/см}^3$) на постоянном токе в атмосфере аргона (99,999 ат.%). Исследование оптических свойств показало, что ширина запрещенной зоны аморфного углерода существенно зависит от концентрации кремния, как показано на рисунке 1. На рисунке 1 можно выделить 3 области, соответствующие к определенным интервалам с шириной запрещенной зоны, которые соответствуют I-3С структурным элементам SiC, II-6Н и III-4Н.

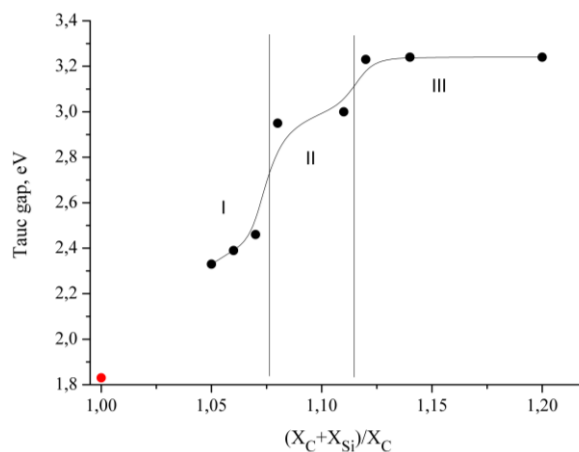


Рисунок 1 - Зависимость ширины запрещенной зоны пленок от концентрации кремния

Таким образом, можно заключить, что в матрице аморфных углеродных пленках в процессе синтеза происходит формирование различных элементов структур SiC в зависимости от концентрации кремния. Это позволяет формировать модифицированные а-С<Si> пленки с различной оптической шириной запрещенной зоны и управлять их электронными свойствами.

Литература:

1. J.B.Casady, R.W.Johnson // Solid-State Electronics 1996. V. 39, No. 10, P. 1409.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ СКАНДАТА ЛАНТАНА

Хромушин И.В., Аксенова Т.И.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

В работе представлены результаты исследований влияния акцепторного допирования на проводящие свойства новых протонных проводников LaScO_3 , выполненных методом импедансной спектроскопии. Измерения импеданса были проведены в твердотельной электрохимической ячейке с использованием потенциостата/гальваностата Р-45Х с модулем частотного анализатора FRA-24М в диапазоне частот 500 кГц-0,2 Гц при температурах от комнатной до 650°C. В качестве объектов исследования были использованы образцы в виде таблеток диаметром 11 мм и толщиной 3 мм, на которые были нанесены электроды из пористой платины.

Импедансные кривые были сняты на образцах недопированного скандата лантана LaScO_3 и допированного Sr и Ca ($x = 0.05$ и 0.1). Обработка экспериментально полученных импедансных кривых путем построения эквивалентных электрических схем была выполнена с использованием программы Z-View и позволила оценить сопротивления объема ρ_b и границ зерен ρ_{gb} (рис.1).

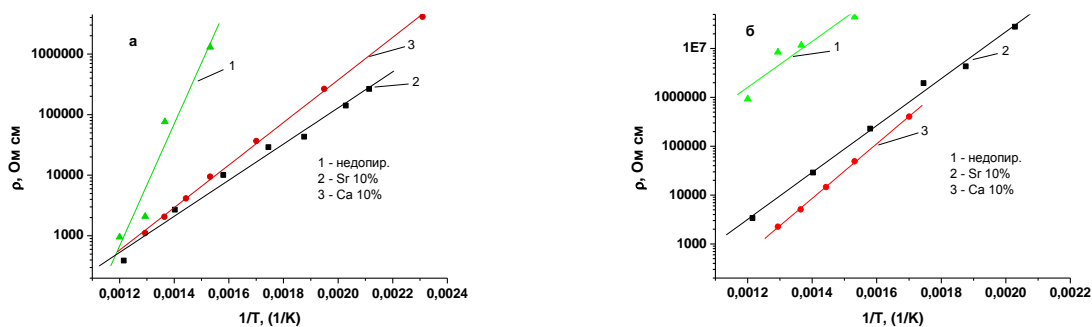


Рисунок 1 - Температурные зависимости ρ объема (а) и границ (б) зерен $\text{La}_{1-x}\text{M}_x\text{ScO}_{3-\delta}$

Полученные данные позволили определить значения энергий активаций проводимости объема и границ зерен (таблица 1).

Состав	$E_{\text{акт}}, \text{эВ}$	
	Объем зерна	Границы зерен
LaScO_3	$2,0 \pm 0,05$	$0,93 \pm 0,05$
$\text{La}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{ScO}_{2,975}$	$0,55 \pm 0,05$	$0,988 \pm 0,05$
$\text{La}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{ScO}_{2,95}$	$0,59 \pm 0,05$	$0,95 \pm 0,05$
$\text{La}_{0,95}\text{Ca}_{0,05}\text{ScO}_{2,95}$	$0,74 \pm 0,05$	$1,138 \pm 0,05$
$\text{La}_{0,9}\text{Ca}_{0,1}\text{ScO}_{2,95}$	$0,69 \pm 0,05$	$1,1 \pm 0,05$

Анализ экспериментальных результатов показал, что энергия активации проводимости тела зерна в недопированных скандатах лантана намного выше, чем в допированных образцах. Исходя из рассчитанных значений энергий активаций сделан вывод о том, что проводимость недопированных скандатов лантана является не протонной, а кислород-ионной.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК (грант AP05130148).

К ВОПРОСУ ГОФРИРОВАННОСТИ ЗОНЫ В КОМПЕНСИРОВАННОМ КРЕМНИИ

Таиметов М.Ю., Махмудов Ш.А., Одилова Н.Ж., Сулаймонов А.А.,
Рафиков К., Мирзарайимов Ж.З., Абдурайимов Б.Ж.

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистон, makhmudov@inp.uz

Создание различных фото - и температуро-чувствительных структур на основе компенсированного кремния в последние годы раскрыло новые перспективы в применении фото - и температуро-чувствительных датчиков. Чувствительность образцов объясняется наличием уровней прилипания неравновесных носителей заряда, образованных примесными центрами, а также в модели случайного потенциального рельефа, который приводит к гофрированности зоны проводимости и валентной зоны в кремнии [1, 2]. Относительное изменение удельной интегральной чувствительности изготовленных структур (К) зависит от коэффициента диффузии атомов компенсирующих примесей и дозы облучения легированного кремния. Установлено, что чем больше коэффициент диффузии примеси, тем сильнее повышается К. Наблюдаемый эффект удельному сопротивлению, который приводит к возрастанию величины гофрированности зоны проводимости и валентной зоны в компенсированном кремнии [3-9].

В работе анализируется, возникновение гофрированности зон в компенсированном кремнии. Существуют две принципиально различные ситуации при реализации эффекта гофрированности зон, обусловленные флуктуациями распределении атомов примесей по образцу.

1. Случай сильно легированного полупроводника. Примером может служить легирование кремния примесью фосфора (P) до концентрации порядка $10^{18} - 10^{19} \text{ см}^{-3}$ [7,8,9]. При этом из-за большой концентрации свободных электронов все кулоновские взаимодействия в системе экспоненциально экранируются [1, 7]:

$$e^2/\epsilon\gamma \rightarrow [e^2/\epsilon\gamma] \exp(r/r_0),$$

где r_0 - радиус экранирования ($r_0 \approx a^{1/2} n^{-1/6}$, здесь a - эффективный боровский радиус ($a = 18 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ для Si); n - концентрация электронов), r - расстояние от электрона до примесного центра; ϵ - диэлектрическая проницаемость. Вследствие этого каждый ион фосфора возмущает электронный спектр полупроводника только в области размером экранирования $\sim r_0$. Для того, чтобы это возмущение было заметным, необходимо, чтобы в области объемом экранирования - r_0^3 скапливалось достаточно много ионов фосфора. Вероятность этого скопления определяется формулой Пуассона [3,8]:

$$W(N_P^{cp}, N_P) = \frac{[(4/3) \cdot \pi \cdot r_0^3 N_P^{cp}]^{(4/3) \cdot \pi \cdot r_0^3 N_P}}{(4/3) \cdot \pi \cdot r_0^3 N_P!} \cdot \exp(-\frac{4}{3} \pi \cdot r_0^3 N_P^{cp})$$

где N_P^{cp} - средняя концентрация атомов фосфора по образцу; N_P - концентрация атомов фосфора в данной области образца. Из-за малой величины объема области экранирования - r_0^3 это возможно только для большой средней концентрации атомов фосфора, т.к. тогда величина $[(4/3) \cdot \pi \cdot r_0^3 N_P^{cp}]$ не очень мала.

Таким образом, в обсуждаемом случае экранированный кулоновский потенциал уменьшает область кристалла, где должны наблюдаться значительные примесные флуктуации.

2. Случай компенсированного полупроводника отличается тем, что число свободных носителей – n очень мало. Это приводит к весьма большой величине радиуса экранирования r_0 в пределе при $n \rightarrow 0$, $r_0 \rightarrow \infty$, так что экранированный кулоновский потенциал превращается в обычный кулоновский потенциал:

$$[e^2/\epsilon\gamma] \exp(r/r_0) \rightarrow e^2/\epsilon\gamma$$

Это приводит к тому, что радиус кулоновского действия компенсирующих примесных центров на электронный спектр идеального полупроводника оказывается очень большим (в идеализированном случае $r_0 \rightarrow \infty$). Поэтому в области экранирования r_0^3 даже при небольшой средней концентрации компенсирующих примесей N_{II}^{cp} - существует большая вероятность для флуктуационного скопления значительного числа атомов компенсирующих примесей. Эта вероятность также определяется выражением Пуассона

$$W(N_{\Pi}^{cp}, N_{\Pi}) = \frac{[(4/3) \cdot \pi \cdot r_o^3 N_{\Pi}^{cp}]^{(4/3) \cdot \pi \cdot r_o^3 N_{\Pi}}}{(4/3) \cdot \pi \cdot r_o^3 N_{\Pi}!} \cdot \exp(-\frac{4}{3} \pi \cdot r_o^3 N_{\Pi}^{cp})$$

где N_{Π}^{cp} - средняя концентрация атомов компенсирующих примесей по образцу; N_{Π} - концентрация атомов компенсирующих примесей в данной области образца.

Таким образом, для значительного возмущения электронного спектра идеального полупроводника в случае компенсации, даже на фоне не очень высокой средней концентрации примесей, легко осуществляется флуктуация концентрации примеси из-за того, что $r_o \rightarrow \infty$ величина $(4/3) \cdot \pi \cdot r_o^3 N_{\Pi}^{cp}$ такова, что вероятность $W(N_{\Pi}^{cp}, N_{\Pi})$ достаточно заметна.

Таким образом, именно в величинах N_{Π}^{cp} и r_o проявляются принципиальные отличия случаев сильного легирования и сильной компенсации. При сильном легировании малая величина r_o компенсируется большой величиной N_{Π}^{cp} (например, при $r_o \sim 2,4 \cdot 10^{-7}$ см, $N_p = n = 10^{18}$ см⁻³ имеем $r_o^3 \cdot N_p \approx 0,13$) тогда как при сильной компенсации малая величина N_{Π}^{cp} компенсируется большой величиной r_o (например, при $r_o \sim 3,7 \cdot 10^{-5}$ см, $n = 10^{13}$ см⁻³ имеем $r_o^3 \cdot N^{cp} \approx 0,5$)*. В обоих случаях это даёт значительные величины вероятности $W(N^{cp}, N)$, $r_o^3 \cdot N^{cp}$ достигает оптимальной величины (не слишком большая и не слишком маленькая).

*Отметим, что длина экранирование для случая сильнолегированного $r_o^{cl} = (1/2) \cdot (\pi \cdot a^3 / 3n)^{1/2}$ и компенсированного материала $r_o^{ком} = a \cdot kT / 4\pi \cdot n \cdot e^2$ [4] существенно отличается: $r^{cl} < r^{ком}$

Литература:

1. Сухоруков А.В., Ежевский А.А., Гусев А.В., Гусейнов Д.В., Попков С.А. Процессы спиновой релаксации электронов проводимости в кремнии с различным изотопным составом. Журнал Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. №5 (2), С. 335-338.
2. Ш.И. Аскарлов, Б.З. Шарипов, Ш.К. Салиева, Д.М. Шукурова. Способ повышения фоточувствительности кремневых пластин для солнечной энергетики. Гелиотехника, 2018. №4. С. -5-8.
3. Gui C., Yang De-R., Ma X. Y., Fu L.M., Fan R.X., Que D.L. / Oxygen Precipitation within Denuded Zone Founded by Rapid Thermal Processing in Czochralski Silicon Wafers//Chin. Phys.Lett. Vol. 22. № 9. 2005, pp. 2407-2410.
4. В.Н. Брудный, Н.Г. Колин, Л.С. Смирнов. Модель самокомпенсации и стабилизация уровня Ферми в облученных полупроводниках. Физика и техника полупроводников, 2007, том 41, вып. 9. 1031-1040.
5. W. Wang, D. Yang, X. Ma, and D. Que, "Effect of silicon interstitials on Cu precipitation in n-type Czochralski silicon," J. Appl. Phys., vol. 103, (no. 9), p. 3534, 2008.
6. Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н.А., Махмудов Ш.А., Бегматов К.А., Караходжаев А.К., Садиков А.Х. Кинетика релаксации фотопроводимости в кремнии р-типа, компенсированном атомами фосфора // Известия вузов. Физика. 2009 г., № 5. С. 9-12.
7. «Способ измерения плотности потока нейтронов кремниевым детектором п-типа» // Государственное патентное ведомство РУз. № IAP 05339. 11.01.2017 г. Каримов М., Махкамов Ш., Турсунов Н.А., Махмудов Ш.А., Саттиев А.Р., Рафиков А.К., Сулаймонов А.А.
8. «Способ изготовления термочувствительных кремниевых элементов» // Государственное патентное ведомство РУз. № IAP 05614, 30.05.2018 г., М.Каримов, Ш.Махкамов, М.Ю.Ташметов, Н.А.Турсунов, Ш.А.Махмудов, А.Р.Саттиев, А.К.Рафиков.
9. М.Ю. Ташметов, Ш.А. Махмудов, А.А. Сулаймонов, А.К. Рафиков, Б.Ж. Абдурайимов. Фотодатчики на основе нейтронного легированного кремния. Гелиотехника, 2018. Вып. 6. С. 61-64.

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИНЕЙНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Воронова Н.А.¹, Купчишин А.И.^{1,2}, Ниязов М.Н.¹, Кирдяшкин В.И.¹, Герасименко Н.Н.³

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, Москва, Россия

Наличие у полимерных материалов определенных свойств, которыми не обладает значительная часть традиционных материалов, объясняет их широкое применение в различных отраслях жизнедеятельности. Одной из важнейших задач является сохранение высокой механической прочности при внешних воздействиях [1]. Эксплуатация полимеров в промышленности способствует постепенному улучшению их свойств разными методами, так как конкуренция по производству качественной продукции достаточно высокая. Немаловажное значение уделяется исследованиям по улучшению механических свойств. Применение полимеров в жестких промышленных условиях, когда одновременно изменяется как механическая нагрузка, так и температура, предопределяет наличие у них необходимого комплекса термомеханических характеристик. Среди всех материалов политетрафторэтилен (фторопласт, ПТФЭ) обладает хорошими свойствами. Он имеет высокую точку плавления, а плотно упакованные линейные цепи придают ему жесткость при повышенных температурах. В данной работе проведены экспериментальные исследования по влиянию температуры, статического напряжения и электронного облучения на деформацию необлученного и облученного фторопласта.

Для проведения экспериментов нами была разработана и изготовлена соответствующая экспериментальная установка, которая состоит из следующих блоков: стойка, основание, экспериментальная камера, держатели, зажимы, исследуемый образец, термоэлектронный нагреватель (ТЭН), датчик температуры, грузов, датчик измерения длины.

В качестве исследуемого материала был выбран пленочный политетрафторэтилен толщиной 100 мкм. Листы пленки разрезались на полоски размером 5×70 мм². Пленочные образцы были облучены дозой 5 кГр в условиях окружающей среды. Часть не подвергалась облучению, и использовались как контрольные образцы. Облучение электронами проводилось на линейном ускорителе ЭЛУ-6 с энергией 2 МэВ. Мощность дозы составила $60 \pm 0,06$ Гр/с и была измерена дозиметрической системой Фрика в соответствии со стандартом ASTM-E1026 (ASTM, 2013). Образцы пленок для облучения устанавливались на расстоянии 300 мм от выходного окна ускорителя. Величина тока пучка составляла 0,16 мкА/см². Распределение дозы внутри ускорительного зала определяли с помощью дозиметрической системы ДРГ – 01т1. Температура материала при исследованиях составляла 23 °С. Испытания на растяжение проводились в соответствии с ASTM-D882 Стандарт (Стандарт ASTM, 2002) на универсальной разрывной машине модель РУ-50, со скоростью хода 100 мм/мин.

Проведены экспериментальные исследования зависимости деформации ϵ от температуры t при различных напряжениях $\sigma_1 = 9$ МПа, $\sigma_2 = 11$ МПа, $\sigma_3 = 13$ МПа в политетрафторэтилене. Обнаружено, что в интервале температур 23 – 30 °С ϵ изменяется незначительно. Далее при $t = 30 - 55$ °С происходит существенное удлинение исследуемых образцов. При $t > 55$ °С рост удлинения замедляется. Наибольшая деформация составляет ~ 450% при $t = 85$ °С и $\sigma = 13$ МПа.

Ввиду своей радиационной нестойкости и происходящей деструкции, облученный материал рвется при деформации в 9 раз меньше чем у необлученных образцов при термомеханических испытаниях.

Облучение образцов политетрафторэтилена приводит к потере пластичности, существенному уменьшению деформации (по сравнению с необлученным материалом) ~ на 170 %, что связано с деструкцией всех цепей полимера.

Приведены расчетные зависимости ϵ от σ по каскадно-вероятностной модели по формуле: $\epsilon = \exp(\sigma/\sigma_0) - 1$. Для данного эксперимента $\sigma_0 = 28$ МПа. Получено удовлетворительное согласие экспериментальных данных с расчетом. Аналогичная зависимость приведена для облученного материала.

Литература:

1. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V. Processing line for industrial radiation-thermal synthesis of doped lithium ferrite powders// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012002. – 2016. – P. 1 – 4.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ГРАФЕНА

Тулегенова М.А., Ильин А.М., Гусейнов Н.Р., Куанышбеков Т.К.

ННЛОТ, Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Коррозия металлов, являясь одним из немаловажных проблем современности, привлекает особое внимание различных групп ученых со всего мира. Металлы являются основными компонентами в транспортных системах, аэрокосмической технике, медицине, сельском хозяйстве. По оценкам экспертов суммарный ущерб промышленно развитых стран от коррозии металлов достигает 4-5% национального дохода. В частности, прогнозирование и предупреждение проблем связанных с коррозией является одной из важнейших задач ядерной энергетики и других ее видов. Чтобы решить эту проблему, лауреат Нобелевской премии К.С. Новоселов предложил использовать графен в качестве очень эффективного антикоррозионного покрытия благодаря своей химической инертности и непроницаемости [1]. При синтезе графена на поверхности защищаемого металла или при наложении на нее готовых выращенных графеновых частиц эти материалы обычно содержат структурные дефекты, например, вакансии или их комплексы, разрывы в структуре и промежутки между листами графеновых наночастиц [2]. Несмотря на интенсивные исследования, эта проблема, связанная с вопросом об эффективности защитных покрытий, содержащих дефекты, изучена недостаточно. Детальное исследование наносистем связанных с созданием защитных покрытий является трудной задачей даже для хорошо оснащенных лабораторий. Важным методом изучения и прогнозирования свойств таких наноконструкций является компьютерное моделирование и квантово-механические численные расчеты. Компьютерные модели наноматериалов позволяют исследователю лучше понять их особенности и открыть новые возможности для функционализации и модификации их физических, механических химических свойств.

В этой работе мы провели теоретические исследования защитных свойств графенового покрытия, содержащего структурные дефекты (вакансии и комплексы вакансий) и несплошности (разрывы между графеновыми листами), от проникновения кислорода. Для более детального изучения и прогнозирования свойств изучаемых наноконструкций были созданы компьютерные модели и выполнены квантово-механические численные расчеты с использованием хорошо апробированного метода DFT - Dmol3, широко используемый исследователями в физике наноматериалов и материаловедении. Результаты расчетов указывают на высокую эффективность защитного действия графенового покрытия, содержащего структурные дефекты и несплошности, от проникновения кислорода.



а) ось молекулы O_2 перпендикулярна плоскости графена; б) ось молекулы O_2 параллельна плоскости графена.

Рисунок 1 – Компьютерные модели двух основных видов ориентации молекулы при прохождении молекулы O_2 сквозь графен, содержащий вакансию

Литература:

- 1 Новоселов К.С., Fal V.I., Colombo L., Gellert P.R., Schwab M.G., Kim K. A roadmap for graphene // Nature. – 2012. – Vol. 490. – P. 192–200.
- 2 Banhart F., Kotakoski J., Krasheninnikov A.V. Structural Defects in Graphene // ACS Nano. – 2010. – Vol. 5. – P. 26–41.

МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В УГЛЯХ
КАЗАХСТАНА

Верещак М.Ф.¹, Манакова И.А.¹, Шоканов А.К.²

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

Угольная промышленность Казахстана – одна из наиболее крупных отраслей экономики и по объему добычи угля в СНГ уступает лишь России. В настоящей работе проведено исследование минеральных компонентов угля Экибастузского, Шубаркольского и Каражыринского бассейнов.

Экибастузский уголь является основным видом топлива для ТЭЦ Казахстана, т.к., несмотря на высокую зольность, имеет низкую стоимость. Зольность - более 40 %, содержание летучих компонентов - 25 % и теплотворная способность - 3520 – 3800 ккал/кг.

Уголь Шубаркольского месторождения относится к каменным углям марки Д (длиннопламенный), образует очень мало золы (5 – 13 %), имеет низкое содержание серы (до 0.5 %) и высокую теплотворную способность (5200 – 5700 ккал/кг), содержание летучих компонентов 43 - 44 %. Уникальное сочетание в этом угле высокой теплотворной способности и низкой зольности особенно ценно при его использовании для коммунально-бытовых нужд. Кроме того, он широко используется в качестве сырья для получения специальных видов кокса.

Каражыринский уголь, так же, как и Шубаркольский, относится к каменным углям марки Д, но по зольности и горению отличается: зольность 12 – 25 %; содержание летучих веществ 47 %; теплота сгорания 4550 – 7016 ккал/кг. Основными потребителями этого угля являются цементные, металлургические предприятия и коммунально-бытовой сектор.

Мессбауэровские спектры образцов углей регистрировали в геометрии на пропускание на спектрометре MS-1104Em при комнатной температуре, источником γ -квантов служил ^{57}Co в матрице хрома. Обработку мессбауэровских спектров выполняли с помощью программы SpectrRelax.

На рисунке 1 представлены мессбауэровские спектры углей различных месторождений. Спектр Экибастузского угля состоит из двух дублетов. По параметрам сверхтонких взаимодействий первый из них (преобладающий) принадлежит двухвалентному железу Fe^{2+} в кристаллической структуре карбоната железа – сидерита FeCO_3 . Оставшаяся часть экспериментальной кривой (13 ± 1 %) хорошо интерпретируется мессбауэровскими параметрами трехвалентного железа Fe^{3+} в кристаллической структуре сульфида железа – пирита FeS_2 . Спектр Шубаркольского угля аналогичен спектру Экибастузского угля, однако содержание пирита в нем значительно меньше. Спектр Каражыринского угля представлен исключительно пиритом. Таким образом, установлено, что пирит и сидерит являются прекурсорами магнитных микросфер, образующихся в летучих золах при сжигании угля.

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект AP05130144).

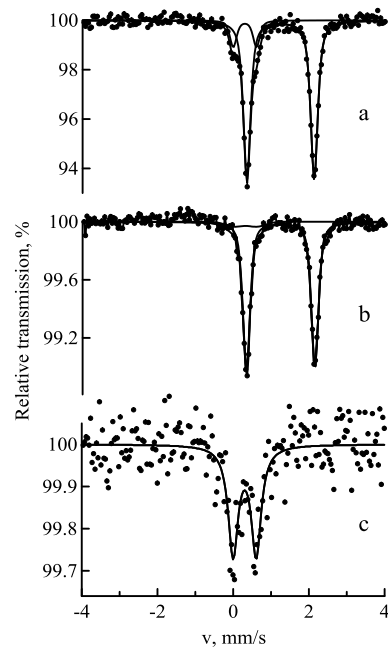


Рисунок 1 - Мессбауэровские спектры на ядрах ^{57}Fe углей различных месторождений : а - Экибастуз; б - Шубарколь; с – Каражыра

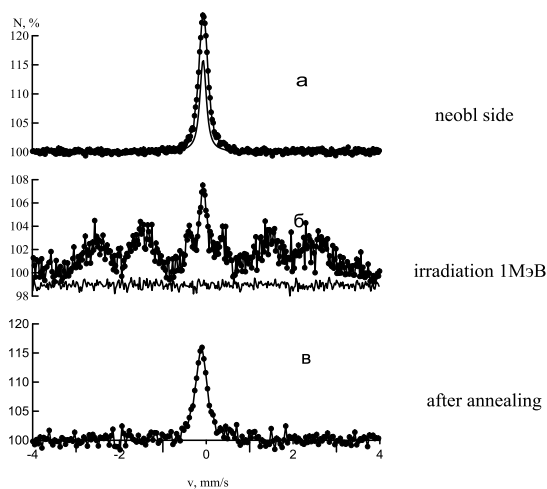
МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 304 СТАЛИ, ОБЛУЧЕННОЙ ИОНАМИ ^{57}Fe Бедельбекова К.А.^{1,2}, Озерной А.Н.¹, Верецк М.Ф.¹, Манакова И.А.¹, Дегтярева А.С.²¹ Институт ядерной физики Министерства Энергетики РК, г. Алматы, Казахстан² Каз.НИТУ им. К.А. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Изучение свойств конструкционных материалов для эксплуатируемых и перспективных ядерных установок по-прежнему остаётся важной научно-технической задачей. Эксперименты, в которых радиационное воздействие на материал производится на ускорителях тяжелых металлических ионов в контролируемых условиях - наиболее продуктивный путь получения модельных результатов. Для моделирования радиационных эффектов, вызываемых высокими нейтронными потоками, широко применяется облучение материалов заряженными частицами, имеющими значительно большие сечения взаимодействия, чем нейтроны. Это позволяет в ходе непродолжительного цикла облучения (несколько десятков часов) создать такую концентрацию дефектов, которую накапливали бы облучением материала в активной зоне атомного реактора в течение нескольких лет. Следовательно, имитация на ускорителях явлений, протекающих в материалах активной зоны атомных реакторов, способствует существенному сокращению сроков ресурсных испытаний и ускорению процессов разработки радиационно-стойких материалов.

Использование при облучении ионов ^{57}Fe позволяет в полной мере применить уникальные методические возможности методов мессбауэровской спектроскопии. Комбинируя два метода мессбауэровской спектроскопии - регистрацию γ -квантов в геометрии на прохождение и регистрацию электронов конверсии в геометрии обратного рассеяния, можно получить качественную и количественную информацию о происходящих фазовых и структурных превращениях в приповерхностных слоях и объеме образца.

В данной работе методами конверсионной мессбауэровской спектроскопии по электронному каналу (КЭМС) и в режиме на поглощение (МС), электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа исследован образец 304 стали прокатанной до толщины 25 мкм. Сразу после прокатки проведен термический отжиг при температуре 800°C в течение 2 ч, для снятия эффектов пластической деформации. Для облучения образца ионами ^{57}Fe на УКП-2-1 в РГП ИЯФ РК использовалась заготовка 304 стали размером (0,5x1)см². Время облучения длилось ~ 10 часов. Ток на мишени составил в среднем 180 нА, доза облучения - $5,14 \times 10^{16}$ частиц/см². Рентгеноструктурный анализ, выполняли на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы BRUKER. Элементный состав приповерхностного слоя определяли с помощью электронного микроскопа JEOL JSM-6610. Измерения мессбауэровских спектров по методике КЭМС проводили с использованием резонансного газонаполненного детектора и мессбауэровского спектрометра MS-110Em. Источником γ -квантов служил ^{57}Co в матрице хрома. Анализ и обработку мессбауэровских спектров проводили методом модельной расшифровки пакетом программы SpectrRelax.

Рентгеновская дифракция и мессбауэровская спектроскопия показали, что имплантация ^{57}Fe в 304 сталь приводит к образованию в поверхностном слое на фоне аустенитной фазы, дополнительной мартенситной фазы. Отжиг облученного образца приводил к восстановлению исходной аустенитной фазы.



а-необлученная; б-после облучения; в- после отжига.

Рисунок 1 – КЭМС спектры 304 стали

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УГЛЕРОДА С ВНЕДРЕННЫМИ АТОМАМИ ВОДОРОДА В КЛАСТЕРАХ $\text{Si}_{28}\text{C}_x\text{H}_{36}$ И $\text{Si}_{33}\text{C}_x\text{H}_{36}$ ($x=1\div 4$)

Таиметов М.Ю., Махкамов Ш.М., Умарова Ф.Т., Сулайманов Н.Т., Нормуродов А.Б.

ИЯФ АН Республики Узбекистан, 100214, Ташкент, Узбекистан, normurodov@inp.uz

Модификация полупроводниковых материалов путем создание в базовом кристалле различных низкоразмерных состояний является самостоятельным и успешно развивающимся направлением наноматериаловедения.

Одним из типов наноструктур формирующихся в полупроводниках, являются кластеры. На практике синтез таких наноструктур в материале проводят путем ионно-лучевой имплантации, высокочастотной плазмой, плазмо-химическом осаждении, воздействием электронного пучка высокой удельной мощности и др. способами. Из полупроводниковых материалов формирование и рост нанокристалла до критических размеров изучено в основном для диоксида кремния.

Обнаружено, что при воздействии внешних факторов формирование зародышей кремниевых кластеров происходит на точечных дефектах окисла кремния провоцирующих образование оборванных связей. Точечные дефекты могут быть образованы и иновалентными ионами, а также такими технологическими примесями как углерод и водород. Эти примеси могут внедряться в структуру нанокластера кремния и существенно повлиять на энергетические параметры сформированных кластеров и привести к искажению их структуру. Важность учета водорода определяется тем, что в окиси кремния содержится значительное количество ОН – группы.

В данной работе в рамках пакета ORCA компьютерным моделированием исследовали изменения структуры кремниевых кластеров $\text{Si}_{28}\text{C}_x\text{H}_{36}$ и $\text{Si}_{33}\text{C}_x\text{H}_{36}$ ($x=1\div 4$). В рамках пакета для разных начальных условий при расчетах структур и энергетических параметров многоатомных систем, предусмотрено применение соответствующих к разным приближениям к методу Хартри-Фока и к теории функционала плотности. Для оптимизации и упрощение модели структур исходных кластеров без примеси атомов кластеров, в которых центральный атом Si замещен атомом С и вокруг него внедряются один или несколько атомов Н использовали приближение локальной плотности к теории функционала плотности по алгоритму V3LYP 6-31G**.

Расчеты проводились для кластеров, содержащих от одного до четырех атомов Н. Проведенные расчеты структурных и энергетических параметров кремниевых нанокластеров показывают, что при внедрении одного атома Н вблизи замещающего атома С образуется С-Н связь, четвертый атом Si отодвигается от своего узла и его оборванная связь дает в запрещенной щели мелкий уровень над потолком валентной зоны. Внедрение второго атома Н приводит к смещению углерода от T_d (центральный тетраэдрический узел элементарной ячейки в алмазоподобной кристаллической решетке) положения с образованием С-Н связи и к смещению четвертого соседнего атома кремния углерода от своего T_d положения с образованием Si-Н связи. При этом оборванная связь этого атома нейтрализуется внедренным атомом Н и ширина запрещенной щели сохраняется. Внедрение трех атомов водорода вблизи атома С приводит к перемещению двух первых соседей углерода на другую координационную сферу. При этом один атом кремния уводит с собой один из внедренных атомов водорода, а другой, имея одну оборванную связь – дает в запрещенной щели мелкий уровень над потолком валентной зоны. Атом углерода тоже смещается от своего T_d положения с образованием С-Н связи. Внедрение четвертого атома Н приводит к еще большему смещению от своего T_d положения с образованием двух С-Н связей. При этом одновременно смещаются от своих узлов два первых соседних атома кремния на поверхностные координационные сферы, они уводят с собой два внедренных атома Н, образуя Si-Н дефекты.

Анализ результатов взаимодействия атомов углерода и водорода в кластерах кремния указывает, углерод в этих случаях не может связать более двух атомов водорода, что обусловлено как изменением структуры кластера вокруг центрального атома С, так и энергетических характеристик вследствие образования нового дефекта С-Н. Внедрение до четырех атомов водорода не приводит полному разрушению кластеров, но структура и электронная плотность вокруг примесного центра Si-C, с внедрением первого же атома водорода, сильно меняется. В процессе взаимодействия с матричными атомами, атомы водорода образуют еще два Si-Н дефекта, которые симметрично отодвигаются на соседние координационные сферы, в противоположных направлениях относительно сдвига атома углерода. По достижению энергетического равновесия кластера в центральном T_d образуется вакансия.

Таким образом, изучение структурных и энергетических параметров нанокластеров кремния показывает, что внедрение водорода в гидrogenизированные кластеры кремния, содержащих в центре замещающий матричный атом кремния, атом углерода приводит к образованию новых дефектных состояний в решетке кластера.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ РАДИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ,
ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ**

Купчишин А.И.^{1,2}, Шафиз С.А.², Шмыгалева Т.А.²

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

В данной работе рассматривается процесс радиационного дефектообразования в твердых телах, облученных ионами в рамках каскадно-вероятностного метода (КВМ) [1], который является аналитическим. Все математические модели, описывающие эти процессы, получены как из физических соображений, так и из уравнений Колмогорова-Чэпмена [2].

Прохождение ионов через вещество является сложной задачей как при создании физической, так и математической моделей. Нами разработаны алгоритмы для расчета сечений взаимодействия, глубин проникновения, каскадно-вероятностных функций (КВФ) в зависимости от числа взаимодействий и глубины проникновения частиц, энергетических спектров первично-выбитых атомов (ПВА), а также для расчета концентрации радиационных дефектов в твердых телах, облученных ионами. Для рассчитанных сечений взаимодействия выполнен подбор аппроксимационных выражений, найдены коэффициенты аппроксимации. Рассматриваются закономерности, возникающие при расчете КВФ, спектров первично-выбитых атомов и концентрации радиационных дефектов. При этом учитывается влияние глубины проникновения, атомного номера налетающей частицы и мишени, первоначальной энергии первичной частицы. При расчете КВФ с учетом потерь энергии для ионов, спектров ПВА и концентрации радиационных дефектов необходимо находить реальную область нахождения результата, которая ведет себя по-разному в зависимости от различных факторов. Например, область результата КВФ, рассчитанная в зависимости от числа взаимодействий сужается и смещается влево, от глубины проникновения сужается и смещается вправо. Особенно необходимо отметить случай, когда плотность налетающей частицы велика, а мишени мала, тогда подбор границ области результата очень усложняется. Так на конце пробега частицы область сильно сужается, иногда до сотых долей процентов, и кривая может перейти в прямую. Для автоматизации и оптимизации нахождения области результата КВФ в зависимости от числа взаимодействий, глубины проникновения были реализованы алгоритмы Тернарного [3] и Бинарного [4] поиска. Алгоритм Тернарного поиска был модифицирован с учётом специфики КВФ: она существует в ограниченной области. В имеющихся алгоритмах используется коэффициент деления, равный 3 (тернарный поиск). В разработанном программном комплексе коэффициент деления может варьироваться. Двоичный (бинарный) поиск (также известен как метод деления пополам и дихотомия) – используется в информатике, вычислительной математике и математическом программировании. Троичный поиск – это метод для поиска максимумов и минимумов функции, которая либо сначала строго возрастает, затем строго убывает, либо наоборот. Троичный поиск определяет, что минимум или максимум не может лежать либо в первой, либо в последней трети области, и затем повторяет поиск на оставшихся двух третях. Произведены расчеты зависимости концентрации вакансионных кластеров от глубины для ряда налетающих ионов и мишени.

Литература:

1. Э.Г. Боос, А.А. Купчишин, А.И. Купчишин, Е.В. Шмыгалева, Т.А. Шмыгалева. Каскадно-вероятностный метод, решение радиационно-физических задач, уравнений Больцмана. Связь с цепями Маркова/ Монография. – Алматы.: КазНПУ им. Абая, НИИ НХТ и М КазНУ им. аль-Фараби, 2015. – 388 с.
2. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.: Наука, 1974. – 119 с.
3. Волков Е. А. Численные методы. – М.: Физматлит, 2003. – 576 с.
4. Левитин А. В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. – М.: Вильямс, 2006. – С.180–183.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСЫЩЕНИЯ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗОТОПАМИ ВОДОРОДА

Кульсартов Т.В.^{1,2}, Заурбекова Ж.А.^{1,2}, Чихрай Е.В.^{1,2}, Аскербеков С.К.²

¹АО «Казахстанско-Британский технический университет», Толе би, 59, Алматы, Казахстан

²НИИ ЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

Процессы взаимодействия изотопов водорода с материалами представляют широкий интерес в таких областях промышленности как: ядерная и термоядерная энергетика, водородная энергетика, нефтехимическая промышленность, водородные источники питания для автомобилей, беспилотников. В свою очередь, моделирование процессов взаимодействия материалов с изотопами водорода важно с точки зрения оценки безопасности и прогнозирования эксплуатационных характеристик оборудования.

В настоящей работе приведена модель, позволяющая описать процесс поглощения изотопов водорода тонким образцом с известными геометрическими размерами, который насыщается из газовой фазы изотопами водорода при заданных температуре и начальном давлении изотопов водорода, в камере известного объема. С помощью разработанной модели, описывающей поглощение газа тонкими исследуемыми образцами, удалось отлично описать экспериментальные результаты по поглощению трехкомпонентной смеси изотопов водорода и определить параметры взаимодействия изотопов водорода с ванадиевым сплавом V_4Cr_4Ti . В частности были определены константа растворимости и коэффициент диффузии, а также параметры их аррениусовских зависимостей.

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования по научным, научно-техническим программам на 2018-2020 годы (номер программы - BR05236800) Министерства образования и науки Республики Казахстан.

МОДИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ИНТЕНСИВНЫМ ПУЧКОМ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

Брызгин А.А.^{1,3}, Коробейников М.В.^{1,3}, Михайленко М.А.^{1,2}

¹Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: M.V. Korobeynikov@inp.nsk.su

²Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Мощные высокочастотные импульсные ускорители электронов серии ИЛУ разрабатываются и выпускаются в Институте ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук с 70-х годов XX века. Эти ускорители генерируют интенсивные пучки релятивистских электронов, которые применяются для модификации различных веществ и материалов. В ИЯФе ведётся разработка новых радиационных процессов и проводятся исследования влияния электронно-лучевой обработки на различные вещества и материалы. Вещества и материалы до и после обработки анализируются различными методами, включая структурные исследования при помощи синхротронного излучения (СИ) в ИЯФе.

Проводятся исследования радиационно-термических процессов с температурами до 1400°. Установлено, что радиационно-термический синтез ферритов может быть проведён за один процесс длительностью 20-40 минут с полным превращением исходной смеси оксидов в феррит. Типичное время термического синтеза ферритов – 18 часов, при этом для завершения синтеза иногда применяют несколько циклов нагрева с последующим перемолом и повторным нагревом. Установлено, что радиационно-термический синтез некоторых ферритов идёт через промежуточные фазы, отличающиеся от промежуточных фаз при термическом синтезе.

Радиационно-термический синтез применяется для изготовления мембран топливных элементов и кислородопроводящих мембран.

Установлено, что обработка электронным пучком содержащих арсеницит сульфидно-мышьяковистых оловянных концентратов позволяет интенсифицировать процесс их последующей магнитной сепарации. После этой обработки в магнитную фракцию извлекается более 70% железа и около 90% мышьяка.

Электронно-лучевая обработка рудных концентратов приводит к разупрочнению и повышению извлекаемости полезных фракций.

Было исследовано влияния облучения на образцы из приготовленной методом электроспиннинга нейлоновой плёнки с различными пропитками. Эти образцы использовались для изготовления имплантатов кровеносных сосудов, которые замещались тканями организма.

НАНОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО ТАНТАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Тулеушев Ю.Ж., Володин В.Н., Жаканбаев Е.А.

Институт ядерной физики 050032 Алматы, Республика Казахстан
e-mail: tuleushev@mail.ru

Соосаждением наноразмерных частиц тантала и кадмия, распыленных в плазме низкого давления на перемещающиеся подложки, впервые получены твердые растворы – сплавы металлов, несмешивающихся при традиционных методах получения. Тем самым подтверждена теория термофлуктуационного плавления и коалесценции малых частиц, результатом которых стали сплавы на основе тантала и кадмия. Показано, что при концентрации более 44.0% Cd в сплавах происходит смена тетрагональной решетки β -Ta на объемно-центрированную кубическую решетку β -Ta. Начиная с 74.4 ат. % Cd тип решетки β -Ta меняется на гексагональную решетку кадмия, а тантал в покрытиях представлен аморфной фазой. Определены зависимости параметров каждого типа решетки от содержания кадмия в системе в концентрационных пределах существования фаз, на основании которых можно констатировать образование твердых растворов внедрения на основе β -Ta и Cd и замещения на основе β -Ta.

При вакуумной термообработке покрытий системы тантал-кадмий с концентрацией до 66.2 ат. % Cd последний при 700°C полностью переводится в паровую фазу с образованием пористого тантала. При аналогичной обработке пленок, образованных смесью твердого раствора тантала в кадмии и аморфного Ta, получены танталовые покрытия с чрезвычайно развитой поверхностью. При измерении удельной площади поверхности пористого танталового покрытия найдено ее увеличение, по меньшей мере, на 277.5 м²/г Ta, по сравнению с покрытием из чистого тантала. Проведено исследование способности полученных ячеистых структур к накоплению энергии. Получено значение 83,4×10³ мкКл/г, характеризующее способность к накоплению заряда пористым танталом. Предполагается, что при более детальном исследовании процесса образования ячеистых структур из тантала и их последующей формовке будут получены более высокие значения.

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА Ti_{0.70}Mo_{0.30}C

Рахманов С. Дж., Хидиров И., Махмудов Ш. А., Джуманов С., Гетманский В.В.

Институт ядерной физики АН РУ, Ташкент, Узбекистан, rahmon250888@mail.ru

В связи с дефицитом вольфрама остро стоит вопрос о нахождении вольфрамозамещающих сплавов, не уступающих вольфрамосодержащим сплавам по своим механическим и коррозионностойким свойствам. Одним из таких сплавов может быть двойной карбид по металлу Ti_{1-x}Mo_xC_y [1]. В этих работах показано что, система (Ti, Mo)C до концентрации 15 мас. % Mo (Ti_{0.90}Mo_{0.10}C) однофазна, а кристаллическая структура изоморфна с кубической структурой карбида титана TiC типа NaCl. Карбиды титана TiC и молибдена MoC изоструктурны, имеют близкие значения параметров решетки (4.3278 Å для TiC и 4.3210 Å для MoC), а также Ti и Mo имеют близки атомные радиусы. Это позволяет предположить, что можно получить однофазный твердый раствор системы (Ti, Mo)C большего состава по Mo, чем в Ti_{0.90}Mo_{0.10}C, что представляет практический интерес. Цель

2. MATERIALS SCIENCE AND RADIATION SOLID STATE PHYSICS

настоящей работы - получить двойной карбид состава $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ и изучение его кристаллической структуры методом нейтронной дифракции.

Образец $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ получили методом спекания перемешанных порошков кубических карбидов TiC и MoC в соответствующих пропорциях. Средний размер частиц порошков $r = 40$ мк. Порошки тщательно перемешивали на агатовой ступке и пригнали цилиндрический брикет под давлением 3×10^6 Н/м². Приготовленный брикет отжигали в высокотемпературной вакуумной печи типа СШВ – 1.2.5/25 И1 при температуре 2500 К в графитовом стаканчике в течение 6 ч, затем охлаждали вместе с печью.

Химический состав синтезированных образцов определили методом химического анализа, а также минимизацией факторов расходимости экспериментальных и расчетных интенсивностей дифракционных отражений на нейтронограмме образца. Точность химического анализа составляет 0.3%. Нейтронограмму образца снимали при комнатной температуре на нейтронном дифрактометре DN-500, установленном на тепловой колонне ядерного реактора ВВР-СМ ИЯФ АН РУ ($\lambda = 0.1085$ нм).

Согласно рентгенофазовому анализу полученный образец однофазный и однородный со структурой типа $NaCl$ (пространственная группа - пр. гр. $Fm\bar{3}m$). Нейтронограмма образца индицируется в рамках пр. гр. $Fm\bar{3}m$, что подтверждает данные рентгенофазового анализа. Дифракционная картина хорошо объясняется в рамках пр. гр. $Fm\bar{3}m$. В данной модели 2.8 атома Ti и 1.2 атома Mo взаимозамещены и статистически расположены в позициях $4b$, а 4 атома углерода статистически расположены в октаэдрических междуузлиях (позициях) $4a$. В рамках этой модели получен фактор недоуверности определения структуры по Брэгговским максимумам $R_{Br} = 5.9\%$, что считается удовлетворительным.

Структурные характеристики сплава $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Структурные характеристики сплава $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ в рамках пр. гр. $Fm\bar{3}m$

Атом	Позиция	Координаты x, y, z	Количества атомов в позициях, n	Δn
Ti	4 b	1/2, 1/2, 1/2; 1/2, 0, 0; 0, 1/2, 0; 0, 0, 1/2.	3.20	0.04
Mo	4 b		1.80	
C	4 a		4.00	
		$a = 4.338 \pm 0.002 \text{ \AA}$ $b = 0.32 \pm 0.03 \text{ \AA}^2$, $u^2 = 0.012 \pm 0.001 \text{ \AA}$ $R_p = 2.60$, $R_{wp} = 3.29$, $R_{Br} = 5.9 \%$.		

Примечание. R_p -, R_{wp} -, R_{Br} – факторы недоуверности определения кристаллической структуры по полному профилю, по весам каждой точки, по интенсивностям Брэгговских максимумов, соответственно. b – тепловой фактор, u^2 – среднеквадратичное смещение атомного комплекса.

Таким образом, показана возможность получения сплава $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ методом высокотемпературного спекания. Кристаллическая структура данного сплава описывается в рамках пр. гр. $Fm\bar{3}m$, в которой атомы титана и молибдена взаимозамещены и статистически занимают позиции $4b$, а атомы углерода статистически занимают октаэдрические позиции $4a$. Это обстоятельство позволит получить новый сплав на основе карбида титана с новыми свойствами.

Литература:

1. Бурков П. В.. Структурообразование, фазовый состав и свойства композиционных материалов на основе карбида титана. Томск: изд. ТПУ, 2011. 190 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ БОРИДА ТИТАНА НА СТАЛИКислицин С.Б.¹, Потеекаев А.И.², Клопотов А.А.^{2,3}, Ларионов А.С.¹, Алдабергенова Т.М.¹¹Институт Ядерной Физики, Казахстан²Национально Исследовательский Томский Государственный Университет, Россия³Томский Архитектурно-строительный Государственный Университет, Россия

E-mail: skislitsin@mail.ru

В настоящее время проблема создания материалов, повышающие радиационную безопасность за счет эффективного нейтронно-поглощающего покрытия, очень актуальна. Известен ряд подходов для решения этой проблемы. Например, создание защитных покрытий из порошковых борсодержащих композитов методом плазменного распыления порошка В₄С. Однако созданные при помощи данной технологии покрытия являются хрупкими и обладают низкой прочностью. Другой альтернативный метод создания нейтронно-поглощающего покрытия основан на применении метода магнетронного распыления порошков карбида бора и титана. Покрытия, полученные этим методом, также имеют свои преимущества и недостатки [1].

Цель данной работы - провести анализ данных рентгеноструктурных исследований покрытий на аустенитной нержавеющей стали 12Х18Н9Т, синтезированных методом магнетронного распыления порошков карбида бора и титана, и сопоставить с особенностями строения тройных диаграмм Ti с В и элементами, входящими в состав стали.

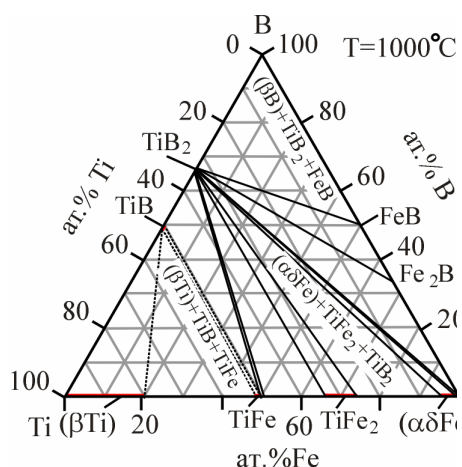


Рисунок 1 - Изотермическое сечение при 1000°C тройной системы В-Fe-Ti [4]

В результате проведенных исследований установлено, что структура покрытия представляет собой смесь фаз Ti₂B₅ и TiB₁₂ с суммарным содержанием бора ~ 80 ат.% [2]. Эти данные коррелируют со строением бинарной диаграммы состояния системы В-Ti и данными структурных исследований в тройной системе В-Fe-Ti [3], в которой установлено наличие боридных фаз Ti₂B₅, TiB₁₂, TiB_{~25}, TiB_{~55} и TiB_{~100}. Анализ тройных диаграмм состояний В-С-Ti, В-Fe-Ti, В-Fe-Ni и В-Cr-Ti позволил установить, что не происходит образования трехкомпонентных тройных соединений Ti с бором и элементами, входящими в состав стали 12Х18Н9Т. Как, например, это показано на изотермическом сечении тройной системы В-Fe-Ti (рис. 1). Для увеличения адгезионных свойств между подложкой и покрытием необходимо создать промежуточные слои, в состав которых входили бы трехкомпонентные фазы В и Ti и с элементами, входящими в состав подложки.

Литература:

1. A.S. Larionov, L.V. Chekushina, E.E. Suslov. Materials Science Forum. – 2019. – 945. – P. 660-664.
2. A.S. Larionov, E.A. Zhakanbaeyev, A.L. Kozlovski, A.S. Dikov, S.B. Kislitsin, L.V. Chekushina. Eurasian Journal of Physics and Functional Materials.- 2018. - 2(3). - P. 251-258.
3. Raskolenko L.G., Maksimov Yu.M., Lepakova O.K. J. Mater. Synth. Proc. 1995. V. 3(3). P. 153-163.
4. Fedorov T.F., Kuzma Yu.B. Izv. Akad. Nauk SSSR, Neorg. Mater. 1967, V.3, P.1498-1499.

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА Ni-Ti,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ АРГОНА МЭВ ЭНЕРГИИ**

Полтавцева В.П., Ларионов А.С., Сатпаев Д.А.

Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

Ранее [1-4] установлено, что под воздействием тяжелых ионов инертных газов МэВ – энергии и с максимальными значениями заряда ионов и интенсивности тока пучка в сплаве Ni-Ti с эффектом памяти формы формируется трехслойная модифицируемая структура с различной степенью упрочнения – поверхностный слой, приповерхностный слой (область проективного пробега R_p) и запробезная область. В работе представлены особенности изменений структуры и свойств модифицированного высокоэнергетическими ионами аргона сплава Ni-Ti в зависимости от структурно-фазового состояния и температуры облучения. При этом установлено, что:

- Под воздействием ионов $^{40}\text{Ar}^{8+}$ с энергией 70 МэВ происходит распыление поверхности и образование пузырьков наночастиц, размер и количество которых зависит от структурно-фазового состояния и температуры облучения.

- Разупрочнение на 4% и в 2 раза поверхности сплава Ni-Ti в мартенситно-аустенитном и аустенитном структурно-фазовом состоянии соответственно после облучения при $T=100^\circ\text{C}$ обусловлено распылением деформационно-упрочненного слоя, состоящего из соединения $\text{Ni}_3\text{Ti}_3\text{O}$, и пленки Ni_4Ti_3 . Упрочнение поверхностного слоя толщиной 100-350 нм сплава Ni-Ti в аустенитном структурно-фазовом состоянии связано с накоплением радиационно-введенных упрочняемых наноструктурных дефектов. Независимо от структурно-фазового состояния основной причиной разупрочнения после облучения при $T=250^\circ\text{C}$ является уменьшение пузырьков наночастиц и радиационно-введенных наноструктурных дефектов.

- Степень упрочнения приповерхностного слоя и в запробезной области определяется структурно-фазовым состоянием и температурой облучения. Прочность сплава Ni-Ti после облучения при $T=100^\circ\text{C}$ обусловлена преимущественно накоплением радиационно-введенных наноструктурных дефектов, тогда как разупрочнение в случае облучения при $T=250^\circ\text{C}$ связана с их отсутствием.

- Эффект памяти формы проявляется в виде мартенситных гистерезисов в случае сплава Ni-Ti в мартенситно-аустенитном структурно-фазовом состоянии после облучения при $T=100^\circ\text{C}$. Обнаружен эффект формоизменения для сплава Ni-Ti в аустенитном структурно-фазовом состоянии независимо температуры облучения, а также для сплава Ni-Ti в мартенситно-аустенитном структурно-фазовом состоянии после облучения при $T=250^\circ\text{C}$.

Выявленные особенности необходимо учитывать при модификации никелида титана посредством ионной имплантации и практическом использовании модифицированных сплавов на основе никелида титана.

Литература:

1. Poltavtseva V.P., Kislitsin S.B., Satpaev D.A. et al. Feature of radiation damage of Ni-Ti alloy under exposure to heavy ions of gaseous elements. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – V.81. – P.01234.
2. Poltavtseva V., Larionov A., Satpaev D., Gyngazova M. Radiation hardening of Ni-Ti alloy under implantation of inert gases heavy ions. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V.110. – P.012011.
3. Полтавцева В.П., Ларионов А.С., Сатпаев Д.А. Особенности влияния флюенса облучения ионами $^{84}\text{Kr}^{15+}$ на структуру и свойства сплава Ni-Ti с эффектом памяти формы. // Труды 12 Международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом» - Минск: Изд. Центр БГУ, 2017. – С. 274–276.
4. Полтавцева В.П., Гынгазов С.А., Сатпаев Д.А. Влияние температуры имплантации высокоэнергетических ионов криптона на структуру и свойства сплава Ni-Ti. // Известия ВУЗов. Физика. – 2018. – № 11. – С.62–67.

ПРЕДЕЛЫ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТВЕРЖДЁННЫХ КОМПАУНДОВ

Брызгин А.А.^{1,3}, Коробейников М.В.^{1,3}, Михайленко М.А.^{1,2}

¹Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su

²Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН является одним из ведущих мировых разработчиков и изготовителей ускорителей заряженных частиц и оборудования для них. Отклоняющие и фокусирующие магниты для ускорительных центров являются сложными точными изделиями, работающими в условиях повышенного радиационного фона, и они должны надёжно работать на протяжении десятилетий.

ИЯФ как производитель магнитных систем ускорителей заинтересован в объективных данных о радиационной стойкости композитных материалов, компаундов и смол, поэтому были проведены исследования радиационной стойкости материалов.

Образцы с размерами 10*50*2 мм для облучались электронным пучком на ускорителе ИЛУ-6. Параметры пучка – энергия 2,45 МэВ, ток пучка импульсный – 200 мА, длительность импульсов – 0,5 мс, частота повторения импульсов – 5 Гц, ток пучка средний – 0,66 мА, ширина развёртки пучка – 50 см, скорость набора дозы – 1,5625 кГр/с, температура на верхней плоскости образцов – от 35 до 53°C.

Материалы образцов – отверждённая эпоксидная смола ARALDITE MY 740, отвержденная олигоциануратная смола (ОЦ), стеклопластик на основе ОСЦ и стеклоткани Т-10 (Стеклопласт), углепластик на основе ОСЦ и углеродной ленты ЛУП-0,1 (Углепласт). Измерения механической прочности образцов до и после облучения проводились трёхточечным методом. Результаты измерений показаны на рисунке 1.

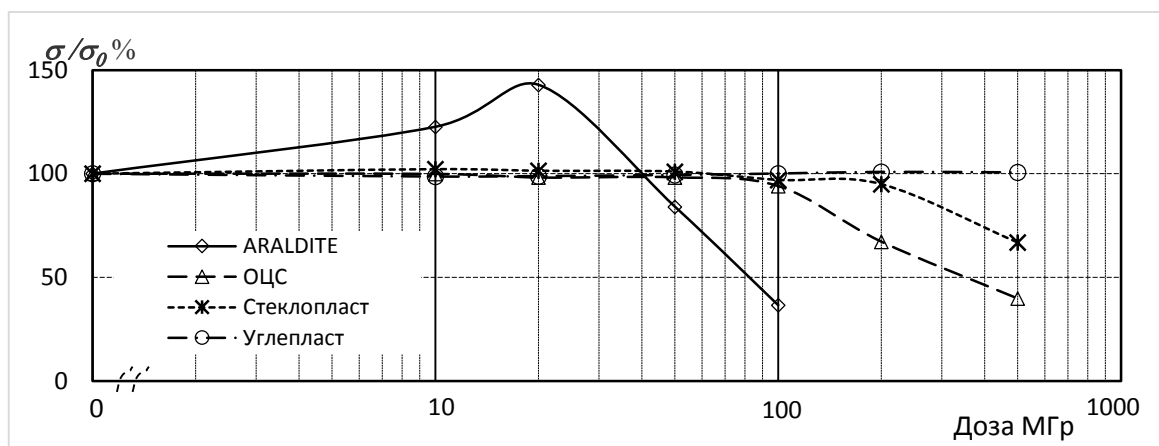


Рисунок 1 - Зависимость относительного предела прочности σ/σ_0 от дозы

РАДИАЦИОННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ИТТЕРБИЕВЫХ ЦЕНТРОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ И НАНОКЕРАМИКАХ НА ОСНОВЕ $\text{CaF}_2\text{-YbF}_3$

Ашуров М.Х.¹, Нуритдинов И.², Саудахмедов К.Х.², Бойбобоева С.Т.²

¹ ГНПП “Фонон” РУз., ул. Кичик Халка Йули 50, Ташкент, 100054, Узбекистан

² Институт Ядерной Физики АН РУз., пос. Улугбек, Ташкент, 100214, Узбекистан

Кристаллы щелочноземельных фторидов (CaF_2 , SrF_2 и BaF_2) являются важными оптическими материалами благодаря широкой области прозрачности, что определяется широкой запрещенной зоной этих кристаллов ($E_g > 10$ эВ). Также данные кристаллы являются эффективными матрицами для различных примесей, особенно редкоземельных элементов, что позволяет расширить область их практического применения, например, в качестве лазеров, сцинтилляторов, голографических материалов [1,2]. Оптическая керамика обладает рядом улучшенных физических свойств, по сравнению с монокристаллами того же состава. Высокая механическая прочность, теплопроводность, равномерное распределение активатора, делают привлекательным использование фторидной керамики вместо монокристаллов [3]. Явления, стимулированные воздействием радиации на керамические материалы, влияние специфических особенностей их строения на радиационные процессы, особенно с редкоземельными примесями, на сегодняшний день исследованы недостаточно. В данной работе путем сопоставления спектров оптического поглощения (ОП) была изучена природа различных иттербиевых центров в керамике $\text{CaF}_2\text{-YbF}_3$ и монокристаллах после облучения γ -лучами источника ^{60}Co .

Измерение оптических спектров поглощения (СП) монокристаллов и керамик, показало, что они почти идентичные, имеются максимумы в УФ области при 214, 227, 263, 274, 320, 365 нм, а также в ИК-области при 922, 940, 944, 964, 978 нм. Проведенные экспериментальные результаты показали, что интенсивность полос поглощения (ПП) в УФ и ИК областях зависит от концентрации активированных РЗЭ в кристаллы. С повышением концентрации активатора интенсивность ПП в УФ и ИК области увеличиваются. Эксперименты показывают; если коэффициент поглощения в УФ больше, то в ИК области оно меньше, наблюдаются и обратное. Это явление наблюдается в кристаллах и керамиках даже одинаковых концентрациях активатора. Кроме того, в образцах с повышенных концентрациях наблюдаются уменьшение количество тетрагональных центров. Под действием γ -облучения при комнатной температуре интенсивности всех ПП связанные с ионами Yb^{2+} в диапазоне 200-400 нм увеличиваются, ПП связанные ионами Yb^{3+} в области 860-1060 нм несколько уменьшаются в обоих типах образцах, что свидетельствует о валентном $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{2+}$ переходе на примесных ионах. В исходных образцах, где концентрация Yb^{2+} больше, после γ -облучения происходит меньше переходов $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{2+}$, а в образцах где концентрация Yb^{2+} меньше, то переходов $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{2+}$ больше. Валентные изменения ионов Yb^{3+} при облучении сильно проявляются в кристаллах. Например, в кристаллах с концентрацией 3 мол % активатора, для ПП с максимумом при $\lambda = 978$ нм интенсивность уменьшается примерно 21%, а в керамиках с концентрацией 3 мол % активатора, она уменьшается 3%, а втором образце она уменьшается примерно 4%. Анализ и сопоставление спектров оптического поглощения исходных, облученных и выдержанных различное время после облучения образцов показывает, что в материалах при облучении и выдержки после облучения, кроме $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{2+}$ переходов, происходят сложные $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{3+}$ преобразования внутри самих Yb^{3+} - состояний. Например, после γ -облучении полоса в области $\lambda = 922$ нм, обусловленные с кубическими O_h центрами, в обоих типах образцах увеличиваются, это свидетельствует о том, что при облучении за счет распада больших кластеров образуются новые кубические трёхвалентные состояние. В керамиках $\text{Yb}^{3+} \rightarrow \text{Yb}^{3+}$ переходы больше, по сравнению с монокристаллами. Например, в керамиках интенсивность ПП при $\lambda = 922$ нм увеличивается в одних образцах $\approx 5\%$, а втором образце она увеличивается $\approx 3\%$. В кристаллах интенсивности этой полосы увеличивается $\approx 1,7\%$. Выдержка облучённых образцов в темноте при температуре 300 К, показало, что спектры ОП несколько восстанавливаются, которые обусловлены подвижностью квазинестабильных междоузельных ионов. Предполагается, что эти отличия обусловлены наличием большого количества межграницных поверхностей в керамических образцах.

Литература:

1. Nepomnyashchikh, A. Defect formation and VUV luminescence in BaF_2 / A. Nepomnyashchikh, Egranov A. Istomin A. Radzhabov, E., Ivashchekin V // Rad. Eff. Def. Sol. — 2002. — Vol. 157. — Pp. 715–719.
2. DeLoach L.D., Payne S.A., Chase L.L., et. al. Evaluation of absorption and emission properties of Yb^{3+} doped crystals for laser applications // IEEE J. Quantum Electron., — 1993. — V. 29. — P. 179–1190.
3. Папов, Дукельский, Миронов, Смирнов, Смолянский, Феодоров, Осико, Басиев. Теплопроводимость оптической керамики из CaF_2 2007. Доклады академии наук. Том 412, №2, С.185-187.

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ
ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гусев Т.

КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

На поверхности твердых тел при облучении, при взаимодействии их с излучением, в зависимости от энергии, массы, заряда частиц, образуются множества видов дефектов (смещение атомов, ионизация, возбуждение и т.п.), часть которых могут выступать в качестве центров адсорбции для газовых молекул. УФ-, R и γ -излучения, имея одинаковую электромагнитную природу, в то же время имея различные энергии фотонов, будут отличаться некоторыми особенностями дефектообразования. Так высокоэнергетичные γ - кванты взаимодействует с твердым телом в основном за счет комптоновского эффекта, тогда как ультрафиолетовый свет преимущественно образует фотоэлектроны.

Как при γ -, так и при УФ - облучении на поверхности твердых тел возможно образование электронно-донорных (ЭД) и электронно-акцепторных (ЭА) центров. При этом γ - адсорбция почти всегда сопровождается образованием комплекса с переносом заряда, а фото сорбция с неполным переносом заряда. В последнем случае реализуется так называемая донорно-акцепторная связь, примером которой является координационная связь. Оба вида облучения вызывает дегидратацию и дегдроксилирование поверхности, радиолиз органических примесей в твердом теле и их диффузию к поверхности.

Следует отметить, что скорость γ -адсорбции значительно больше, чем фото сорбции, что в какой-то мере можно связать со скоростью дефектообразования. В то же время общее число адсорбционных центров в обоих случаях приблизительно одного порядка.

Эффект “памяти” обнаружен на всех γ - облученных окислах-адсорбентах, тогда как при УФ-облучении, очень часто она отсутствует.

Другой особенностью, которая наблюдается при облучении γ - квантами и другими видами высокоэнергетичных частиц, является возможное радиационное спекание и структурные превращения при больших дозах. При облучении тяжелыми частицами (α -частицы, протоны, нейтроны, ионы гелия.) радиационная адсорбция сопровождается каскадными процессами и может вызвать электронное возбуждение, ионизация и смещение атомов в твердом теле. В результате таких взаимодействий число образуемых радиационных дефектов значительно превышает число дефектов, возникающих при γ -облучении, следовательно, и число адсорбционных центров.

Совокупные данные многочисленных экспериментов показывают, что предельное количество центров радиационной адсорбции не сильно зависит от вида излучения и от энергии бомбардирующих частиц. Различие же, достигающее иногда до одного порядка, по-видимому, больше обусловлено особенностями структуры оксидов.

Анализ экспериментальных данных показывает, что процессы адсорбции газов и накопления радиационных дефектов в оксидах металлов коррелируют между собой и скорее всего могут быть описаны в рамках эквивалентных кинетических уравнений.

Уравнение для накопления радиационных дефектов имеет вид:

$$dN/dt = G P - k_1 P N - k_2 P N^2 - \sum k_n (f_n)$$

где: N- концентрация радиационных дефектов;

P- мощность излучения;

k_1 – константа скорости уничтожения дефектов (парамагнитных центров) излучение;

k_2 – константа скорости рекомбинации дефектов;

$\sum k_n (f_n)$ – члены уравнения, которые учитывают другие возможные механизмы гибели радиационных дефектов (например, за счет взаимодействия дефектов с растворенным в металлах кислородом, и с другими примесями).

**РАДИАЦИОННО–ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ
В ПРИСУТСТВИИ НАНО-Zr**

Агаев Т.Н., Гусейнов В.И., Сабзалиев С.А.

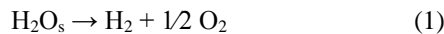
Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, ул. Б. Вагабаде, 9, Баку, Азербайджан
e-mail: agayevteymur@rambler.ru

Известно, что наноразмерные порошки циркония и диоксида Zr находят широкое применение в различных отраслях науки и техники. При использовании нано-Zr и ZrO₂ в качестве компонента конструкционных материалов, необходимо учитывать наличие фазовых переходов при высоких температурах.

Цирконий принадлежит к числу таких редких металлов, который в силу исключительных свойств широко применяется в атомной энергетике, радиоэлектронике и ряде других отраслей техники. В связи с развитием атомной энергетике, цирконий привлек к себе внимание как возможный конструкционный материал для энергетических ядерных реакторов. Ценность циркония как конструкционного материала для атомной науки и техники определяется тем, что он имеет малое сечение захвата тепловых нейтронов, высокую антикоррозионную стойкость, хорошие механические свойства.

Влияния температуры на скорости образования молекулярного водорода при гетерогенном радиолизе воды, изучены на примере нано-Zr+H₂O, при различных температурах. Изучена кинетика накопления молекулярного водорода при гетерогенном радиолизе воды при T=373÷673 К. Из начальных линейных частей кинетических кривых, определены значения скоростей и радиационно-химического выхода водорода.

Выявлено, что при T ≥ 373 К нано-циркония обладает терموкаталитической активностью в процессе разложения воды:



Радиационная составляющая радиационно–термических и термических процессов в первом приближении определена как:

$$W_p(\text{H}_2) = W_{pT}(\text{H}_2) - W_T(\text{H}_2) \quad (2)$$

где W_p(H₂)–скорость образования молекулярного водорода при радиационно составляющем процессе; W_{pT}(H₂) и W_T(H₂) – скорости образования молекулярного водорода при радиационно-термическом и термическом процессе разложения воды.

Значения скоростей и радиационно-химических выходов молекулярного водорода при радиационно-термических, термических и радиационных процессах разложения воды в системе нано - Zr + H₂O_s при различных температурах:

T, К	W _{pT} (H ₂), мол, г ⁻¹ ·с ⁻¹	W _T (H ₂), мол, г ⁻¹ ·с ⁻¹	W _p (H ₂), мол, г ⁻¹ ·с ⁻¹	G(H ₂), молекул/100 эВ
300	-	-	1,22·10 ¹³	1,3
373	4,1·10 ¹³	2,6·10 ¹³	1,5·10 ¹³	2,1
473	5,56·10 ¹³	2,77·10 ¹³	2,79·10 ¹³	3,7
573	8,88·10 ¹³	5,00·10 ¹³	3,88·10 ¹³	5,17
673	1,33·10 ¹⁴	0,70·10 ¹⁴	0,63·10 ¹⁴	8,4

Сравнение значений выходов молекулярного водорода при радиационно-гетерогенном процессе в системе нано-Zr + H₂O в интервале температур T=300÷673 К показывает, что температура стимулирует процесс гетерогенного радиолиза и при этом выход водорода растет линейно с температурой от 1,3 до 8,4 мол./100 эВ.

Исследована кинетика накопления молекулярного водорода при γ-радиолизе чистой воды и системы нано-Zr+H₂O. Установлено, что радиационно-химический выход для нано- Zr + H₂O больше (G(H₂)=1,30 молек./100эВ), чем при радиолизе чистой воды (G(H₂)=0,45мол./100эВ). Изучена кинетика накопления молекулярного водорода при радиационных, радиационно-каталитических и каталитических процессах в контакте нано-Zr с водой. Показано, что образование поверхностно-активных центров и вторичных электронов в присутствии нано- Zr, обуславливает увеличение скоростей накопления молекулярного водорода при каталитических и радиационно-каталитических процессах в системе нано-Zr+H₂O. Установлено, что начиная с T≥373 К в нано-Zr при протекании каталитических и радиационно-каталитических процессов происходит накопление поверхностно-активных центров разложения воды.

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В ГАММА ОБЛУЧЕННОМ нано-ZrO₂

Агаев Т.Н., Иманова Г.Т., Сабзалиев С.А.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, AZ 1143 Баку, ул. Б. Вахабзаде, 9
e-mail: agayevteymur@rambler.ru

Нано-ZrO₂ и металлический Zr нашли широкое применение как реакторные материалы. Во время работы в реакторных условиях в контакте с водяным теплоносителем в поверхностном слое металла образуется оксидная фаза ZrO₂. Поэтому в ходе физико-химических процессов в этих системах особое значение приобретают радиационные эффекты в оксидной фазе.

В настоящей работе методом ЭПР- спектроскопии изучены процессы образования и природа радиационных дефектов в γ - облученном нано-ZrO₂. В качестве объектов исследования использовали нано-ZrO₂ марки, 99,9%, d=20±30 нм. Образцы предварительно подвергали следующей обработке: прокаливание на воздухе при 673 К в течение 8 часов, а затем в токе кислорода - 6 часов; для удаления органических примесей проводили термовакуумную обработку при той же температуре при давлении P ~1,33·10⁻³ Па. Подготовленные образцы облучали γ - квантами ⁶⁰Co при 77 К при мощности дозы D=0,15 Гр/с. В качестве эталона применяли ионы Mn²⁺ в MgO; концентрационные измерения проводили с помощью калиброванных образцов из монооксида кремния.

Спектры ЭПР γ - облученных при 77 К образцов нано-ZrO₂ представляют собой суперпозицию двух линий. При этом обнаружено, что широкая линия с g=2,0024 и $\Delta H=50$ Гс с повышением температуры T=300 К отжигается быстрее, чем компонента с g=1,9610. При повышении температуры до комнатной T=300 К оба сигнала ЭПР исчезают. Значения g- факторов, а также поведение сигнала в зависимости от температуры и дают основание считать, что линия с g=2,0024 относится к «дыркам», а с g=1,9610- к электронам. При этом местом локализации «дырок» Zr³⁺ является первая координационная сфера вакансии катионов, тогда как электроны захватываются в вакансиях кислорода, образуя электроотрицательные F⁺ центры. Исследована кинетика накопления радиационных дефектов в нано-ZrO₂ при мощности дозы γ - излучения. Определены выходы дырочных центров на 100 эВ поглощенной нано-ZrO₂ энергии γ -излучения при мощности дозы 0,15 Гр/с, которые равны 8,4 частиц/100эВ.

Механизм накопления стабилизированных заряженных частиц можно описать, исходя из процессов захвата свободных носителей зарядов, образовавшихся под действием γ - квантов в нано-ZrO₂ и рекомбинационных процессов их гибели. При этом гибелью стабилизированных частиц в термических процессах можно пренебречь, так как вероятность преодоления энергетических барьеров центров локализации частиц при 77 К незначительна.

Полученные экспериментальные результаты показывают, что при мощности дозы D=0,15 Гр/с и выше вероятность гибели парамагнитных радиационных дефектов в рекомбинационных процессах растет.

**РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАНОМАТЕРИАЛАХ НА ПРИМЕРЕ АСБЕСТОВЫХ
НАНОТРУБОК ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРЬЕРА ЖИТИКАРА**

Герасименко Н.Н.^{1,2}, Купчишин А.И.³, Жикеев А.А.⁴, Медетов Н.А.^{4,5}, Шерметова М.А.¹, Петраков Д.С.¹

¹Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, г. Москва, Россия

²Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

³Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

⁴КГУ им. А. Байтурсынова, г. Костанай Казахстан

⁵Костанайский Государственный Педагогический университет им. У. Султангазина, г. Костанай, Казахстан

В первой части работы рассматриваются принципиальные особенности наноразмерных волокон, в том числе естественного происхождения, к которым относятся и волокна асбеста, месторождение карьера города Житикара (Казахстан).

Фундаментальное рассмотрение физико-химических особенностей таких материалов, а именно процессов структурных изменений, обусловленных накоплением дефектов при облучении заряженными частицами и связанных с этим особенностей, таких как температура плавления, механические свойства (твердость, прочность, пластичность), а также изменение этих свойств при воздействии энергичных заряженных частиц искусственного происхождения, либо излучения космического пространства, показало, что такие материалы сами по себе, а также конструктивные материалы, сформированные путем наполнения их волокнами асбеста должны обладать не только повышенной прочностью, но и существенно повышенной радиационной стойкостью. В экспериментальной части работы были исследованы особенности накопления вызванных радиационным воздействием изменений механических и других свойств, обусловленных выявленными особенностями водимых в материал асбестовых волокон.

Рассмотрены возможности использования асбест-наполненных конструкционных материалов в случаях, где требуется дополнительная повышенная радиационная стойкость. Приведены данные по исследованию возникновения и конкретных характеристик радиационной стойкости при облучении быстрыми электронами, нейтронами и заряженными тяжелыми частицами (ионами). Рассмотрены условия применения таких материалов в необходимых условиях для космических структур и приборов, материалов для применения в атомной промышленности, а также в военных целях.

РАСЧЕТ НА ЭВМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДЕФЕКТОВ В МАТЕРИАЛАХ

Купчишин А.И.^{1,2}, Ниязов М.Н.¹, Таипова Б.Г.¹

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

В твердых телах, как известно, высокоэнергетические частицы производят ряд последовательных взаимодействий с электронами и атомами конденсированного вещества, которые приводят к передаче энергии первичного и вторичного излучения этому веществу. Идет каскад вторичных частиц, обладающих достаточно высокой кинетической энергией. Заряженные частицы (электроны, ионы и т.п.) производят в конденсированных средах непосредственную ионизацию атомов и молекул, а фотонные излучения – косвенную, за счет образования вторичных электронов. Электроны и атомы вещества, поглощая энергию первичных взаимодействий, становятся родоначальниками большого числа дальнейших последовательных взаимосвязанных между собой событий. Сами дозовые эффекты проявляются на атомном и молекулярном уровне в виде различных радиационных дефектов, чаще – это пары Френкеля в виде междоузельных атомов и вакансий в кристаллической решетке [1]. Суммарная кинетическая энергия смещенного атома и первичной частицы при упругом взаимодействии остается неизменной. Первично-выбитый атом с достаточной кинетической энергией может вызывать дальнейшие смещения. В различных моделях и теориях каскадов рассматриваются закономерности образования вторичных атомов. Причем при этом различные виды ионизирующих излучений имеют различную способность образования вторичных и т.д. смещений [2]. Несмотря на большое количество работ в этом направлении, расчетов для

конкретных экспериментов и анализу характеристик числа взаимодействий и глубин наблюдения выполнено крайне мало. В данной работе произведены расчеты пространственных распределений дефектов, потерь энергии, концентрации выбитых атомов в титане, облученном ионами азота и титана.

Моделирование на ЭВМ пространственных распределений имплантированных ионов производилось по стандартной программе Strim. В качестве мишени был выбран титан, а налетающими частями являлись ионы титана и азота.

Произведено моделирование на ЭВМ распределений по глубине имплантированных ионов титана и азота с энергиями $E = 70, 150, 250, 550, 700$ и 1000 эВ, потерь энергии в титане. Получены кривые распределения, как имплантированных ионов, так и потерь энергии для титана и азота имеют четко выраженные максимумы, а их концентрация неравномерно распределена по глубине материала. Для титана в титане величина максимума распределения имплантированных ионов в 2 раза больше чем ионов азота в том же материале. Причем глубина проникновения ионов для обоих случаев имеет сильное различие (для ионов титана ~ 60 , а для ионов азота ~ 100 Å).

Как показывают расчеты, распределение потерь энергии на ионизацию и возбуждение по глубине материала – это довольно резко убывающие функции. Распределения выбитых атомов по глубине в определенной мере повторяют распределения имплантированной примеси.

Потери энергии на ионизацию увеличиваются, а концентрация имплантированных ионов с увеличением энергии уменьшается. Наблюдается закономерность изменения потерь энергии и распределения имплантированных ионов, как для ионов титана, так и для ионов азота. С увеличением энергии величина максимума в распределении имплантированных ионов уменьшается, а потерь энергии – возрастает.

Литература:

1. Antonova I.V., Dvurechenskii A.V., Karanovich A.A., Rybin A.V., Shaimeev S.S., Klose H.. Phys. Stat. Sol. (a) 147, K1(1995).
2. Купчишин А.А., Купчишин А.И., Шмыгалева Т.А. Компьютерное моделирование радиационно-физ. задач. – Алматы: «Казак университеті», 2007. – 432 с.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ РАБОТАЮЩЕГО В ВОДОРОДНЫХ СРЕДАХ

Кульсартов Т.В.^{1,2}, Заурбекова Ж.А.^{1,2}, Чихрай Е.В.^{1,2}, Аскербеков С.К.², Габдуллин М. Т.

¹АО «Казахстанско-Британский технический университет», Толе би, 59, Алматы, Казахстан
²НИИЭТФ КазНУ им. Аль-Фараби, пр. Аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

В процессе эксплуатации оборудования под воздействием водорода при повышенных температурах и/или давлениях возникают условия развития макродефектности в конструкционных материалах, которые приводят к образованию трещин [1]. Существует определенная зависимость между содержанием водорода и метана (образовавшегося в результате водородной коррозии) в материале и наличием в нем макродефектов, таких как трещины [2]. На основе фрактографического анализа исследуемых материалов, подвергшихся воздействию водородной среды и температуры, а также ТДС анализа газовой выделению из этих материалов, предлагается установить зависимость наличия макродефектов от степени водородной коррозии материалов. С помощью метода ТДС можно определить такие характеристики материала как: концентрация водорода и метана в материале; особенности состояния водорода в материале; долю водорода, находящегося в междоузлиях решетки матрицы; долю водорода в различного рода ловушках (таких как границы зерен, дефекты структуры и пр.).

В настоящей работе приведены результаты теплофизических и вакуумных расчетов для разработанной методики ТДС эксперимента, а также результаты самих ТДС экспериментов по отработке методики исследований с индукционным нагревом металлических образцов массой до 0,1 г и с содержанием водорода.

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования по научным, научно-техническим программам на 2018-2020 годы (номер программы - BR05236800) Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Литература:

1. Арчаков Ю.И. Водородная коррозия стали. М.: Металлургия, 1985.
2. Добротворский А. М., Шевякова Е. П., Масликова Е. И., Михайловский В.Ю. Современные методы выявления причин отказов нефтеперерабатывающего и нефтехимического оборудования // Химич. техника. 2013. № 12. С. 10-15.

РЕКОМБИНАЦИОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ NaCl и NaCl-Li ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Мясникова Л.Н., Шункеев К.Ш., Убаев Ж.К., Сагимбаева Ш.Ж., Кулбатыр Ж.

Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова, г. Актобе, Казахстан

Экспериментальным методом высокочувствительной термоактивационной спектроскопии исследованы спектры термостимулированной люминесценции (ТСЛ) зонноочищенных кристаллов NaCl и NaCl-Li при низкотемпературной (95К) упругой деформации ($\varepsilon = 1\%$) в широком интервале спектра (200÷850 нм) в режиме счета фотонов фотоэлектронным умножителем типа H 8259 фирмы «Hamamatsu» (Япония).

Максимальная скорость сканирования (25 нм/с) спектров туннельной и термостимулированной люминесценции в пиках осуществлялась с помощью программы Spectra SCAN за 10 секунд или при градиенте температур $-1,5 \div 2,0$ К, соответственно.

Облучение кристаллов до и при низкотемпературной деформации осуществлялось в изодозовом режиме от рентгеновской установки РУП-120 (W, 3 мА, 100 кВ). Низкотемпературная деформация (95К) кристаллов осуществлялась в пределах $\varepsilon = 1\%$ в условиях высокого технического вакуума.

В ТСЛ кристалла NaCl доминирующим пиком является V_K -центр, интенсивность которого в 2 раза усиливается при низкотемпературной деформации и имеющий максимум термического разрушения при 165-170К, сканирование которого соответствует максимуму спектра ТСЛ при 3,5 эВ. Спектр ТСЛ V_K -пика и рентгенолюминесценции совпадают и имеют одну природу – излучательную релаксацию автолокализованных экситонов при рекомбинации подвижных дырок с электронами.

В ТСЛ NaCl-Li доминирующими пиками являются F' и $H_A(Li)$ -центры, интенсивность которых более чем в 10 раз усиливается при низкотемпературной деформации и имеющие максимумы термического разрушения при 110К и 125К, соответственно. При сканировании спектров ТСЛ в пиках 110К и 125К зарегистрированы излучения с максимумами при 2,72 эВ и 2,45 эВ.

Анализ показывает, что легкий катион лития в решетке NaCl-Li создает локальную деформацию в результате, которого появляются $H_A(Li)$ -центры. Упругая деформация еще больше стимулирует образование $H_A(Li)$ -центров, свидетельством которого является усиление в 13 раз интенсивности пика ТСЛ при 125К.

Таким образом, установлено деформационно-стимулированное создание низкотемпературных близкорасположенных радиационных дефектов, зарегистрированные их рекомбинационные люминесценции в спектрах туннельной и термостимулированной люминесценции кристаллов NaCl и NaCl-Li.

РОЛЬ ИМИТАЦИОННОГО СТЕНДА С ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКОЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПЛАЗМЕННО-ПОВЕРХНОСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Туленбергенев Т.Р., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Соколов И.А., Кайырды Г.К.

Филиал Институт атомной энергии НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Данные о воздействии плазмы на поверхность конструкционных материалов дивертора и первой стенки термоядерных экспериментальных реакторов являются важными в мировой науке на сегодняшний день [1]. Одной из важных проблем в конструкции термоядерных реакторов в процессе эксплуатации является повреждение вольфрамовой структуры. Вследствие процессов физического и химического распыления материалов плазма загрязняется примесями. Для более детального исследования процессов, происходящих при взаимодействии плазмы с поверхностью, эксперименты не могут проводиться в больших термоядерных установках, так как с одной стороны среда не подходит для испытаний материалов, а с другой стороны это трудоемкая работа, требующая огромных вложений. Поэтому были разработаны специальные линейные установки для моделирования взаимодействия плазмы термоядерных реакторов с обращенными к ней элементами.

В соответствии с целью программы обеспечения эффективности научных исследований на установке КТМ в 2008 году на базе филиала ИАЭ РГП НЯЦ РК был создан экспериментальный испытательный имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой, роль которого обусловлена испытанием образцов малых размеров из

перспективных конструкционных материалов и наладке диагностического оборудования термоядерных реакторов. Установка ориентирована на универсальность и возможность быстрой переналадки для решения различных специализированных задач, а так же имеет широкие возможности и позволяет проводить испытание материалов в условиях комплексного воздействия на них как плазменного потока, так и мощной тепловой нагрузки.

Наравне с установками из различных стран (США PISCES-A и PISCES-B [2-6], Япония NAGDIS TPD, NAGDIS-II [7], Германия PSI-1, PSI-2 [8-10], Россия ПР-2, Лента), имитационный стенд обладает отличительными функциональными возможностями, такими как:

- системой вакуумных диафрагм, позволяющих сохранить высокий вакуум в камере электронной пушки при повышении давления рабочего газа в камере взаимодействия;
- системой развертки электронного пучка, которая позволяет распределять тепловой поток электронов по площади охлаждаемого коллектора мишенного узла;
- несколько мишенных устройств вакуумного исполнения с возможностью охлаждения и контроля температуры образца с облучаемой и тыльной сторон поверхности;
- система программируемого нагрева исследуемых материалов для проведения экспериментальных работ по термодесорбционному анализу, не вынимая из установки (in situ);
- системой ускорения ионов, энергия которых регулируется в диапазоне 50 эВ - 2 кэВ.

Имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой, который относится к классу линейных стимуляторов, позволяет научному сообществу Казахстана проводить исследования перспективных материалов термоядерных реакторов, что дает возможность расширить диапазон исследуемых параметров при взаимодействии плазмы и материала.

Литература:

1. <https://www.iter.org/>.
2. Goebel, D. M., Campbell, G., Conn, R. W. Plasma surface interaction experimental facility (PISCES) for materials and edge physics studies. – Journal of Nuclear Materials, 1984, vol. 121, p. 277–282.
3. Antar G. Y. On the origin of ‘‘intermittency’’ in the scrape-off layer of linear magnetic confinement devices. – Physics of plasmas, 2003, vol. 10, № 9, p. 3629-3634.
4. Hudson B. F., Impurity transport measurements in the PISCES-A linear plasma device.– 2011.
5. Doerner R.P., Baldwin M.J. Schmid K. The influence of beryllium containing plasma on the evolution of a mixed-material surface. – Physica Scripta, 2004, vol. T111, p.75–79.
6. Doerner R.P. Measuring the difference between gross and net erosion.– Nuclear Fusion, 2012, vol.51, 7 pp.
7. N. Ohno, D. Nishijima, S. Takamura et al. Static and dynamic behaviour of plasma detachment in the divertor simulator experiment NAGDIS-II. – Nuclear Fusion, 2001, vol.41, p.1055-1065.
8. Kastelewicz H., Fussmann G. Plasma modeling for the PSI Linear plasma device. – Contrib. Plasma Physics, 2004, vol.44, № 4, p.352-360.
9. Kreter A. et.al. Status of technological development for the JULE-PSI project. – 4th International Workshop on Plasma Material Interaction Facilities for Fusion Research (PMIF), 2013.
10. Kreter A., et.al. Linear plasma device PSI-2 for PMI studies. – Fusion science and technology, 2015, vol.68, p.8-14.

РОЛЬ ПРИГРАНИЧНЫХ ЗОН В ОХРУПЧИВАНИИ И КОРРОЗИИ ВЫСОКООБЛУЧЕННЫХ (БН-350) ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Кудряшов В.В., Максимкин О.П., Цай К.В.

РГП Институт ядерной физики, МЭ, г. Алматы, Республика Казахстан

С целью оценки рисков длительной эксплуатации и безопасного хранения тепловыделяющих сборок (ТВС) реактора на быстрых нейтронах БН-350 исследовали радиационно-индуцированные изменения структуры и физико-механические свойств аустенитных нержавеющей сталей 12X18H10T и 08X16H11M3 – материалов чехлов ТВС. Проводилось сравнение степени радиационной дегградации отработанных ТВС, которые эксплуатировались в центральной части активной зоны реактора (СС-19, 55 – 59 сна, 330 – 370 °С), а также в области наружного экрана (Н-214(1)/(2), 0.25- 15.6 сна, 280- 330 °С). При исследовании микроструктуры особое внимание уделялось приграничным областям, образующимся в случае облучения до доз свыше 10 сна. Обедненные зоны предрасположены к пластической деформации в отличии от насыщенной дефектами матрицы, и являются областями локализованного сдвига.

В комплексных материаловедческих исследованиях стальных образцов, вырезанных из стенок шестигранных чехлов, использовали методики механических испытаний (Instron-1195), металлографии (НЕОРНОТ-2), просвечивающей электронной микроскопии (JEM-2100 с EDS - приставкой), измерений намагниченности (феррозонд Ферстера) и микротвердости (ПМТ-3).

Установлено, что пластичность (δ) реакторных сталей в значительной степени зависит от параметров облучения и при их определенном сочетании наблюдалось как радиационное охрупчивание, так и аномально высокие значения δ , связанные с протеканием фазового $\gamma \rightarrow \alpha'$ превращения. EDS-анализ материала вблизи межзеренных границ облученной стали показал заметное обеднение по хрому, что приводит к падению коррозионной стойкости границ кристаллитов по сравнению с матрицей. В сталях с высоким распуханием обнаружены выделения частиц мартенситной α' - фазы на межзеренных поверхностях. Сочетание данного фактора с обеднением хромом и снижением коррозионной стойкости сталей, создает в сложных условиях транспортировки и «мокрого» хранения ТВС риск локального охрупчивания.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩИХ ПЛЕНОК ZnO:Eu ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ

Кемелбекова А. ^{1,2}, Мухамедшина Д.М. ¹, Мить К.А. ¹, Мошников В. А. ³

¹Физико-технический институт

²Казахский национальный технический исследовательский университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

³Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)», Россия

Одним из важных направлений современной энергетики является широкое использование солнечного излучения. Важную роль в преобразовании солнечной энергии в электрическую энергию должны сыграть полупроводниковые солнечные элементы. Однако, чтобы они могли конкурировать с другими способами получения энергии, необходимо повысить эффективность их работы и снизить стоимость. Широкие возможности в этой области представляют антиотражающие слои, которые позволяют снизить отражение в спектральном диапазоне работы кремниевых солнечных элементов (СЭ) и достичь максимального поглощения падающего солнечного излучения. Среди материалов для антиотражающих покрытий кремниевых СЭ выгодно выделяются пленки оксида цинка, легированные редкоземельными элементами, которые обладают высокой прозрачностью в рабочей области спектра, химической и термической стойкостью и имеют оптимальный для этих целей показатель преломления [1]. Современные методы получения тонких пленок являются не только инструментом для их нанесения, но и методами, которые позволяют формировать состав, структуру и свойства пленок, придавая им тем самым свойства, качественно отличающиеся от свойств исходного материала [2].

В данной работе рассмотрены методы синтеза высокодисперсных пленок оксида цинка, легированные редкоземельными металлами. При экспериментальном получении пленок оксида цинка, легированного европием, нами применялись золь-гель и гидротермальные методы, где в качестве прекурсора использован дигидрат ацетата цинка, растворителем служил метанол. Для легирования был применен оксид европия, растворимый в метаноле. Получены тонкие пленки оксида цинка нелегированные и легированные европием.

Исследованы состав, структура и оптические свойства созданных пленок. Структура и состав осажденных пленок изучались на аналитическом сканирующем электронном микроскопе JSM-6490 LA (JEOL, Япония). Рентгеноструктурные исследования пленок были проведены на дифрактометре ДРОН-6. Исследования морфологии поверхности пленок оксида цинка были выполнены на атомно-силовом микроскопе JSPM-5200 (JEOL, Япония) полуконтактным методом. Спектры пропускания измерены на двухлучевых спектрофотометрах СФ-256 УВИ (190 – 1200) нм и СФ-256 БИК (1100 – 2500) нм. По спектрам пропускания определены прозрачность пленок, ширина запрещенной зоны, показатель преломления, толщина пленки, плотность, коэффициент поглощения, пористость.

В работе приведена проведенная характеристика изготовленных пленок.

Литература:

1. В. В. Малютина-Бронская, В. Б. Залесский, А. В. Семченко, В. В. Сидский. Легированные пленки оксида цинка для конверсии спектра кремниевых солнечных элементов // ПФМТ, 2018, вып. 3(36), 32–38.
2. A. Oudhia, N. Shukla, R. Bose, R. Lalwani, A. Choudhary // Effect of various synthesis protocols on doping profile of ZnO:Eu Nanowires // Vol. 7, July 2016, p. 69-74.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПУЧКОВ ИОНОВ
НА ЦИКЛОТРОНЕ ДЦ-60

Колобердин М.В.¹, Здоровец М.В.¹, Скуратов В.А.², Акилбеков А.Т.³

¹Астанинский филиал Института ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан

²Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, ОИЯИ, Дубна, Россия

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Система управления временными параметрами пучков ионов на циклотроне ДЦ-60 разрабатывается для прикладных физических задач проведения облучательных работ с регистрацией, измерением и формированием необходимой фазовой области частиц потока ионов соответствующей высокочастотному электрическому полю режима ускорения. Система предназначена для формирования коротких импульсных потоков ионов поступающих на инжектор – электростатический инфлектор циклотрона ДЦ-60 от источника ионов DECRIS в заданных временных интервалах путем отклонения в переменном электрическом поле устройства – чоппер (от англ. chopper – прерыватель), согласованного модулем управления с резонансной системой циклотрона. Функциональная схема системы управления показана на рис.1.

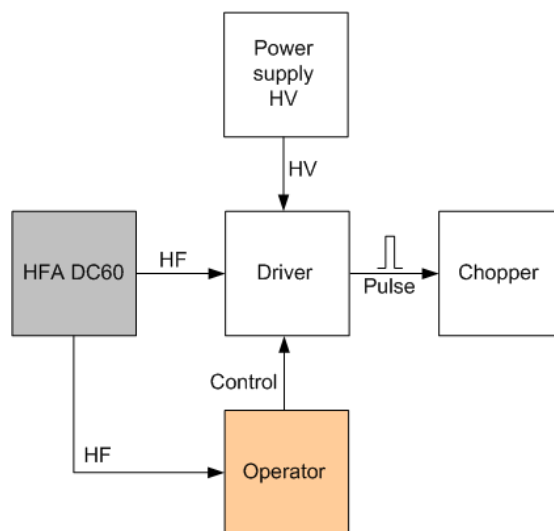


Рисунок 1 - Функциональная схема системы управления временными параметрами пучков ионов

Модуль управления (Driver, рис.1) согласованный с резонансной системой циклотрона (HFA DC60), в зависимости от заданного оператором (Operator) в ручном или автоматическом режиме сигнала управления, подает короткие импульсы источника напряжения (Power supply HV) на устройство чоппер (Chopper), установленного в вертикальной части поворотного магнита канала инжекции циклотрона ДЦ-60.

Так, например в рабочем диапазоне параметров источника ионов циклотрона ДЦ-60 при ускоряющем напряжении $U_{ECR}=17$ кВ для ионов Ксенона-132 (массой $m = 131,9$ а.е.м.) зарядностью $Z = 21$, что соответствует начальной кинетической энергии $T = 357$ кэВ и скорости $v_{x0} = \sqrt{\frac{2ZeU_{ECR}}{m}} = 7,22 \times 10^5$ м/с, при рабочем напряжении чоппера $U_{ch} = 300$ В с длиной отклоняющих элементов $l = 350$ мм установленных на расстоянии $d = 80$ мм, максимальное отклонение траектории в чоппере составит $z(l) = \frac{ZeE_z l^2}{2m v_{x0}^2} = 0,68$ мм, где E_z – напряженность электрического поля в чоппере, что соответствует углу вылета $2,2^\circ$. Учитывая протяженность «пролетной базы» – длины пути частиц до инфлектора 2,4 м, установленного в медианной плоскости основного магнита максимальное отклонение пучка ионов составит более 7 см, что обеспечивает полное отклонения потока частиц в канале инжекции от проводки во входное окно инфлектора 10 мм, обеспечивая тем самым при заданной логике работы устройства, формирование необходимых временных интервалов потоков ионов.

**СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 12Х18Н9Т,
ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В АТМОСФЕРЕ ГЕЛИЯ**

Акаев С.О., Кислицин С.Б., Диков А.С., Хромушин И.В., Васютин В.С., Фирсова В.В.

Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Известно, что гелий в конструкционных сталях существенно влияет на их механические свойства [1]. Так наличие нескольких десятков атртм гелия в аустенитных сталях вызывает значительное охрупчивание, сопровождаемое изменением в характере разрушения от транскристаллитного к межкристаллитному растрескиванию. В связи с этим, в данной работе проведены исследования накопления гелия и его влияние на механические свойства (твердость, пластичность) при синергическом воздействии гелия и нейтронного облучения.

Облучение нейтронами наполненной гелием с давлением, равным 1/3 атмосферного герметичной ампулы, изготовленной из конструкционной стали 12Х18Н9Т, выполнялось в реакторе ВВР-К. Плотность потока «быстрых» нейтронов ($E \geq 0,11$ МэВ) составляла $6,8 \cdot 10^{12}$ н/(см²·сек), суммарный флюенс за полный период облучения составил $8,9 \cdot 10^{19}$ н/см². Средняя температура облучения составила 720 ± 4 °С.

По завершении работ по облучению ампула извлекалась из активной зоны. После отстоя ампульная сборка перемещалась в «горячую» камеру, где проводилась разделка ампульного устройства. Разделка и изготовление образцов проводилось в несколько этапов. На первом из стенок капсулы вырезались пластины размерами $20 \times 20 \times 2$ мм³. Далее, из них методом электроэрозионной резки вырезались пластины размером $3 \times 3 \times 1$ мм³ для изучения накопления гелия и пластины размером $20 \times 2 \times 1$ мм³ для механических испытаний и структурных исследований.

Исследование накопления гелия в облученных образцах выполнялось методом термодесорбционной спектроскопии. По результатам исследований были установлены температурные пики выхода гелия.

Механические испытания на растяжение выполнялись на универсальной разрывной машине LR K5+ при комнатной температуре. Измерения микротвердости выполнены на микротвердомере ПМТ-3М.

Структурные исследования проводились на специально подготовленной поверхности образцов, а также изломах образцов после механических испытаний, для выявления механизма разрушения.

Проведено сопоставление данных о структуре и механических характеристиках, полученных для облученных образцов стали с аналогичными данными для необлученной стали 12Х18Н9Т.

Литература:

1. И.М. Неклюдов, Г.Д. Толстоуцкая. Гелий и водород в конструкционных материалах // Вопросы атомной науки и техники Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. 2003. - № 3 (83). 3, С. 3-14.

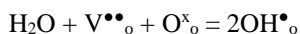
ТЕРМОДЕСОРБЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО ПРОТОННОГО ПРОВОДНИКА LaScO₃

Аксенова Т.И., Хромушин И.В.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

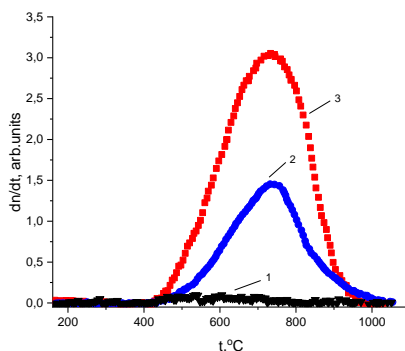
При разработке электрохимических устройств для водородной энергетики наибольший интерес представляют протон-проводящие сложные оксиды со структурой перовскита ABO₃, которые предполагается использовать в качестве рабочего электролита. В последние годы особое внимание уделяется протон-проводящим перовскитам на основе эквимоларных соединений редкоземельных оксидов типа Ln'LnO₃, где Ln' и Ln – лантаноиды со степенью окисления 3+.

Необходимым условием для появления протонной проводимости в данных материалах является наличие в решетке кислородных вакансий V_o^{••}, которые создаются путем введения замещающих катионов меньшей степени окисления (акцепторное допирование). В случае оксидов типа Ln'LnO₃ возможно как замещение катиона А, так и катиона В, либо обоих катионов одновременно. Внедрение протонов в данные материалы осуществляется традиционно за счет реакции водяного пара с V_o^{••}, которая может быть описана уравнением:



В работе представлены результаты термодесорбционных исследований скандатов лантана, недопированных и допированных Sr и Ca. Эксперименты выполнены на автоматизированной установке газовыделения. Условия эксперимента следующие: рабочий вакуум в камере не хуже 10^{-8} мм рт. ст., скорость нагрева образцов $42^\circ\text{C}/\text{мин}$. В ходе эксперимента регистрировали выход молекул кислорода и воды. Исследовали образцы, синтезированные и выдержанные на воздухе при комнатной температуре, а также подвергнутые после синтеза отжигу на воздухе при температуре 650°C в течение 7 часов.

На рисунке 1 показано, что количество воды, десорбированной из скандата лантана, зависит от степени допирования образца. На недопированном LaScO_3 выхода воды практически не наблюдается. Обнаружено существенное увеличение количества десорбированной воды после отжига образцов на воздухе при температуре 650°C .



1 – недопированный образец; 2 – Ca 5%; 3 – Ca 10%.

Рисунок 1 – Выход воды из отожженных образцов скандата лантана, допированного кальцием ($\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{ScO}_{3-\delta}$)

Последнее характерно для обоих типов допантов (Ca и Sr) и их концентраций ($x=0.05, 0.1$). Причиной этого, по-видимому, является то, что образцы после синтеза неравновесны, и в них присутствуют не только вакансии в кислородной подрешетке, обусловленные допантом, но и другие точечные дефекты и их комплексы, препятствующие интеркаляции воды в решетку сложного оксида. Отжиг образцов приводит к отжигу дефектов и, как следствие, способствует интеркаляции воды.

Сравнительные исследования спектров выхода диоксида углерода из скандата лантана, допированного стронцием и кальцием, позволили сделать вывод о более высокой стабильности образцов скандата лантана, допированного стронцием, в отношении CO_2 .

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК (грант AP05130148).

ТИП ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ НА КРАЮ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ TlGaSe_2 И TlInS_2 ПОДВЕРГНУТЫХ γ - ОБЛУЧЕНИЮ

Сардарлы Р.М., Салманов Ф.Т., Алиева Н.А., Маммадов Р.А.

Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана, пр. Б. Вахабзаде 9, AZ 1143
e-mail: ramil.m.azadoglu@gmail.com

TlGaSe_2 и TlInS_2 являются полупроводниковыми кристаллами имеющими предельно анизотропную - слоистую структуру, при низких температурах являются несобственными – сегнетоэлектриками, обладают несоразмерной сверхструктурной фазой. Выше комнатной температуры кристаллы испытывают фазовый переход в суперионное состояние. Эти качества делают соединения TlGaSe_2 и TlInS_2 перспективными материалами для применения их в качестве активных элементов в электронных и оптоэлектронных приборах в качестве источников излучения, модуляторов, элементов памяти и нелинейных оптических переключателей. Благодаря большой плотности, наличию тяжелых атомов таллия эти соединения являются перспективными материалами для детектирования жесткого радиационного излучения [1–3].

В спектральной области 1.8 – 2.4 эВ измерены спектры пропускания и отражения кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂ сначала до γ - облучения, затем после облучения дозами $D_\gamma = 1, 2, 5$ и 25 Мрад.

Спектры пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂ приводятся на рис. 1. Как видно из рисунка 1, в области прозрачности кристаллов (1.8 эВ), при дозах облучения 1, 2 и 5 Мрад наблюдается уменьшение коэффициента пропускания в 5 раз (Рис.2). Дальнейший рост дозы облучения до 25 Мрад приводит к восстановлению прозрачности образцов, т.е. коэффициент пропускания кристаллов оказывается приблизительно равным коэффициенту пропускания образцов до облучения.

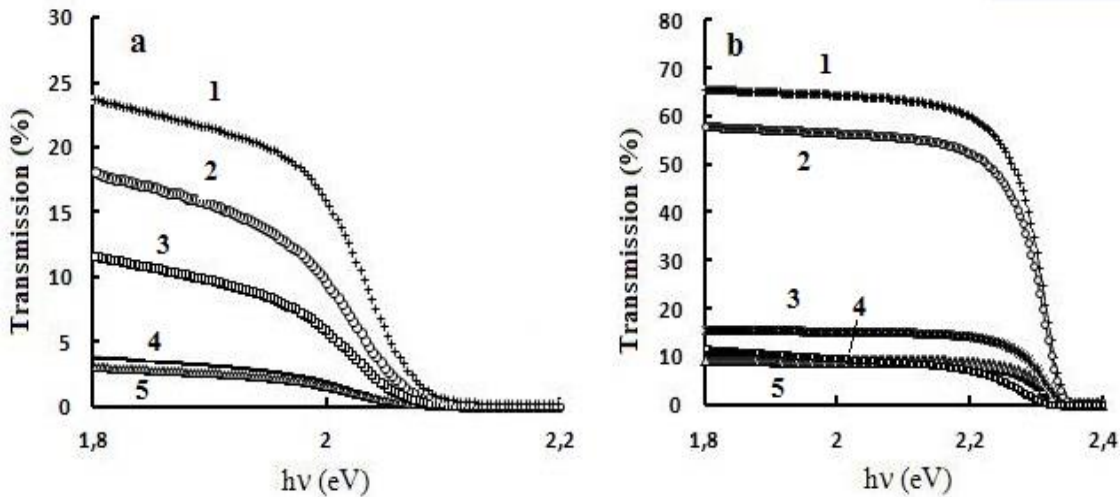


Рисунок 1 - Спектры пропускания кристаллов TlGaSe₂ (a) и TlInS₂ (b) подвергнутых различным дозам γ - облучения при 300 К, кривые: 1 -25 Мрад, 2 – 0 Мрад, 3 – 5 Мрад, 4 – 1 Мрад, 5 – 2 Мрад

Уменьшение коэффициента пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂, при сравнительно малых дозах облучения (до 5 Мрад), может быть связано с радиационно-стимулированным старением образцов вызванного возникновением радиационно стимулированных дефектов. Уменьшение коэффициента пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂, при сравнительно малых дозах облучения (до 5 Мрад), может быть связано с радиационно-стимулированным старением образцов вызванного возникновением радиационно стимулированных дефектов.

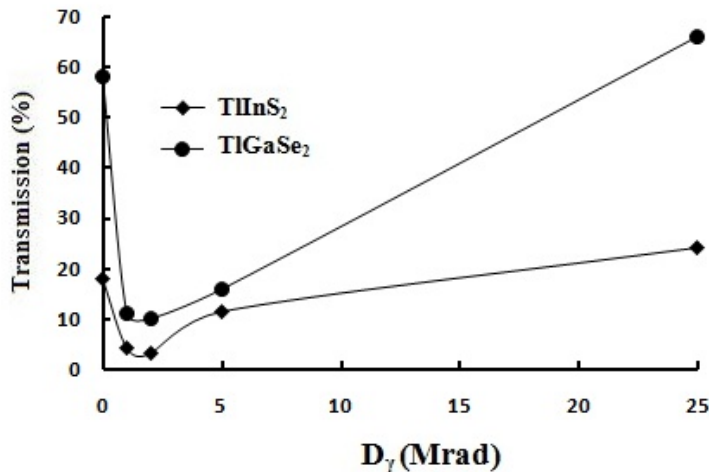


Рисунок 2 - Дозовая зависимость коэффициента пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂ в области прозрачности 1.8 эВ

Уменьшение коэффициента пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂, при сравнительно малых дозах облучения (до 5 Мрад), может быть связано с радиационно-стимулированным старением образцов вызванного возникновением радиационно стимулированных дефектов. Рост коэффициента пропускания образцов, при росте дозы облучения до 25 Мрад, по всей видимости, связан с процессами, вызванными радиационным стимулированным отжигом образцов, а именно, с активацией процесса миграции естественных дефектов, их самокомпенсацией под влиянием γ - облучения, что приводит к стабилизации слоистой структуры кристаллов. И как следствие, происходит компенсация собственного акцепторного уровня с наведенным радиационным дефектом. По всей видимости, это и является причиной “просветления” образцов при больших дозах радиации.

Наблюдаемый рост энергий разрешенных межзонных переходов при росте дозы облучения может быть вызван также процессами радиационного отжига. Аналогичные эффекты наблюдались в слоистых кристаллах GaSe и в кристалле с цепочечной структурой TlInSe₂ [3]. Они характерны для соединений этого класса, что возможно связано со слоистой структурой, наличием несоизмеримой сверхструктуры, которая склонна к перестройке при внешних воздействиях [1,3].

В спектральной области 1.8 – 2.4 эВ исследованы спектры оптического пропускания кристаллов TlGaSe₂ и TlInS₂ в области края фундаментального поглощения подвергнутых различным дозам γ – облучения $D_\gamma=1, 2, 5$ и 25 Мрад. Получены спектры оптического поглощения этих кристаллов, рассчитаны энергетические области для прямых и непрямых разрешенных переходов образцов. Показано, что с ростом дозы облучения энергии прямых и непрямых оптических переходов растут.

Литература:

1. Panich A.M., Sardarly R.M.// Physical Properties of the Low Dimensional A₃B₆ and A₃B₃C₆² Compounds 2010 (N.Y., Nova Science Publishers, Inc.) p. 287.
2. Gasanly N. M. // Coexistence of Indirect and Direct Optical Transitions, Refractive, Index and Oscillator Parameters in TlGaS₂, TlGaSe₂, and TlInS₂ Layered Single Crystals, J. Korean Phys. Soc. 2010. 57. 164.
3. Шелег А.У., Гуртовой В.Г., Шевцова В.В., Мустафаева С.Н., Керимова Э.М.// ФТТ.

ТСТ ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМАМИ Cu, As, Br, Rb КРИСТАЛЛОВ LiF, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ

Амонов М.З., Ибрагимова Э.М., Сандалов В.Н.

ИЯФ АН РУз, Ташкент, пос. Улугбек, Узбекистан

Сегнетоэлектрические, оптические, электрооптические и нелинейные свойства кристаллов фторида лития необходимо рассматривать в зависимости от состава, наличия примесей, дефектной и доменной структуры. Вариации состава и различного рода послеростовые обработки, изменяющие концентрацию дефектов, являются с одной стороны эффективным способом управления оптическими свойствами этих соединений, а с другой – изменяют эксплуатационные параметры устройств, созданных на базе модифицируемых материалов. В частности, в процессе облучения при образовании первичных электронно-дырочных пар дефектов с их последующей агрегацией участвуют дополнительные дорадиационные элементарные дефекты, которые появляются из-за введения примесей в кристалл [1]. Изменение стехиометрического соотношения ионов в кристаллах по отношению к изначальной стехиометрии, вызванное облучением, сопровождается появлением в приповерхностной области некомпенсированного заряда. Механизм электропроводности в диэлектриках зависит от концентрации и подвижности носителей заряда. Концентрация самих дефектов, а значит, и проводимость может меняться при добавлении примесей. Подвижность же в значительной степени зависит от окружения «быстрого» иона – переносчика заряда. Целью данной работы было исследование влияния электронного облучения на электропроводность кристаллов LiF, легированных атомами Cu, As, Br, Rb.

Образцы в виде пластинок размерами 10×10×0,5 мм выкалывали по плоскостям спайности кристалла и исследовали с использованием трехэлектродного метода измерения поверхностного тока. Образцы перед исследованием предварительно отжигались в течение часа при 600⁰С. Следует отметить, что во всех исследованиях, т.е. воздействиях облучению и последующих измерениях подвергались образцы кристаллов, ограненные нетравленными поверхностями. Напряженность поля в воздушном зазоре между свободной поверхностью образца и электродами не превышала $E = 2000$ В/м. Плотность тока достигала значений 10-3 А/м². Измерения проводились в температурном интервале 90 – 400 К. Скорость нагрева составляла 7,3 К/мин. Облучение образцов проводилось на электронном ускорителе ИЯФ АН РУз. Энергия пучка электронов составляла 3-5 МэВ.

Кривые температурной зависимости поверхностного тока ($I_s(T)$) облученных легированных кристаллов LiF при $T > 470$ К имеет вид веерообразной зависимости, наклон и значения которых зависят от флюенса электронов. В аррениусовских координатах кривые $I_s(T)$ спрямляются, что дает возможность рассчитать энергию активации носителей зарядов (E). Выяснилось, что величина E с возрастанием флюенса электронов уменьшается и становится равной 0,47 эВ, 0,35 эВ и 0,27 эВ при флюенсе электронов 10^{13} см⁻², 10^{14} см⁻² и 10^{15} см⁻², соответственно.

В беспримесном совершенном диэлектрике, например, в ионном кристалле, запасание энергии в виде собственных электронных возбуждений возможно лишь в течение короткого времени жизни этих возбуждений.

Более долговременная аккумуляция энергии на секунды, сутки и многие годы обеспечивается либо структурными преобразованиями в атомно-остовной подсистеме твердого тела в результате ее взаимодействия с возбуждениями электронной подсистемы, либо за счет введения легирующих добавок, формирующих нанодфекты в виде глубоких ловушек для электронов и дырок [2]. В легированных кристаллах LiF большая часть электронных возбуждений распадается на френкелевские пары, участвующих в процессах переноса зарядов, не в объеме решетки, а в области нанодфекта. Наличие у нанодфекта собственной пространственной и энергетической структуры сказывается на протекании стимулированных радиацией процессов передачи энергии образования и преобразования дефектов, эффективности накопления новых дефектов. Процесс создания F₂-центров в области нанодфекта включает два этапа: создание F-центров на дорадиационных присутствующих в нанодфекте анионных вакансиях и распад экситона в области созданного F-центра на френкелевскую пару.

Показано, что специально вводимые примеси вследствие облучения способствуют созданию целого ряда радиационных точечных дефектов, вызывая увеличение эффективности образования радиационных дефектов в десятки и более раз, но при этом снижая радиационную стойкость кристаллов.

Показано, что облучение электронами легированного фторида лития способствует выравниванию распределения примеси атомов Cu, As, Br, Rb, предотвращая процесс возникновения в нем неоднородной доменной структуры, и приводит к обогащению кристалла ионами лития, т.е. приближает его состав к стехиометрическому.

Литература:

1. Лисицын В.М. Радиационная физика твердого тела: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 170 с.
2. Г.А. Петченко Изучение природы радиационных дефектов в облученных кристаллах LiF // Вестник ХНУ, серия Физика, 2013, № 1075, вып. 18, с. 50-54.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛАХ GaS ОБЛУЧЕННЫМИ γ - КВАНТАМИ

Мадагов Р.С.^{1,3}, Тагиев Б.Т.^{2,3}, Тагиев Т.В.², Наджафов А.И.^{1,2}

¹ Институт Радиационных Проблем НАН, 370143, Баку, пр. Ф.Агаев 9, Азербайджан

² Институт Физики НАН, Баку, Азербайджан

³ Авиационная Академия, Баку, Азербайджан

E-mail: msrahim@rambler.ru

Исследуемые монокристаллы *p*-GaS были выращены методом Бриджмена. Легирование Eg осуществлялось в процессе выращивания. Удельное сопротивление полученных образцов вдоль и перпендикулярно оси *c* при комнатной температуре составляло $2 \cdot 10^9$ и $3 \cdot 10^7$ Ом·см соответственно. Облучение образцов γ - квантами осуществлялось на установке Co⁶⁰ при 300К. Для возбуждения использовали гелий-кадмиевый лазер ($\lambda=0,3716$ мкм).

Исследованы спектры ФЛ образцов GaS и GaS:Eg при 77 К до и после облучения. В кристаллах необлученного GaS наблюдались интенсивные полосы экситонного излучения с $\lambda_1=0,48$ мкм и при этом увеличивается его интенсивность. После облучения образцов с дозой 30 крад проявляется широкая бесструктурная полоса значительно большей интенсивности с максимумами при $\lambda_1=0,48$ мкм, $\lambda_2=0,52$ мкм и $\lambda_3=0,66$ мкм. При высоких дозах облучения (100 кРад) наблюдающийся максимум $\lambda_3=0,66$ мкм исчезает, и характер зависимости приобретает прежний вид, как до облучения.

Показано, что в легированных кристаллах полоса экситонного излучения незначительно смещается на длинноволновую область (495 нм) и при этом увеличивается его интенсивность. Кроме того, в спектре ФЛ наблюдается три четких линий излучения с высокой интенсивности в области $\lambda=550-552$ нм. После облучения гамма квантами дозой 30 крад в кристаллах GaS:Eg проявилась новые пики излучения высокой интенсивностью в области 552-570 нм. При этом пик в области 495 мкм не наблюдается, а интенсивность пика при 550 мкм увеличивается. Облучение дозой 100 крад приводит к увеличению интенсивности линии в области спектра 550-570 мкм и появлению новых пиков при 521, 526 и 585 мкм. Дальнейшее облучение постепенно уменьшает интенсивность пиков, и спектр имеет вид, как не облученных образцов.

Установлено, что Eg при легировании монокристаллов GaS входит в решетку как примесь, которая замещает атомы Ga в катионной подрешетке кристалла, образуя мелкие акцепторные центры E_gs. Пики наблюдаемые для чистых кристаллов при 77 К, носят дефектный характер и исчезает при больших концентрациях

эрбия. Добавление эрбия в GaS затушивает ФЛ в области 0,48 эВ, обусловленную рекомбинацией свободного экситона $n=1$, и способствует возгоранию ФЛ в области 0,510-0,580 мкм. Перераспределение интенсивности ФЛ в области 0,510-0,580 мкм обусловлено передачей энергии к центрам редкоземельных центрам в активированных кристаллах.

Наблюдавшееся количество полосы в спектре и их узость дают основания считать, что ионы Er^{+3} занимают в исследованных образцах преимущественно одну позицию, образуя основной эрбиевый центр. Наряду с основным Er^{+3} -центром в GaS могут образовывать комплексы, состоящие из ионов Er^{+3} , собственных дефектов кристалла или неконтролируемых примесей. Об этом свидетельствуют результаты исследование фотолюминесценции, которое позволило выявить 3 различных эрбиевых центров. С ростом дозы облучения в кристаллах меняются как силы межслоевых связей, так и степень пространственной неоднородности распределения дефектов образцов.

Предполагается, что за новые центры рекомбинации ответственны комплексы, в состав которых выходит вакансии галлия, и атомы эрбия, их концентрация которые зависит от дозы облучения. Полученные экспериментальные результаты в облученных кристаллах типа GaS находят свое удовлетворительное объяснение в рамках модели.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ГРАФЕНОВОМ КЛАСТЕРЕ С ДЕФЕКТАМИ СТОУНА-УЭЛЬСА

Сергеев Д.М.¹, Мясникова Л.Н.², Шункеев К.Ш.²

¹Военный институт Сил воздушной обороны имени Т.Я. Бегельдинова, Актобе, Казахстан

²Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

Известно, что одним из простейших топологических дефектов, содержащихся в графеноподобных 2D-материалах является дефект Стоуна-Уэльса (SW). Он формируется за счет простого поворота пары атомов C-C на 90° , в результате которого нарушается симметрия гексагональной решетки с появлением в ее структуре двух пятиугольных и двух семиугольных элементов. Такой дефект возникает при закалке графена на высокой температуре еще на стадии его получения или когда графен подвергается облучению.

В данной работе предпринята попытка с помощью компьютерного моделирования (Atomistix ToolKit with Virtual NanoLab) определить электрические характеристики графеновой ленты с дефектом Стоуна-Уэльса. Моделирование электротранспортных характеристик дефектной графеновой структуры производилось в рамках теории функционала плотности с применением метода неравновесных гриновских функций (DFT+NEGF). Для описания межатомного взаимодействия и оптимизации структур использовался потенциал Brenner. Результаты моделирования вольтамперных характеристик (ВАХ) и дифференциальной проводимости приведены на рис. 1. Из приведенных зависимостей $I(V)$, dI/dV видно, что введение в гексагональную структуру графена дефектов SW приводит к изменению ВАХ и dI/dV .

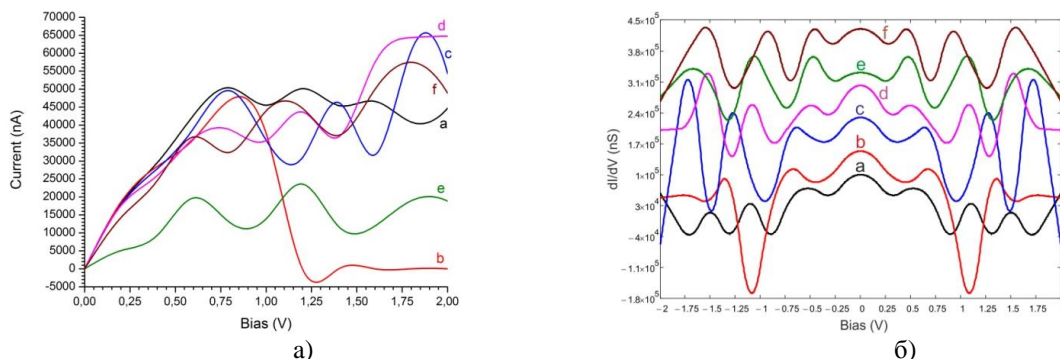


Рисунок 1 – $I(V)$ (а) и dI/dV -характеристики (б) SW-дефектных графеновых структур

ВАХ конфигурации, имеющей один SW-дефект приведена на рисунке 1 а, кривая а. В интервале $0 \div 0,8$ В ток квазилинейно растет до 50 мкА. Далее $I(V)$ носит слабо осциллирующий характер. В интервалах $0,8 \div 1$ В, $1,2 \div 1,43$ В, $1,6 \div 1,85$ В наблюдается падение тока от 50 мкА до 46 мкА, от 50 мкА до 45 мкА, от 47 мкА до 41 мкА, соответственно, формируя участки отрицательного дифференциального сопротивления. Иное поведение ВАХ наблюдается в другой конфигурации (рис. 1 а, кривая б). В интервале напряжении $0 \div 0,85$ В ток изменяется

линейно от 0 до 48 мкА. Далее на участке $0,83 \div 1,28$ В ток падает от максимального значения 48 мкА до минимального -4 мкА. Такое поведение $I(V)$ свойственно ВАХ полупроводниковой наноструктуры с отрицательным кулоновским потенциалом, и обычно проявляется в туннельных контактах малых размеров. На ВАХ структуры (рис. 1 а, кривая с) в интервале $0,8 \div 1,15$ В, $1,4 \div 1,58$ В уменьшается величина тока от 49 мкА до 29 мкА и от 46 мкА до 32 мкА, соответственно. В интервале $\sim 0 \div 0,6$ В ток D- и F-конфигурации переключается, а максимальное значение тока для этих конфигураций ~ 57 мкА и ~ 69 мкА, соответственно, возникает при $V_{bias} \approx 1,8$ В (рис. 1, кривые d, f). На ВАХ D-конфигурации проявляются следующие особенности: в интервале напряжении $0,73 \div 0,95$ В и $1,18 \div 1,375$ В уменьшение тока от 39 мкА до 35 мкА и от 44 мкА до 36 мкА. А на ВАХ F-конфигурации наблюдается уменьшение тока от 37 мкА до 33 мкА при $V_{bias} = 0,6 \div 0,8$ В и $V_{bias} = 1,1 \div 1,4$ В, соответственно. При наличии двух SW-дефектов в графене на одной прямой по оси Y (рис. 1 а, кривая e) наблюдается совсем другое поведение ВАХ. Если во всех рассмотренных наноструктурах при $V_{bias} \sim 0 \div 0,7$ В зависимость тока от напряжения носила квазилинейный характер и значение тока варьировалось $\sim 36 \div 50$ мкА, то для E-конфигурации в этом интервале напряжении ток принимает значение 20 мкА, что существенно меньше относительно от других структур. Уменьшение тока наблюдается на двух участках ВАХ: от 20 мкА до 11 мкА при $V_{bias} = 0,6 \div 0,9$ В и от 24 мкА до 10 мкА при $V_{bias} = 1,18 \div 1,5$ В, соответственно. Особенности ВАХ рассмотренных графеновых наноструктур отчетливо проявляются и в их дифференциальной проводимости (рис. 1 б).

Полученные результаты могут быть полезными для расчетов новых перспективных электронных приборов наноэлектроники на основе графена, так как не всегда можем получить идеальные графеновые материалы.

ЭПР ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИМЕРОВ

Рябкин Ю.А.¹, Байтимбетова Б.А.^{1,2}, Лебедев И.А.¹

¹Физико-технический институт, Сатпаев Университет, Алматы, 050032

²Казахский национальный технический исследовательский университет им. К.И. Сатпаева, Сатпаев Университет, Алматы, 050013

Известно, что отсутствие ЭПР сигналов для экспонированных в космосе образцов ПММА, связано, скорее всего, с гибелью свободных радикалов в процессе доставки на Землю и длительной выдержки при лабораторных условиях совместно с контрольными образцами до начала проведения измерений. В результате контрольного у-облучения до дозы 5 кГр для экспонированных в космосе и контрольных образцов полиметилметакрилат (ПММА) выявляется ЭПР спектр в виде хорошо разрешенного девятилинейчатого спектр. При этом для всех спектров наблюдается достаточно четкое разделение их на квадруплет (1_k) и квинтиплет (1_q). Однако имеет место трансформация ЭПР спектра, особенно центральной части квинтиплета, для экспонированных в космосе образцов ПММА.

В результате контрольного у-облучения до дозы 5 кГр для экспонированных в космосе и контрольных образцов ПММА выявляется ЭПР спектр в виде хорошо разрешенного девятилинейчатого спектра. При этом для всех спектров наблюдается достаточно четкое разделение их на квадруплет (1_k) и квинтиплет (1_q). Однако имеет место трансформация ЭПР спектра, особенно центральной части квинтиплета, для экспонированных в космосе образцов ПММА.

По сравнению со спектром контрольного образца для экспонированного с применением экрана образца наблюдается, во-первых, уменьшение интенсивности ЭПР спектра, причем в основном за счет квинтиплетной его части, и увеличение g-фактора центральной квинтиплетной линии. Во-вторых, центральная квинтиплетная линия явно выделяется над остальными линиями ЭПР спектра.

В случае экспонирования без экрана g-фактор центральной квинтиплетной линии практически такой же, как для экспонированного с применением экрана образца, тогда как интенсивность ЭПР спектра меньше и в основном за счет квадруплетной его части. Кроме того, центральная квинтиплетная линия по интенсивности слегка выше второй квинтиплетной линии, а соотношение остальных линий спектра такое же, как и для контрольного образца. Это свидетельствует о том, что дополнительное воздействие ультрафиолета усиливает степень уменьшения интенсивности ЭПР спектра, но не оказывает влияния на его трансформацию.

Анализ показывает, что кривые зависимости отношения интенсивностей квинтиплетного (1_q) и квадруплетного (1_k) сигналов для экспонированных в космосе и контрольных образцов от дозы у-облучения. Видно, что для контрольного и экспонированного с применением экрана образцов наблюдается кривая с максимумом вблизи 20 кГр. Причем кривая экспонированного с применением экрана образца расположена

несколько ниже, чем для контрольного образца. Это указывает на то, что концентрация свободных радикалов в ПММА после экспонирования с применением экрана меньше на -20-30%.

Соответствующая кривая для образца, экспонированном без экрана, отличается от двух предыдущих: отношение интенсивностей $I_{ц}/I_{к}$ уменьшается экспоненциально с ростом дозы до 60 кГр, а при дальнейшем увеличении дозы контрольного γ -облучения его величина остается практически постоянной. Причем отношение интенсивностей $I_{ц}/I_{к}$ при 5 кГр в 2 раза меньше, чем для контрольного образца. Таким образом, применение контрольного γ -облучения к экспонированным в космосе и хранившимся в лабораторных условиях образцам ПММА позволило выявить различия как в форме ЭПР спектров, так и в характере накопления свободных радикалов и их концентрации в зависимости от дозы контрольного γ -облучения, т.е. влияние космического излучения и, в частности, вакуумного ультрафиолета. Следовательно, можно полагать, что применение контрольного γ -облучения к пищевым продуктам также позволит получение информации о том, подвергался ли купленный пищевой продукт радиационной обработке ранее или нет. Установлено влияние космического излучения и, в частности ультрафиолета, на трансформацию ЭПР спектра ПММА под воздействием контрольного γ -облучения. Показано, что в случае применения защиты от вакуумного ультрафиолета наблюдается трансформация центральной части квинтиплета, а в результате дополнительного воздействия ультрафиолета значительно уменьшается интенсивность спектра.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТНЫХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИЕВЫХ p^+-n-n^+ СТРУКТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ p^+ - СЛОЯ ПРИ ПРОТОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

*Таиметов М.Ю., Махкамов Ш., Саттиев А.Р., Эрдонов М.Н., *Холмедов Х.М.*

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан, e-mail: sattiev@inp.uz

*Ташкентский университет информационных технологий имени аль-Хорезми, Ташкент, Узбекистан.

В настоящее время в процессе изготовления полупроводниковых приборов широко используются различные радиационно - технологические методы, позволяющие модифицировать и управлять свойствами и параметрами полупроводниковых материалов и изделий на их основе.

Одним из способов улучшения быстродействия полупроводниковых приборов является введение в объем базового кристалла компенсирующих радиационных дефектных состояний, формирующих глубокие рекомбинационные центры. В литературе по кремнию имеются достаточно подробные данные о влиянии степени легирования исходного кристалла, вида, энергии, плотности воздействующего излучения и других факторов на эффективность формирования радиационных дефектов (РД). Однако данные о влиянии глубины залегания p^+ или n^+ структур на процесс формирования РД практически отсутствуют. В данной работе приведены экспериментальные результаты по влиянию глубины сформированного p^+ - слоя на процесс образования глубоких радиационных дефектных центров при протонном облучении кремниевых p^+-n-n^+ структур. Кремниевые диодные структуры были получены термодиффузией В, Al и Р при $T=1150^{\circ}\text{C}$ на базе $n\text{-Si}$ с различным исходным удельным сопротивлением, т.е. с содержанием фосфора $1,7\cdot 10^{15}\text{см}^{-3}$ до $1,6\cdot 10^{16}\text{см}^{-3}$. Глубина залегания p^+ - слоя регулировалась длительностью диффузии Al от 0,25 до 17 часа, что позволяло изменять толщину p^+ - слоя в пределах $7\div 80$ мкм.

Глубина залегания p^+ - слоя и границы перехода определялись из выражения $L = 2\sqrt{Dt}$ (где D - коэффициент диффузии Al при данной температуре, t - время диффузии) и использованием однозодного метода. Из анализа глубины залегания Al после термодиффузии в зависимости от содержания фосфора в исходном монокристаллическом кремнии n -типа выявлено, что повышение концентрации фосфор в базовом кристалле приводит к уменьшению глубины диффузии Al, т.е. изменением содержания фосфора в $n\text{-Si}$ можно при идентичном режиме диффузии Al управлять глубиной p^+ - слоя.

Для контроля концентрации сформированных РД центров в диодных структурах использовался емкостной спектрометрический метод DLTS. Установлено, что радиационная обработка указанных структур пучком протонов с энергией 18,7 МэВ в интервале флюенсов ($10^{12} \div 5\cdot 10^{13}$) см^{-2} приводит к формированию четырех акцепторных РД дефектных центров с энергетическим спектром $E_c - 0,17$ эВ, $E_c - 0,23$ эВ, $E_c - 0,39$ эВ и $E_c - 0,44$ эВ. Концентрация первых трех уровней возрастает с увеличением глубины p^+ - слоя и выходит на насыщение при толщинах p^+ - слоя ($20\div 27$) мкм для уровня $E_c - 0,17$ эВ, и ($45\div 60$) мкм для уровней $E_c - 0,23$ эВ и $E_c - 0,39$ эВ и определяется степенью легирования исходного $n\text{-Si}$, при этом концентрация РД центра, обусловленного уровнем $E_c - 0,44$ эВ, практически не зависит от глубины залегания p^+ - слоя.

Для определения влияния рекомбинационных характеристик сформированных РД центров в изготовленных диодных структурах, было изучено изменение времени восстановления обратного сопротивления ($\tau_{\text{восс}}$) от глубины залегания p^+ - слоя. Из измерений значений $\tau_{\text{восс}}$ радиационно обработанных диодных структур выявлено, что основным рекомбинационным центром, приводящим к увеличению быстродействия диффузионных диодов из n - Si являются радиационные дефектные центры с энергетическим спектром E_c - 0,23 эВ и E_c - 0,39 эВ, относящиеся к дивакансиям. Увеличение концентрации дивакансий приводит к резкому понижению значений $\tau_{\text{восс}}$. При этом в области длительности диффузии Al от 0,5÷2 часа наблюдается незначительный рост значений $\tau_{\text{восс}}$ до глубин 30 мкм с дальнейшим понижением $\tau_{\text{восс}}$ более чем на порядок при толщинах p^+ - слоя 60 мкм, что связано с немонотонным изменением концентрации центра E_c - 0,17 эВ.

Таким образом, анализ изменения концентрации РД, времени жизни носителей тока и значений $\tau_{\text{восс}}$ в p^+ - n - p^+ кремниевых структурах в области толщин p^+ - слоя 30 мкм позволило определить, что ответственными за изменения значений $\tau_{\text{восс}}$, в основном, являются рекомбинационные глубокие центры E_c - 0,23 эВ и E_c - 0,39 эВ, сформированные при облучении протонами, а вклад уровня E_c - 0,17 эВ и E_c - 0,44 эВ является неопределяющим.

Рассмотрен механизм зависимости глубины залегания Al от концентрации фосфора в исходном кремнии и возможности управления значением $\tau_{\text{восс}}$. введением РД протонным облучением в зависимости от глубины залегания p^+ - слоя.

BOSE-EINSTEIN CONDENSATION OF TRIPLONS WITH ANISOTROPY OF THE SYSTEM

Khudoyberdiev Asliddin

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan, asliddinkh@gmail.com

The low-temperature properties of certain quantum magnets can be described in terms of a Bose-Einstein condensation (BEC) of magnetic quasiparticles (triplons). Some mean-field approaches to describe these systems, based on the standard grand canonical ensemble, do not consider the anomalous density, leads to an internal inconsistency and may therefore produce unphysical results [1]. Moreover, an explicit breaking of the U(1) symmetry as observed, for example, in TiCuCl_3 makes the application of mean-field approaches more complicated. We developed a self-consistent mean-field approaches, similar to the Hartree-Fock-Bogolyubov [2] approximation in the notion of representative statistical ensembles, including the effect of a weakly broken U(1) symmetry by introducing anisotropy term $-\gamma$. We applied our results on experimental data of the quantum magnet TiCuCl_3 and showed that magnetization curves can be well described within this approximation assuming that the BEC scenario is still valid.

The whole density of triplons ρ and the density of condensed triplons ρ_0 , defines the M_{\parallel} and M_{\perp} magnetizations per Copper (Cu) atom. Namely, $M_{\parallel} \sim \rho$ and $M_{\perp} \sim \sqrt{\rho_0}$.

We obtain the staggered magnetization which is plotted in Fig.1 in comparison with the experimental data taken from [4]. A comparison of the dotted curve with the solid line in Fig. 1 shows that the exchange anisotropy enhances the staggered magnetization. From the graphs, it can be seen that our results match better with experimental data.

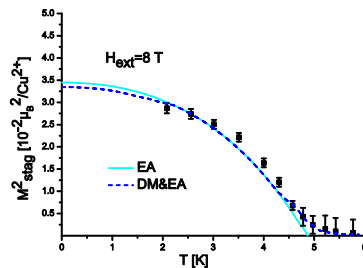


Figure 1 - Square of the transverse magnetization. Only EA anisotropy(solid line), EA and DM anisotropy(dashed line). Input parameters, $\gamma(\text{EA})=0.045$ K, $\gamma(\text{DM})=0.001$ K

We studied the condensation of triplons at lower temperatures, taking into account the two types of anisotropy. Each anisotropy has a specific Hamiltonian, and are called Dzyaloshinsky-Mariya (DM) and Exchange anisotropy (EA) [1, 3]. We compared our experimental results to TiCuCl_3 [2, 3]. Experimental results show that the condensed particles and triplons remain at critical altitudes. The conclusion from our theoretical calculations is that the staggered magnetism remains at critical temperatures.

References:

1. A.Khudoyberdiev, A.Rakhimov va A.Schilling, New J. Phys. 19(2017) 113002.
2. J.Ginibre. Commun. Math.Phys. 1968 8 26.
3. J.Sirker, A.Weisse va Sushkov O. 2004 Europhys. Lett. 68 275.
4. T.Nikuni 2000 Phys. Rev. Lett. 84 5868.
5. Tanaka et al 2001 J. Phys. Soc. Japan 70 939.

3. Atomic Energy

- Nuclear research facilities and power plants
- Controlled thermonuclear fusion
- Safety of nuclear energy and issues of non-proliferation of nuclear materials and technologies

3. Атомная энергетика

- Ядерные исследовательские и энергетические установки
- Управляемый термоядерный синтез
- Безопасность атомной энергетики и проблемы нераспространения ядерных материалов и технологий

DEMONSTRATION TEST FOR RI FABRICATION WITH WWR-K REACTOR COOPERATED BY INP AND CTC

*Ishii T.*¹, Yermakov Y.*², Kanazawa H.*¹, Bekmuratov T.*², Shaimerdenov A.*², Ota A.*¹,
Kenzhin Ye.*², Kawamura H.*¹*

*¹Chiyoda Technol Corporation, Japan

*²Institute of Nuclear Physics, Kazakhstan

A research reactor is an indispensable research facility for technological innovation and science in many fields, and it is well recognized that radioisotope is used in a wide range of research, medical fields such as cancer diagnosis and treatment, agriculture such as breed improvement and industrial.

Chiyoda Technol Corporation, the only company who can produce and sell radioactive materials irradiated in a research reactor called JMTR and JRR3 in Japan Atomic Energy Agency, has been providing many kinds of radioisotopes in Japan since 2000 when Chiyoda Technol Corporation succeed manufacturing technology from Japan Atomic Energy Agency. Chiyoda Technol Corporation mainly product Ir-192 source for Non-Destructive Test, Au-198 grain and Ir-192 pin source for cancer treatment and short-half-life radionuclides in Japan, but all research reactor in Japan have stopped the operation due to the Great East Japan Earthquake since 2011 and then after that have been looking for overseas research reactor.

In 2018 the Institute of Nuclear Physics, Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan and Chiyoda Technol Corporation tried manufacturing test of Au-198 grain and Ir-192 pin source, which is used for treating oral cancer, using WWR-K research reactor according to memorandum of understanding between them. And then Chiyoda Technol Corporation started to import the irradiated targets from Kazakhstan to provide the radioisotopes to Japanese customers in 2019.

SAFETY ANALYSIS FOR THE WWR-K RESEARCH REACTOR CONVERTED TO LEU FUEL

Koltochnik S.N., Shaimerdenov A.A.

RSE the Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan
E-mail: svetlana.koltochnik@gmail.com; skoltochnik@inp.kz

Recently the former WWR-K HEU fuel, enriched to 36% in Uranium-235, was changed to LEU one, enriched to 19.7%, with substantial change of the core configuration.

Reactor conversion implies development of a new Safety Analysis Report (SAR) with substantiation of reactor safe operation under both normal operation and emergency conditions. So, in view of a new SAR, thermal-hydraulic analysis of the core stationary states is carried out. Preliminary, “hot” spots in the core are determined with application of the MCNP5 code. In order to find peak values of the coolant/clad temperatures and the minimum ONBR value with a specified values of the coolant flow rate in the core, pressure differential across the core and maximum permitted value of the coolant inlet temperature (45°C), thermal calculation is carried out with the PLTEMP code. In terms of Thermohydraulic analysis, the most important safety-related parameter of the water-water reactor operation is the water flow rate in the core. Relevant calculations with the code PARET are carried out to substantiate permitted ranges of the coolant flow rate, coolant/clad temperature and reactor power. Limits of the main parameters for assurance of safe operation of the WWR-K reactor operation under normal conditions are determined.

Safety analysis implies also consideration of some potential initiating events capable to develop into an accident. So, several typical initiating events (such as loss of external power supply, failure of primary pump, rupture of primary coolant circuit, etc.) are subject to thermal-hydraulic analysis to substantiate observance of nuclear and radiation safety in emergency situations. Relevant estimates of dynamics in variations of peak values of the coolant/clad temperatures, the core reactivity and the coolant flow rate in the core are performed with the code PARET. It is shown that, owing to operation of safety systems, the initiating events under consideration don’t result into accidents.

All this is a subject of the proposed report.

Keywords: research reactor, LEU fuel, safety analysis report, thermal-hydraulic analysis, steady states, transients, safe operation limits.

References:

1. A. P. Olson and M. Kalimullah // A Users Guide to the PLTEMP/ANL V4.2Code, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA (May 20, 2011).
2. A. P. Olson, B. Dionne, A. Marin-Lafleche and M. Kalimullah A // User Guide to PARET/ANL Version 7.5 r82160803, Nuclear Engineering Division, ANL, 2016.
3. F. Arinkin, P. Chakrov, L. Chekushina, Sh. Gizatulin, S. Koltochnik, A. Shaimerdenov // Analysis of Steady States and Transients for WWR-K reactor with LEU fuel. Proceeding of International Meeting RERTR-2015, Seoul, South Korea, 11-14 October 2015, p.26.
4. Koltochnik S.N. e.a. // Preprint №43 «Thermal-hydraulic analysis of steady states and transients in the WWR-K RR core with LEU fuel». – in Russian, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan. 2016.
5. MCNP — A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-03-1987; April 24, 2003 (Revised 2/1/2008).
6. F. Arinkin, P. Chakrov, L. Chekushina, Sh. Gizatulin, S. Koltochnik, D. Nakipov, A. Shaimerdenov, N. Hanan, P. Garner, J. Roglans-Ribas // Current Status of Conversion at the WWR-K Research Reactor. Proceedings of RERTR-2014, Vienna, Austria, 12-16 October 2014 – p.31-32.
7. A. A. Shaimerdenov, F. M. Arinkin., P. V. Chakrov., L. V. Chekushina., Sh. Kh Gizatulin, S. K. Koltochnik., D.A. Nakipov D.A. // Conversion of WWR-K Research Reactor. Proceeding of 37th International Meeting RERTR-2016. Antwerp, Belgium. – 2016. – P.6.

SPECIFIC FEATURES OF OPERATION OF PULSED REACTOR IBR-2M

Vinogradov A.V., Pepelyshev Yu.N.

FLNP JINR, Dubna, Russia

The major differences in the operation of the pulsed reactor IBR-2M from steady-state reactors are outlined. It is shown how the generation of a periodically repeated power pulse significantly (by a factor of 14) increases the sensitivity of the reactor to reactivity fluctuations. This specific feature of IBR-2M leads to a high level of power noise during its operation. This changes the dynamics of the reactor and reduces the range of vibration stability of the reactor as a self-regulating dynamic system. In general, the reactor control and safety system, as well as the optimization of IBR-2M parameters make it possible to ensure its safe and efficient operation at a power of up to 2 MW at a pulse repetition rate of 5 s^{-1} .

STATUS OF THE ITER PROJECT

Merola M.

ITER Organization, Route de Vinon sur Verdon, CS 90 046, 13067 Saint Paul-lez-Durance Cedex, France

Fusion is the energy source of the Sun and stars. In the stellar bodies, gravitational forces create the necessary conditions for fusion. On Earth, fusion can be achieved through “magnetic confinement” – a technique that involves high temperature plasmas and intense magnetic fields.

The ITER project, established by an international agreement among seven Members (China, the European Union, India, Japan, Korea, the Russian Federation and the United States of America), is a critical step in the development of fusion energy: its role is to confirm the feasibility of exploiting magnetic confinement fusion for the production of energy for peaceful purposes by providing an integrated demonstration of the physics and technology required for a fusion power plant. It is a large-scale scientific experiment and represents the culmination of sixty years of research in plasma physics

carried out on hundreds of fusion machines throughout the world. The experimental campaign that will be carried out at ITER is crucial to advancing fusion science and providing the data necessary for the design and subsequent operation of the first electricity-producing fusion power plant.

ITER is designed to produce a ten-fold return on energy ($Q=10$), or 500 MW of fusion power from 50 MW of input power. It will bridge the gap between today's smaller-scale experimental fusion devices and the demonstration fusion power plants of the future.

The facility is now taking shape at St-Paul-lez-Durance, in the south of France, where construction of the major buildings is advancing rapidly.

Thanks to impressive achievements in fusion technology R&D, the manufacturing of major ITER components, such as superconducting magnet systems, vacuum vessel and cryostat, is in full swing. Considerable progress has also been achieved in building construction work. Substantial advancement is also reported in areas such as plasma facing components, power supply, thermal shield, tokamak cooling water system, heating & current drive systems, and tritium breeding blanket.

After an introduction to the ITER project, this paper reviews the progress made in developing the advanced technologies required for ITER and in the manufacturing activities for major tokamak components, and presents the status of construction of the ITER facility.

The views and opinions expressed herein do not necessarily reflect those of the ITER Organization.

STUDY OF THE AXIAL NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN THE IRRADIATION DEVICE WITH A CADMIUM-SCREEN

*Ota A.***, *Aitkulov M.**, *Dyussambayev D.**, *Gizatulin Sh.**, *Kenzhin Ye.**, *Kanazawa H.***,
*Romanova N.**, *Shaimerdenov A.**, *Kawamura H.***

*Institute of Nuclear Physics, Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan,
1 Ibragimov st., 050032, Almaty, Kazakhstan

**Chiyoda Technol Corporation, 1-7-12, Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8681, Japan

Non-uniform distribution (both vertical and radial) of the neutron field in the reactor core as well as in irradiation holes of the research reactors is one of the most important problems to solve in the process of neutron-transmutation doping of semiconductors. Since 2017, using the critical facility, the Institute of Nuclear Physics (Republic of Kazakhstan), in cooperation with Chiyoda Technol Corporation (Japan), has been developing an irradiation device with the maximally to align significantly the axial distribution of the thermal neutron flux density. Today, the resulting device allows to reduce vertical non-uniformity from 18% to 4%.

The present work shows the methods to measure axial distribution of the neutron flux density, and the results of the experiments conducted on the critical facility. Cadmium was used for thermal neutron absorption. The irradiation device has a cadmium-screen formed of cadmium rings 0,5 mm wide and from 3 mm to 5 mm high.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРОЗИЯ ГРАФИТА В ТЯЖЕЛОЙ ВОДЕ

Чихрай Е.¹, Аскербеков С.¹, Гордиенко², Бочков В.²

¹НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Институт атомной энергии НЯЦ РК, г. Курчатова, Казахстан

Исследование процессов высокотемпературной коррозии графитов важно с точки зрения обоснования безопасной работы ядерных реакторов, имеющих графитовые блоки в конструкции: здесь важно не только оценить степень повреждения графитовых элементов реактора, но также иметь оценки количества водорода образованного в процессе такой коррозии.

Как известно, процессы высокотемпературной коррозии графита протекают в несколько стадий таких как: адсорбция и диссоциация молекул на поверхности; образование химических связей атомов с атомами образца; десорбция образованных атомных групп и молекул; миграция и агрегации созданных молекул внутри образца; выход молекул атомов из толщины на поверхность и т.д. Для лучшего понимания механизмов коррозии графита в парах воды, выявления лимитирующих стадий в процессе коррозии, интересны эксперименты с водой различного изотопного состава. Такие эксперименты позволяют ответить на ряд вопросов, например, таких как определение механизма поверхностной химической реакции воды с углеродом.

В настоящей работе представлены результаты экспериментов по исследованию высокотемпературной коррозии мелкозернистого графита (предлагаемого к использованию в реакторе ВТГР) в парах воды различного изотопного состава. Исследования проводились по комплексной методике, которая включает в себя ТГА и ДСК методы с масс-спектрометрической регистрацией газового состава в камере с образцом.

Эксперименты проводились по следующей схеме : образец графита в среде гелия и паров воды различного изотопного состава линейно нагревался со скоростью нагрева 50°C/с от комнатной температуры до температуры 1300°C, после чего выдерживался в течение 5 минут и охлаждался. Было проведено несколько циклов нагревов. В процессе эксперимента регистрировались изменения массы образца, состава газовой среды над образцом и ДСК параметры

Полученные зависимости выделения молекул изотопов водорода в процессе экспериментов оказались различными, что свидетельствуют о существовании изотопного эффекта, который выражается в различных константах скоростей образования этих молекул на поверхности графита.

Исследования проводились в рамках гранта AP05132169 МОН РК.

ДЕКОМИССИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИИН-3М АО «ФОТОН», УЗБЕКИСТАН

Байтелесов С.А., Кунгуров Ф.Р., Максумов Н.Р., Юлдашев Б.С.

Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан

В стендовом докладе представлена информация о работах, проведенных в рамках декомиссии радиационно-технологического комплекса (РТК) АО «Фотон» в период с 2015 по 2019 год.

Работы по декомиссии РТК АО «Фотон» были начаты после вывоза облученного жидкого высокообогащенного ядерного топлива реактора ИИН-3М и захоронения радиоактивных источников из двух гамма установок. Декомиссия выполнялась консорциумом в составе ИЯФ АН РУ (Узбекистан) – ООО НПФ «Сосны» (Россия).

Все работы по декомиссии были выполнены с соблюдением мер радиоактивной и технической безопасности. Все образовавшиеся в процессе работ твердые радиоактивные отходы были захоронены в построенном специально для этих целей хранилище в Республиканском пункте захоронения радиоактивным отходах (ГУП РПЗРО). Все жидкие радиоактивные отходы были отправлены на переработку в ИЯФ АН РУ.

После завершения работ результаты комплексного инженерно-радиологического обследования показали, что мощность дозы радиации на площадке не превышает максимально допустимых значений (0,3 мкЗв/ч).

Все имеющиеся на площадке РТК здания и строения – здание реактора ИИН-3М, здание гамма установок и изотопохранилище – были снесены и площадка приведена в состояние «зеленая лужайка».

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛУЧЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕАКТОРА ВТГР

¹⁾ Дюсамбаев Д.С., ¹⁾ Гизатулин Ш.Х., ¹⁾ Шаймерденов А.А., ¹⁾ Сильнягин П.П., ¹⁾ Аханов А.М.,
¹⁾ Буртебаев Н.Т., ²⁾ Уета Ш., ²⁾ Шибата Т.

¹⁾ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²⁾ Japan Atomic Energy Agency, Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki, Japan

Совместные работы Института ядерной физики Республики Казахстан и Агентства по атомной энергии Японии по изучению характеристик облученного топлива высокотемпературного газоохлаждаемого реактора (ВТГР) проводятся уже более трех лет. Исследуемые микротвэлы были разработаны Агентством по атомной энергии Японии. Микротвэлы представляют собой сферическое трехструктурное изотропное топливо с внешним диаметром 0,92 мм. В центре микротвэла расположена топливная композиция из диоксида урана, заключенная в тройную оболочку из пироуглерода и карбида кремния. Обогащение урана-235 составляет 9,9%. Микротвэлы были облучены до выгорания урана на уровне 90 ГВт*сут/т или ~ 9% FIMA. Облучение проведено при рабочих режимах реактора ВТГР.

Проведены послереакторные исследования облученных топливных элементов реактора ВТГР. Для этого в «горячих» камерах реактора ВВР-К была адаптирована технология электрохимического разделения микротвэлов от графитового компакта. Проведено выщелачивание урана из микротвэлов с поврежденными оболочками. Рентгенографические исследования и радионуклидный анализ показали долю поврежденных микротвэлов.

В настоящей работе приведены результаты вышеописанных исследований.

Ключевые слова: *выгорание, топливный элемент, ВТГР, ВВР-К.*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ СМЕСИ КОМПОНЕНТОВ МАТЕРИАЛОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

Гречаник А.Д., Кукушкин И.М., Барбатенков Р.К.

Институт Атомной Энергии, г. Курчатов, Казахстан

При проектировании ядерных энергетических установок и систем обеспечения их безопасности уже вошло в практику применение подхода, при котором рассматривается возможность развития тяжелой аварии. Для проектируемых и действующих ЯЭУ производится прогнозирование вариантов развития аварий и расчетное обоснование сценариев их локализации с применением расчетных кодов.

Сплав топливных и конструкционных материалов, образующийся в процессе тяжелой аварии на ядерном реакторе (кориум), не обладает однозначностью физических свойств, поскольку они зависят от конкретного сценария протекания аварии, исходных событий, конструкции реакторной установки и т.д. Потребность в знании тех или иных свойств такого материала возникает как на этапе обоснования безопасности реакторных установок, так и на этапе разработки мер снижения последствий тяжелой аварии или ее ликвидации. Одним из наиболее важных свойств кориума является температура его плавления, а точнее температура его начала и окончания.

Разработанная методика устанавливает основные принципы и подходы к проведению экспериментов, в процессе которых будет производиться определение температуры плавления смеси компонентов материалов активной зоны.

Получение расплава смеси компонентов материалов активной зоны и определение температуры плавления данного расплава производится на стенде индукционного нагрева ВЧГ-135 [1]. Стенд создан на базе высокочастотного электролампового генератора ВЧГ1-60/0,066. Стенд предназначен для выполнения высокотемпературного нагрева (до ~ 3000 °С) образцов небольших размеров.

Экспериментальная сборка представляет собой графитовый тигель с двумя плавильными объемами. Данная конструкция тигля позволяет одновременно в одинаковых условиях производить нагрев и плавление двух, отличающихся по составу композиций. Также данная конструкция тигля позволяет реализовывать метод дифференциального термического анализа. Для этого в один плавильный объем загружается эталон – вещество,

которое не должно претерпевать фазовых превращений в интересующем температурном интервале, в другой – исследуемое вещество.

В качестве плавильных объемов используются вольфрамовые тигли. Для исключения прямого контакта графита с вольфрамом используется танталовая вставка. Экспериментальная сборка размещается в центре индуктора рабочей камеры. Верхняя и боковая поверхности тигельной сборки теплоизолируются графитовым войлоком.

В качестве основных средств измерения температуры в экспериментах используются термопары ВР-5/20. Для безконтактного измерения температуры применяется пирометры спектрального отношения. В теле графитового тигля имеется модель абсолютно черного тела – цилиндрическая полость, позволяющая измерять температуру тигля в процессе эксперимента при помощи пирометра.

Перед проведением исследовательских экспериментов проводятся калибровочные эксперименты. Калибровка заключается в построении зависимости показаний пирометров от действительной температуры в стационарных условиях. Для проведения калибровки в экспериментах применяются материалы с известной температурой плавления (Al_2O_3 , Y_2O_3 , ZrO_2).

В полученные в результате исследовательских экспериментов данные вносятся поправки на основании результатов проведенных ранее калибровочных экспериментов. В программе Excel строятся диаграммы изменения температур экспериментальной сборки в процессе эксперимента. Температуры солидус и ликвидус определяются по плато или перегибам, которые образуются на временных зависимостях показаний средств измерения температуры. Путем вычитания показаний термопары, либо пирометра, фиксирующих температуру содержимого тигля из показаний пирометра, фиксирующего температуру отверстия в тигле – модель абсолютно черного тела, можно получить кривую дифференциального термического анализа. Расположение пиков данной кривой будет соответствовать температурам фазовых переходов. Полученные результаты сопоставляются с опубликованными ранее данными по фазовым диаграммам либо температурам ликвидус/солидус соответствующих систем.

Литература:

1. K. Plevacova, et al., Zirconium carbide coating for corium experiments related to water-cooled and sodium-cooled reactors, J. Nucl. Mater., 414(1), 23-31, 2011.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Умархалинова А.Ж., Тулегенов М.Ш., Нуртазина Э.Р., Бейсебаев А.О.

РГП «Институт ядерной физики» Министерства Энергетики Республики Казахстан,
ул. Ибрагимова 1, 050032, Алматы, aumarkhalinova@inp.kz

С наступлением ядерного века государства выражали обеспокоенность по поводу того, как управлять запасами ядерного материала в связи с их стратегической и финансовой ценностью и рисками для безопасности как для работников, так и для населения, а также для предотвращения и обнаружения любых несанкционированных действий. Необходимость в систематическом подходе к учету и контролю доступа к ядерным материалам (УКЯМ) заставила государства сформировать основы системы учета и контроля ядерных материалов.

Россия, Украина, Беларусь и Казахстан являются бывшими советскими республиками, которые обладали ядерным оружием после распада Советского Союза. Они «отреклись от ядерного наследия, навязанного расколом бывшего Советского Союза». В мае 1992 года Беларусь, Казахстан и Украина согласились демонтировать свое ядерное оружие и вернуть его России.

Казахстан избавился от большей части своего ядерного оружия, отправив его в Россию, где оно было уничтожено. В декабре 1993 года Казахстан ратифицировал Договор о нераспространении ядерного оружия. В феврале 1994 года он вступил в Международное агентство по атомной энергии. В июле 1999 года был подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. В июле 2000 года последнее испытательное оборудование в Семипалатинске было уничтожено. В рамках Программы совместного уменьшения угрозы Нанна-Лугана Соединенные Штаты помогли Казахстану удалить 1322 фунта ВОУ из Ульбинского металлургического завода в Усть-Каменогорске.

Казахстан является участником Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) и Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ). Страна подписала Дополнительный протокол с

Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в феврале 2004 года и является членом Группы ядерных поставщиков. Министры иностранных дел пяти центрально-азиатских государств - Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана - подписали договор о создании зоны, свободной от ядерного оружия, в Центральной Азии (CANWFZ) 8 сентября 2006 года. 19 февраля 2007 года президент Казахстана Назарбаев подписал закон об утверждении Дополнительного протокола страны к соглашению о ядерных гарантиях с МАГАТЭ.

В настоящее время нормативно-правовая база Республики Казахстан в области учета и контроля сформирована в соответствии с международными требованиями и обеспечивает полный всесторонний учет и контроль ядерных материалов. В соответствии с Соглашением о гарантиях вся ядерная деятельность в Казахстане регулируется гарантиями МАГАТЭ. Инспекции МАГАТЭ регулярно проводятся на ядерных объектах Казахстана, целью которых является проверка и подтверждение количества ядерных материалов и ядерной деятельности, официально зарегистрированных страной. С 21-23 мая 2019 года на КИР ВВР-К была проведена очередная инспекция МАГАТЭ.

О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «IBUS»

Хасанов М., Абишев М.Е.

Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Программный комплекс «IBUS» - (Isotopes Burn Up Software) был разработан с целью исследования концентрации продуктов реакции протекающих под действием нейтронов в единичном объеме и в заданном интервале времени. Для вычислительных работ программный комплекс «IBUS» решает уравнения Бэйтмана для n - изотопов посредством построения так называемой матрицы сжигания (Burn up matrix). Данные для изотопов и реакции протекающих под действием нейтронов (сечении) берутся из базы данных ENDF/B VII.1. программный комплекс «IBUS» реализован на языке программирования C#. Ниже на рисунке 1 показан интерфейс программы «IBUS».

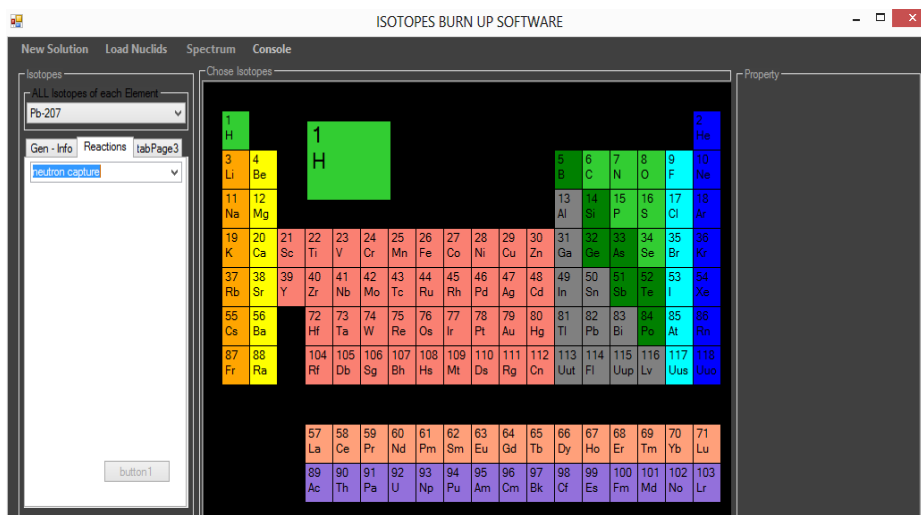


Рисунок 1 – Интерфейс программного комплекса "IBUS"

Литература:

1. М. Абишев, М. Хасанов, Н. Кенжебаев. О циклической реакции с участием тепловых нейтронов. // Вестник НАН РК. – 2013. – № 6. – С. 12.
2. H. Bateman. Solution of a System of Differential Equations Occurring in the Theory of Radio-active Transformations. // Proc. Cambridge Phil. Soc. IS. – 1910. – №423. – С.12-19.
3. Otto Schwerer. EXFOR Formats Description for Users. – IAEA Nuclear Data Section, 2014. P 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ИЗОТОПОВ В ПРОДУКТАХ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Байтелесов С.А., Кудиратов С.Н., Кунгуров Ф.Р.

Институт ядерной физики АН РУ, г. Ташкент, Узбекистан, E-mail: baytel@inp.uz

Тепловыделяющая сборка (ТВС) типа ИРТ-4М была выгружена из активной зоны исследовательского реактора ВВР-СМ каждый раз при различных выгораниях. Активности изотопов в продуктах деления, выходящих из топливныхборок, были измерены нуклидов и сравнены с максимально допустимыми значениями.

Активность проб воды измеряли после отбора через 1 час (для спада активностей короткоживущих радионуклидов ^{16}O , ^{28}Al , ^{17}N и др.), 1 сутки и 7-10 суток. Из измеренного спектра определяли удельную активность в теплоносителе следующих радионуклидов: ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{99}Mo , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{133}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce , из которых отбирали радионуклиды наиболее характерные для деления ^{235}U для определения относительной герметичности ядерного топлива активной зоны.

В результате измерения определено что активность всех нуклидов в продуктах деления в ТВСах ниже максимально допустимого предела.

Обнаружено что активность нуклидов в продуктах деления ТВСах увеличивается с возрастанием выгорания.

Сделано вывод, что ядерное топливо типа ИРТ-4М может быть использовано в активной зоне до значений более, чем 50% выгорания без вреда для эксплуатации и радиационной обстановки реактора.

Литература:

1. Павленко В.И., Маркушев В.М., Тимашев В.В., «Метод расчета выхода продуктов деления из разгерметизированных твэлов с топливом UO_2 », Препринт ИАЭ № 5137/11, Москва, 1990 год.
2. А.А. Досимбаев, С.А. Байтелесов, Ю.Н. Коблик и У.С. Салимбаев, «Активности воды и воздуха во время работы реактора ВВР-СМ с топливом обогащенным по ^{235}U до 36%», Вестник Русской академии наук: Физика, 2009, том 73, № 2, с.270-273.
3. IAEA-TECDOC-643, Volume 2, Analysis (Appendices A-F); W.L.Woodruff, D.K.Warinner, J.E.Matos. Radiological Consequence Analysis.
4. Технический прогресс в атомной промышленности: серия твэлостроения - Москва, 1987. - 4 (20).

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЦИОННОГО РАЗОГРЕВА ГРАФИТА В
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛАХ РЕАКТОРА ИРТ-Т**

Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г., Варлачев В.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Эксперименты, связанные с облучением образцов в экспериментальных каналах исследовательских ядерных реакторов – одна из основных составляющих всех исследований, которое возможно осуществить на базе исследовательских реакторов. Однако, при проведении того или иного эксперимента необходимо принимать во внимание тот факт, что в зависимости от типа канала и близости размещения образца по отношению к активной зоне будет происходить его нагрев. Для «мокрых» экспериментальных каналов величиной радиационного разогрева можно пренебречь ввиду высокой теплоемкости воды, но для «сухих» экспериментальных каналов, регистрация величины энерговыделения – достижимая цель. Исходя из того, что основные источники энерговыделения при облучении в экспериментальном канале – нейтроны и гамма-кванты. Но при этом, вклад от нейтронов в суммарное тепловыделение составляет не более 3% и по большей части не зависит от материала, то для оценки температурных полей можно рассматривать энерговыделение только за счет гамма-квантов. Рассматривая особенности взаимодействия гамма-квантов с веществом, можно заключить что наибольшая потеря энергии гамма-кванта будет наблюдаться на материалах с высокой атомной массой, ввиду высокого

коэффициента ослабления гамма-излучения, который зависит от плотности, что свидетельствует о наибольшей величине радиационного разогрева на этих материалах.

Учитывая вышесказанное, при проведении исследований в «сухих» экспериментальных каналах вблизи активной зоны нужно заведомо знать величину энерговыделения, приходящуюся на образец в процессе облучения для оценки температурного поля в канале и максимальной температуры образца для соответствующих выводов относительно необходимости размещения и использования специального охлаждения. В связи с развитием технологий, для оценки температур в процессе облучения наиболее оптимальным является моделирование данного процесса с использованием программного обеспечения, позволяющего производить нейтронно-физический и теплофизический расчеты.

Для исследования возможности использования программного обеспечения в целях оценки радиационного энерговыделения в процессе облучения использовалась программа MCU-PTR, позволяющая осуществлять нейтронно-физический расчет по методу Монте-Карло. Учитывая, что геометрические особенности трехмерной модели вносят существенный вклад в пространственно-энергетическое распределение нейтронов, была разработана модель активной зоны и экспериментальных каналов реактора ИРТ-Т на основе аттестованной модели в MCU-PTR. Верификация модуля для расчета радиационного энерговыделения проводилась путем сравнения расчетных и экспериментальных данных. В качестве экспериментальных данных использовались данные полученные в эксперименте по исследованию радиационного разогрева цилиндрического образца графита на расстоянии 25 см от активной зоны в экспериментальном канале ГЭК-6 реактора ИРТ-Т. Облучения производилось на номинальной мощности реактора 6 МВт. Регистрация изменения температур графитового образца осуществлялась путем использования двух хромель-алюмелевых термопар, размещенных в центре и на поверхности графита, которые были подключены к измерительному прибору ТРМ200-Щ2.

В работе представлены результаты по определению экспериментального значения величины тепловыделения графита, полученное путем решения уравнения теплопроводности для случая с внутренним источником тепла и значения энерговыделения, полученные путем расчета в программе MCU-PTR. Для исследования и анализа температурного поля воздуха и образца в канале осуществлялось моделирование основных объектов канала и условий проведения эксперимента в программе Solidworks, включающей в себя модули для решения теплофизических задач.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОПРИМЕСЕЙ В ОБРАЗЦАХ БЕТОННЫХ БЛОКОВ ИТЭР МЕТОДОМ ГАММА СПЕКТРОМЕТРИИ

Попов Ю.А., Прозорова И.В., Прозоров А.А., Медетбеков Б.С.

Институт атомной энергии НЯЦ РК, г. Курчатова, Казахстан. E-mail: Prozorova@nnc.kz

Объект ИТЭР находится на стадии строительства на юге Франции. ИТЭР является ядерной установкой. Основным материалом зданий ядерной установки ИТЭР представляет собой бетон определенных марок. Правильная оценка активации бетона является одним из ключевых моментов для точного определения диаграмм мощности дозы излучения после останова и вывода реактора из эксплуатации.

Целью всего проекта являлось определение микропримесей в химическом составе образцов бетона реактора ИТЭР после нейтронного облучения методом гамма спектрометрии.

В ходе исследований определение подробного химического состава бетона основывалось на использовании стандартных методов рентгеновской дифрактометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Данные методы позволяют измерить основные элементы и примеси. Однако для определения некоторых важных микропримесей необходимых для нейтронно-физического анализа применения стандартных методов не достаточно для проведения точных измерений. Это создает неопределенности в оценке активации бетона.

Предложенный метод определения химического состава бетона заключается в проведении гамма-спектрометрического анализа данных, полученных после нейтронного облучения образцов бетона. Данный метод дает возможность определить химический состав и некоторые микропримеси или примесные элементы с упором на те изотопы, которые могут влиять на формирование дозы после останова реактора, с большей точностью по сравнению со стандартными методами.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫГОРАНИЯ БОРА-10 В СТЕРЖНЯХ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОСТИ РЕАКТОРА ВВР-К НА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

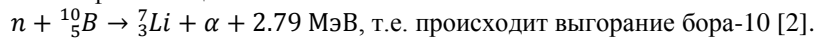
Сайранбаев Д.С.¹, Колточник С.Н.¹, Шаймерденов А.А.¹, Кенжин Е.А.¹, Tsuchiya K.²

¹РГП «Институт Ядерной Физики» МЭ РК, ул. Ибрагимова 1, 050032, Алматы, Казахстан

²Japan Atomic Energy Agency, 4002 Narita-cho, Oarai-machi, Higashi-ibaraki-gun, Ibaraki-ken, 311-1393, Japan

В ядерном реакторе за управление цепной ядерной реакцией деления отвечают рабочие органы системы управления и защиты реактора (РО СУЗ). РО СУЗ состоит из следующих основных элементов: поглощающий стержень, канал и электрический привод. Поглотителем нейтронов выбирают материалы с большим сечением захвата нейтронов. К РО СУЗ предъявляются повышенные требования правил ядерной безопасности, так как их работа напрямую влияет на безопасную эксплуатацию реактора. Например, ограничиваются скорость перемещения и эффективность шага стержня, вводится пошаговое перемещение стержня, необходимо чтобы подкритичность активной зоны была не менее 1% $\Delta k/k$ и т.д.

В настоящее время в активной зоне исследовательского реактора ВВР-К установлены десять РО СУЗ. В качестве материала поглотителя в РО СУЗ используется карбид бора с естественным изотопным составом [1]. В начале работы реактора стержни компенсации реактивности погружаются в активную зону для компенсации избыточной реактивности. Далее в процессе «отравления» активной зоны и выгорания ядерного топлива стержни постепенно извлекаются. К концу рабочей кампании реактора, стержни достигают крайнего верхнего положения. Как известно, бор-10 имеет большое сечение поглощения тепловых нейтронов и в результате чего образуются литий-7 и альфа-частица:



В настоящей работе проведена оценка выгорания бора-10 в стержнях компенсации реактивности реактора ВВР-К за периоды работы 1, 3 и 10 лет, а также изучено влияние выгорания бора-10 на эффективность этих стержней. Расчеты проведены с применением компьютерного кода MCNP6.1 [3], [4] в котором используется библиотека ядерных данных ENDF/B-VIII [5]. В расчетной модели стержни компенсации реактивности были условно разбиты на участки по 50 мм. Выгорание бора-10 определялось для каждого участка в отдельности с целью учета высотной неравномерности плотности потока нейтронов.

Полученные оценки показали, что, имеется высотный градиент выгорания бора-10, но выгорание бора-10 не значительно и поэтому не оказывает влияния на эффективность стержней компенсации реактивности реактора.

Литература:

- 1 Аринкин Ф.М., Шаймерденов А.А., Гизатулин Ш.Х., Дюсамбаев Д.С., Колточник С.Н., Чакров П.В., Чекушина Л.В. Конверсия активной зоны исследовательского реактора ВВР-К. – Атомная энергия, 2017, т.123, №1 – с.15-20.
- 2 Рисованый В.Д., Захаров А.В., Ключков Е.П., Гусева Т.М. Бор в ядерной технике, Димитровград, ГНЦ НИИАР, 2011, 668 с.
- 3 MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. - Los Alamos National Laboratory, LA-UR-03-1987, 2008.
- 4 MCNP6 User's Manual - Los Alamos National Laboratory, LA-CP-13-00634, 2013.
- 5 D.A.Brown, M.B.Chadwick, R.Capote, A.C.Kahler, A.Trkov, M.W.Herman, A.A.Sonzogni, Y.Danon, A.D.Carlson, M.Dunn, D.L.Smith, G.M.Hale, G.Arbanas, R.Arcilla, C.R.Bates, B.Beck, B.Becker, F.Brown, R.J.Casperson, J.Conlin, D.E.Cullen, M.A.Descalle, R.Firestone, T.Gaines, K.H.Guber, A.I.Hawari, J.Holmes, T.D.Johnson, T.Kawano, B.C.Kiedrowski, A.J.Koning, S.Kopecky, L.Leal, J.P.Lestone, C.Lubitz, J.I.Márquez Damián, C.M.Matton, E.A.McCutchan, S.Mughabghab, P.Navratil, D.Neudecker, G.P.A.Nobre, G.Noguere, M.Paris, M.T.Pigni, A.J.Plompen, B.Pritychenko, V.G.Pronyaev, D.Roubtsov, D.Rochman, P.Romanog, P.Schillebeeckx, S.Simakov, M.Sinzl.Sirakova, B.Sleaford, V.Sobes, E.S.Soukhovitskii, Stetcu, P.TaloubI.Thompson, S.van der Marcka, L.Welser-Sherrill, D.Wiarda, M.White, J.L.Wormald, R.Q.Wright, M.Zerkle, G.Žerovnik, Y.Zhum ENDF/B-VIII.0: The 8th Major Release of the Nuclear Reaction Data Library with CIELO-project Cross Sections, New Standards and Thermal Scattering Data // Nuclear Data Sheets, Volume 148, February 2018, Pages 1-142.

ОЦЕНКА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЫХОДЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КАНАЛА РЕАКТОРА ВВР-К

Бауыржан А.Б.,¹ Шаймерденов А.А.², Буртебаев Н.Т.²

¹ТОО «Семизбай-У», Астана, Казахстан,

²РГП ИЯФ МЭ РК, Алматы, Казахстан

Исследовательский реактор ВВР-К является единственным многоцелевым стационарным реактором в Республике Казахстан. Максимальная плотность потока тепловых нейтронов реактора составляет 2.0×10^{14} н/(см²с). Тепловая мощность реактора - 6 МВт. В первой половине 2016 года проведены успешные физический и энергетический пуски реактора ВВР-К с топливом пониженного обогащения 19,7% по U-235. В результате конверсии плотность потока тепловых нейтронов в центре активной зоны возросла в два раза. Основные современные направления применения реактора ВВР-К: испытания топлива и конструкционных материалов реакторов IV-го поколения; испытания материалов термоядерного реактора; производство радиоизотопов для медицины и промышленности; нейтронно-активационный анализ. Экспериментальные возможности реактора позволяют проводить на нем исследования с выведенными пучками нейтронов. Для этого имеются девять радиальных и один касательный горизонтальные каналы. На реакторе проводятся работы по расширению спектра прикладных исследований с использованием горизонтальных каналов.

На первом этапе исследовательской работы проведена оценка нейтронно-физических параметров на выходе из горизонтального канала №1. Для этого использовался компьютерный код MCNP, в котором для моделирования траектории движения частиц используется метод Монте-Карло. В программе MCNP разработана расчетная модель, включающая в себя описание геометрии и материального состава активной зоны с биологической защитой и нейтронно-проводом. При описании активной зоны была выбрана однородная модель, которая позволила уменьшить погрешность расчетов и ускорить расчетное время. Статистическая погрешность метода Монте-Карло пропорциональна $1/\sqrt{N}$, где N – количество историй. Результаты расчетов, полученных с однородной моделью, были верифицированы с результатами, полученными с гетерогенной моделью активной зоны и экспериментальными данными.

В дальнейшем, основываясь на результатах, полученных с помощью программы MCNP, будут проведены экспериментальные исследования на горизонтальном канале №1 по возможности организации коллимационной системы с заданными параметрами. Нейтронно-физические характеристики на выходе горизонтального канала будут измерены с помощью нейтронно-активационного и полупроводникового детекторов. Для эксперимента будет разработана коллимационная и экранирующая система, которая предназначена для изменения диаметра пучка нейтронов и уменьшения доли быстрых нейтронов и фотонного излучения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НТЛ КРЕМНИЯ ДИАМЕТРОМ 8 ДЮЙМОВ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Лебедев И.И., Аникин М.Н., Смольников Н.В., Варлачев В.А., Наймушин А.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

На реакторе ИРТ-Т Томского политехнического университета проводятся исследования в области облучения слитков монокристаллических полупроводниковых материалов с 1987 года. Один из касательных каналов (ГЭК-4) с 1989 года используется для облучения слитков кремния диаметром до 5 дюймов (~127 мм) и длиной до 750 мм. Плотность потока тепловых нейтронов в этом канале достигает $1.95 \cdot 10^{13}$ н/см²с. В настоящей работе представлены результаты исследований возможности создания дополнительного облучательного канала, для нейтронно-трансмутационного легирования кремния диаметром до 8 дюймов.

Бассейновый реактор ИРТ-Т, был пущен в 1967 году. После крупной модернизации 1984 года, его мощность была увеличена до 6 МВт. Активная зона реактора представляет собой прямоугольную призму, набранную из 20 тепловыделяющих сборок типа ИРТ-3М (12 восьмитрубных и 8 шеститрубных), окруженных блоками бериллиевого отражателя. Справа от зоны установлена большая призма из бериллия. В качестве замедлителя, теплоносителя и верхней биологической защиты используется легкая вода. Боковая биологическая защита представляет собой бак из слоя стали, алюминия и тяжелого бетона.

В настоящее время существует запрос от производителей электроники на легированные пластины монокристаллического кремния большого (>200 мм) диаметра. Согласно отчету МАГАТЭ, некоторые мировые установки (OPAL, FRM-II, BR2) освоили технологии облучения и послереакторной обработки подобных слитков. На других, в том числе, ИРТ-Т, ведутся работы по модернизации экспериментальных устройств.

После масштабной модернизации установок, проведенной в 2014-2015 годах и продления ресурса установки до 2035 года, были проведены исследования рынка полупроводниковых материалов и поставлена задача освоить технологию легирования слитков кремния диаметром до 203 мм и длиной 500 мм. Поскольку существующие каналы имеют максимальный диаметр 150 мм, было принято решение о создании дополнительного вертикального экспериментального канала в пустующем пространстве бака реактора.

Рассматривалось три варианта отражателя для формирования спектра нейтронного потока, оптимального для легирования кремния: металлический бериллий, тяжелая вода и графит. С точки зрения технологичности установки наиболее приемлемым вариантом было использование графита.

В отличие от существующей установки, функционирующей на канале ГЭК-4, продольное движение в вертикальном канале организовать невозможно, поэтому необходимо разработать фильтр для выравнивания нейтронного поля в аксиальном направлении. В расчетах была принята конструкция фильтра, созданная напылением соединений бора на трубу алюминиевого канала внутри графитовой призмы. Форма поглощающего фильтра была выбрана в виде коаксиального полуцилиндра, разбитого на шесть отрезков по высоте, расположенного на месте алюминиевой трубы экспериментального канала. Профилирование концентрации поглотителя в фильтре производилось с учетом формы и абсолютного значения текущей плотности потока тепловых нейтронов, что позволило обеспечить максимальное выравнивание плотности потока нейтронов в рассматриваемом интервале высот.

В работе были рассмотрены два способа повышения производительности установки: перекомпенсация стержней управления и защиты и изменение топливной загрузки активной зоны. Применение двух методов одновременно позволит увеличить производительность установки на 17-25 %.

В результате выполнения работ была разработана принципиальная конструкция дополнительного канала для облучения кремния диаметром до 8 дюймов. Показана принципиальная возможность повышения среднего нейтронного потока в экспериментальном канале за счет изменения регламента движения стержней и оптимизации конфигурации активной зоны. Так, в рассматриваемой в расчетах кампании, среднее повышение плотности потока в кремнии составило 20 %.

РАЗРЕШЕНИЕ КОЛЛИЗИЙ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

Зима Г.В.

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина

Кризис международных договоренностей о нераспространении вооружений [1], наметившийся в последние годы, в этом году стал вполне осязаем. Крупнейшие члены так называемого «ядерного клуба» - США и Россия, невзирая на соглашения и договоренности, с таким трудом достигнутые их предшественниками, казавшиеся незыблемыми, объявляют о намерениях выйти из договора РМС [2]. Мир оказался на пороге новой гонки вооружений.

Окончание холодной войны, создание и динамичное развитие режимов нераспространения, по каждому отдельно взятому виду ОМУ, способствовало появлению иллюзии неизбежности постепенного снижения количества оружия массового уничтожения (ОМУ) и средств его доставки. Казалось, что основные усилия в сфере нераспространения должны быть направлены на борьбу с террористическими группировками и контролируемые ими террористическими государствами – прерогативой процессов нераспространения должен стать терроризм, в частности «ядерный» [3]. В таком свете «экспортный контроль» официальных трансферов представлялся хорошо понятным всем участникам техническим функционалом нераспространения. Охватившая мир глобализация [4] коснулась и международной напряженности – существовавшие векторы противостояния стохастично диссипируют, вызывая очаги нестабильности, несущие потенциальную угрозу нераспространению в самых неожиданных местах.

В свете вышесказанного проблемы экспортного контроля (ЭК) становятся чрезвычайно актуальными для всех, без исключения, государств.

Научное партнерство, в частности, в сфере атомной безопасности, является одной из наиболее уязвимых мишеней непрофессионализма при проведении процедур экспортного контроля. И очень важным является

удержать баланс, не скатиться в тотальный запрет, либо халатность в контроле за международными передачами. С одной стороны, простота передачи информации увеличивает риски несанкционированного трансфера технологий двойного использования. С другой – без научного обмена нет прогресса. Сложности в понимании научных задач, ведут к формализованному подходу к оперированию нормами ЭК. Случается, что под действие нормативов ЭК попадает информация, абсолютно не критичная для разработки, изготовления или использования товаров двойного использования. Решением данной коллизии видится тесное взаимодействие структур ЭК с ведущими научными учреждениями и активное вовлечение учёных в проблематику ЭК. Это будет обоюдое полезное сотрудничество, поскольку учёные смогут лучше ориентироваться в «чувствительности» своих исследований, а органы ЭК смогут эффективнее соблюдать принципы нераспространения и при этом не препятствовать научному прогрессу.

Большинство национальных систем ЭК четко и отлажено функционируют. Несмотря на это возникают сложности во взаимодействии и взаимопонимании таких систем между собой. Несмотря на унифицированную систему экспортного контроля и единое ядро, которым являются режимы нераспространения, возникают ситуации, когда регуляторы из разных стран, не воспринимают гарантийные документы представленные их коллегами. Коллизия данной ситуации в том, что субъекты международной передачи из разных стран и их регуляторы, ответственные за соблюдение страной требований режимов нераспространения, полностью соблюдают нормы и процедуры ЭК, но не могут удовлетворить требования регулятора страны-партнёра, направленные на соблюдение тех же требований того же режима. Возникает превалирование формы над содержанием. На устранение такой проблемы затрачиваются человеческие, временные и материальные ресурсы, которые можно было бы пустить на выявление и борьбу с незаконными передачами товаров двойного использования и военных товаров. Следовательно, устранение описанной коллизии, позволит эффективнее решать задачи нераспространения.

Литература:

1. Зима Г.В. Актуальные проблемы ядерного нераспространения Тез. докл. VII- й межд-ой науч.-практ. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития», 21-23 сентября 2016, г. Курчатов, Казахстан
2. США выходят из договора о ракетах с Россией: названы конкретные даты <https://fakty.ua/292990-sshavyhodyat-iz-dogovora-o-raketah-s-rossiej-nazvany-konkretnye-daty>.
3. Зима Г.В. Ядерное нераспространение – актуальность перезагрузки. Тез. докл. 10-ая международная конференция по ядерной и радиационной физике. г. Курчатов, Казахстан, 08-11 сентября 2015 г.
4. Жалилов М. Терроризм как угроза стабильности в мире, актуальность борьбы с терроризмом // Молодой ученый. — 2013. — №7. — С. 281-282.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛАХ РЕАКТОРА ИРТ-Т

Аникин М.Н., Смольников Н.В., Лебедев И.И., Наймушин А.Г., Варлачев В.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

В настоящее время исследовательские ядерные реакторы используются для широкого круга направлений научной и производственной деятельности. Для единственного действующего на территории Сибири и Дальнего Востока исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т основными областями применения являются: нейтронно-трансмутационное легирование кремния, нейтронно-активационный анализ, нейтрон-захватная терапия, изменение оптических свойств полудрагоценных камней и наработка широкого спектра медицинских и технических изотопов.

При определении условий для проведения экспериментальных работ необходимо детальное определение спектральных характеристик пучка нейтронов в экспериментальных каналах реактора. Для этих целей могут использоваться как экспериментальные данные, так и данные полученные в результате расчета с использованием специализированных программных средств.

В рамках настоящего исследования были определены спектры нейтронов в трех экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т. Были выбраны два горизонтальных канала и один вертикальный. Вертикальный канал (ЦК) расположен в центральной бериллиевой ловушке нейтронов и позволяет проводить облучения образцов в при плотности потока тепловых нейтронов свыше $1 \cdot 10^{14}$ н/см²·с. Радиальный горизонтальный канал ГЭК-6 диаметром 100 мм оборудован специальным устройством, предназначенным для облучения полупроводниковых

изделий в интенсивных полях нейтронного и фотонного излучения. Касательный горизонтальный канал ГЭК-1 диаметром 150 мм является базой для проведения работ в области нейтрон-захватной терапии благодаря низкому вкладу в энергетический спектр нейтронов с высокой энергией.

Энергетические спектры нейтронного излучения были определены совместно со специалистами ГНЦ «ВНИИФТРИ» с применением активационных детекторов из никеля, титана, ниобия, индия и алюминия для определения быстрых нейтронов, и детекторов из золота, меди и лютеция для определения тепловых нейтронов. При восстановлении спектров использовалась программное средство КАСКАД-620(176).

Для расчётного определения спектров нейтронов с помощью программного средства MCU-PTR с библиотекой констант MDBPT50 была разработана полномасштабная модель активной зоны реактора, включающая ТВС, блоки бериллиевого отражателя, стержни СУЗ, вертикальные, горизонтальные экспериментальные каналы и другие конструкционные элементы.

В результате выполнения работы получены спектры нейтронного излучения в трех экспериментальных каналах исследовательского реактора ИРТ-Г в 176-групповом представлении. Для центрального экспериментального канала наблюдаются различия в расчетных и экспериментальных данных в области энергий от 0,1 до 3 МэВ. Для горизонтального экспериментального канала ГЭК-6 весомыми являются различия в форме спектра нейтронов в области энергий от 0,01 до 1 МэВ. Для горизонтального экспериментального канала ГЭК-1 значительные различия в экспериментальных и расчетных данных наблюдаются в диапазоне энергий от 0,1 до 1 МэВ. Полученные результаты позволяют говорить о том, что имеется методическая погрешность при определении быстрой составляющей спектра нейтронов. Для детального определения формы спектра в области энергий от 0,01 до 3 МэВ необходимо использовать набор активационных детекторов, имеющих большую разрешающую способность в указанном диапазоне энергий.

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХЗОННОЙ БЫСТРО-ТЕПЛОВОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ С ЕСТЕСТВЕННЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ УРАНОМ В БЫСТРОЙ ЗОНЕ И С UO₂ 10%-НОГО ОБОГАЩЕНИЯ ПО ²³⁵U В ТЕПЛОВОЙ ЗОНЕ

Фоков Ю.Г., Рутковская К.К., Корнеев С.В., Куликовская А.В., Едчик И.А.

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси, Минск

Приведено описание основных параметров бустерной (каскадной) подкритической сборки «Яліна-Бустер» (геометрии, топливной композиции, замедлителя, конструкционных материалов и поглощающих нейтроны материалов) с быстрым и тепловым спектрами нейтронов, управляемой генератором нейтронов НГ-12-1, а также экспериментального измерительного комплекса.

Приведены результаты компьютерного численного моделирования и экспериментальных измерений основных нейтроно-физических параметров сборки: уровней подкритичности в различных по количеству топлива в тепловой зоне конфигурациях активной зоны; пространственных распределений плотности потока нейтронов при использовании внешних источников нейтронов различной интенсивности и энергетического спектра и т.п. Приведены расчетные спектры нейтронов в экспериментальных каналах быстрой и тепловой зон, а также в отражателе.

Расчетным и экспериментальным путем оценено влияние на реактивность извлекаемых элементов активной зоны и отражателя. Проведена оценка скоростей пороговых активационных реакций. Рассчитаны и измерены скорости реакций трансмутации (радиационного захвата нейтронов) на ядрах ²³⁷Np, ²⁴³Am, ¹²⁹I.

Проведено сравнение расчетных значений эффективных долей запаздывающих нейтронов в рассматриваемых конфигурациях активной зоны. Показано, что основные кинетические параметры подкритической сборки определяются тепловой зоной. Приведено сравнение экспериментальных и расчетных результатов.

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОПТОВОЛОКНА И
ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЕАКТОРЕ ИТЭР**

*Понкратов Ю.В.¹, Кульсартов Т.В.¹, Барсуков Н. И.¹, Бакланова Ю.Ю.¹, Гордиенко Ю.Н.¹, Иркимбеков Р.А.¹,
Сураев А.С.¹, Витюк Г.А.¹, Кашиайкин П.Ф.², Бендер. С.Е.³*

¹Филиал ИАЭ НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

²Научный центр волоконной оптики Российской академии наук, Москва, Россия

³ITER Organization, Route de Vinon-sur-Verdon, France

Одним из важных параметров который необходимо будет контролировать при эксплуатации термоядерного реактора ИТЭР, является температура его конструкционных узлов и модулей. Для регистрации этих параметров были выбраны оптоволоконные датчики температуры и оптоволокно для передачи полезного сигнала в пультовую реактора.

Известный принцип работы волоконно-оптических датчиков на основе волоконных брэгговских решеток (FBGs) состоит в измерении сдвига длины волны света, отраженной от FBG (т.е. сдвиг волны резонанса FBG), который однозначно связан с измеряемой физической величиной (например, температурой). Резонансная длина волны зависит от показателя преломления стекловолокна, который, в свою очередь, может меняться под действием ионизирующего излучения (быстрых нейтронов и / или гамма-лучей), в результате чего излучение влияет на показания датчика. Необходимо заранее выяснить, в какой степени этот нежелательный радиационно-индуцированный эффект ухудшит точность показаний датчика. Другим нежелательным фактором, который будет иметь место в волокне, транспортирующем сигнал пробного света — это радиационно-индуцированный эффект в FBG и отраженный сигнал от FBG. Эффект заключается в появлении ослабления света в волокне (радиационно-индуцированное затухание), что уменьшает отношение «сигнал-шум» датчика и тем самым ухудшает его точность вплоть до полного отказа. Поэтому необходимо выполнить оценку возможного влияния эффекта РСЗ на работу датчиков и сравнить несколько номинально радиационно-устойчивых волокон разных производителей.

Целью данной работы являлось создание облучательного устройства, предназначенного для проведения испытаний радиационной стойкости оптоволокна и оптоволоконных датчиков температуры, которые выбраны для использования в термоядерном реакторе ИТЭР. В докладе описываются этапы разработки конструкции облучательного устройства (ОУ) для проведения радиационных испытаний оптоволоконных датчиков температуры и оптоволокна на реакторах ИВГ.1М и ВВР-К. В частности, приводится описание разработки эскизного чертежа ОУ; результатов нейтронно-физических и теплофизических расчетов ОУ, проведенных в обоснование реакторных испытаний; разработки технического проекта ОУ; разработки гермоввода оптоволокна в ОУ и результаты проверки его на герметичность; разработки технологической схемы сборки ОУ с исследуемыми оптоволоконном и оптоволоконными датчиками температуры.

Работа была выполнена в рамках реализации Исполнительного соглашения №1 к Договору о сотрудничестве между РГП НЯЦ РК и Организацией ИТЭР.

**ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ОБРАЗЦОВ ГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВТГР ПОСЛЕ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ**

Аскербеков С.К.^{1,3}, Чихрай Е.В.¹, Кульсартов Т.В.¹, Заурбекова Ж.А.¹, Қабулбек Е.Б.², Кенжин Е.А.³

¹НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³РГП ИЯФ МЭ РК, Алматы, Казахстан

В высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах (ВТГР) используются TRISO топливо, в котором графит является основным составляющим материалом [1,2]. Сегодня в ВТГР предлагается использовать TRISO топливо новой марки с антикоррозионным SiC – покрытием.

Исследования процессов коррозии, как графитовой основы, так и SiC – покрытия перспективного топлива TRISO является важной задачей, для обоснования безопасной работы реактора ВТГР. Очевидно важность проведения таких испытаний в условиях, максимально приближенным к условиям реальной работы установки.

В настоящей работе приведены результаты долговременных испытаний прототипов топлива TRISO разработанные и изготовленные в Японии от четырех разных производителей (фирмы Ividen, Tokai Carbon, Toyo Tanso, Nippon Techno Carbon). Прототипы топлива имеют форму параллелепипеда с соответствующими размерами (Ividen 4.0×4.0×45.0 мм., Tokai Carbon 4.0×4.0×47.5 мм., Toyo Tanso 4.0×4.0×50.0 мм., Nippon Techno Carbon 4.0×4.0×52.5 мм.), от каждого производителя исследовались исходные образцы и с SiC – покрытием.

Долговременные испытания проводился на установке по исследованию высокотемпературного взаимодействия химически активных газов с реакторными материалами (CorrSiCa). Испытания проводились непрерывно, и поделены на 3 этапа по 30 дней.

Условия проведения испытаний были следующие:

– организовывалось гелиевая среда на уровне 1 атм. с примесями воды ~ 100 ppm.

– поддерживалась постоянная температура 900°C;

По завершению каждого этапа проводились характеристика образцов и микроструктурные исследования. Кроме этого проводился масс-спектрометрический анализ состава газов в коррозионной камере во время экспериментов, с помощью прецизионного механического натекателя и масс-спектрометра RGA-100.

Научная новизна полученных результатов состоит в новых экспериментальных данных о высокотемпературной коррозии прототипов топлива ВТГР с перспективными карбидными (SiC) покрытиями от четырех разных производителей.

Исследования проводились в рамках гранта AP05132169 МОН РК.

Литература:

1. Ohashi H. Sato H., Tachibana Y., Kunitomi K., Ogawa M. Concept of an Inherently-safe High Temperature Gas-cooled Reactor. // AIP Conf. Proc. ICANSE2011: Denpasar. – 2012. – Vol. 1448, № 14-17. – P. 50-58.
2. Sawa K., Ueta S. Research and development on HTGR fuel in the HTTR project // Nucl Eng Des. – 2004. – Vol. 233. –P.163–172.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОТВОДА РЕАКТОРА ПИК

Большаков В.В., Олексюк Д.А.

Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Продолжаются работы по выводу на полную мощность исследовательского ядерного реактора ПИК. Этот реактор представляет собой высокопоточный пучковый реактор, предназначенный для проведения широкого круга работ в области ядерной физики и физики слабого взаимодействия, структурной и радиационной биологии и биофизики, радиационной физики и химии, а также для решения многих прикладных технических задач. В данном реакторе присутствует обширный спектр экспериментальных устройств в сочетании с высокой интенсивностью нейтронного потока (более, чем 10^{15} н/см²·с). Наличие таких возможностей позволяет планировать исследования качественно нового типа по сравнению с теми, которые были доступны на существующих в России и за рубежом исследовательских реакторах.

Столь высокие экспериментальные параметры обеспечиваются компактной активной зоной объемом около 50 л и интенсивным энерговыделением (в среднем 2 МВт/л). В этом случае, исходные события, приводящие к нарушению теплоотвода от активной зоны, являются одними из самых опасных для реактора ПИК. Для обоснования безопасности реактора потребовалось уточнение возможных значений величины критического теплового потока при нарушении нормальных условий эксплуатации с ухудшением теплоотвода от твэлов. В НИЦ «Курчатовский институт» были проведены серии экспериментов на различных моделях ТВС реактора ПИК и получен массив данных для верификации расчетных кодов.

Уникальность проведенных экспериментов определялась как специфическими особенностями активной зоны реактора ПИК, так и режимами течения теплоносителя.

Твэл реактора ПИК представляет собой стержень крестообразного сечения с внешним диаметром 5,15 мм. Он закручен вокруг оси с шагом 300 мм, чем обеспечивается самодистанционирование твэлов в кассете. Твэлы в кассете размещены в треугольной решетке с шагом 5,23 мм. Активная зона набирается из 12 шестигранных и 6 квадратных ТВС. В реакторе организовано опускное движение теплоносителя с большой скоростью при значительных недогревах до кипения на выходе из реактора: расход теплоносителя через активную зону - 2400 м³/ч; давление в контуре – 5,0 МПа; температура на входе в реактор - 50°C; температура на выходе из реактора - 86°C. Высокая тепловая мощность реактора ПИК (100 МВт) обуславливает наличие высоких (более чем в 10 раз превышающих значения в реакторе ВВЭР-1000) тепловых потоков.

Исследования кризиса теплоотдачи на моделях реактора ПИК проводились на теплофизическом стенде КС в НИЦ "Курчатовский институт". Стенд КС предназначен для исследования теплогидравлических процессов в нормальных, переходных и аварийных режимах работы водоохлаждаемых энергетических реакторов типа ВВЭР, PWR и др. Основные направления исследований: кризис теплоотдачи при кипении, гидравлическое сопротивление, поперечное перемешивание теплоносителя. Стенд КС имеет три независимых первых контура, рассчитанных на разное давление и расход теплоносителя: 1) 100 атм и 500 т/ч; 2) 170 атм и 50 т/ч) и 3) 200 атм и 16 т/ч. Располагаемая мощность электронагрева исследуемых моделей 10 Мт. На стенде КС имеется несколько экспериментальных участков, позволяющих испытывать модели ТВС с числом стержней от 1 до 127 и с обогреваемой длиной до 4,5 м.

Имитаторы твэлов реактора ПИК для проведения экспериментов изготавливались по технологии схожей с технологией изготовления реальных твэлов. Материал оболочки имитатора совпадал с материалом оболочки твэла. Внутреннее наполнение имитатора в отличие от реального твэла, содержащего топливную композицию, состояло из окиси алюминия. Тепловыделение от деления урана моделировалось пропусканием электрического тока через имитатор. Малый размер и сложный профиль поперечного сечения имитатора твэла потребовали решения технологических проблем, связанных с присоединением медных токоподводов и установкой терморпары для фиксации кризисных состояний.

Экспериментальные исследования были проведены изначально на простой модели в виде трубки диаметром 3 мм с толщиной стенки 1 мм, а далее на модели с одним имитатором твэла. Только после этого были последовательно испытаны 7-ми и 19-ти стержневые пучки имитаторов твэлов.

Следует отметить, что во всех экспериментах наблюдался крайне «острый» кризис теплоотдачи. Несмотря на то, что использовалась отработанная методика медленного постепенного приближения к режиму кризиса теплоотдачи, вход в кризисное состояние оказывался настолько быстрым, что значительная часть экземпляров моделей ТВС повреждалась на первом кризисном режиме. Несмотря на это был получен необходимый массив экспериментальных данных.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ ЯЧЕЙКОВЫХ КОДОВ**

Киреева Д.Р., Олексюк Д.А., Кобзарь Л.Л.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

Изучение перемешивания теплоносителя в пучках стержней с различными типами дистанционирующих решеток (ДР) и решеток-интенсификаторов (РИ) является важной задачей для получения расчётных корреляций и валидации расчётных кодов. На стенде КС в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» были проведены исследования перемешивания теплоносителя на 37-стержневых пучках стержней с несколькими типами решеток-интенсификаторов. Эксперименты были выполнены на петле ПВД-1 теплофизического стенда КС, первый контур которой имеет следующие параметры:

- максимальное рабочее давление 16,7 МПа;
- максимальный расход теплоносителя через модель ТВС 80 т/ч;
- располагаемая мощность электронагрева моделей ТВС 12000 кВт

Длина пучков в экспериментах составляла 2,5 метра, а диаметр стержней 9,1 мм, при этом стержни располагались по треугольной решетке с шагом 12,75 мм.

Для исследований был выбран ряд из четырёх типов решеток-интенсификаторов и штатная дистанционирующая решетка. Выбранный для исследований ряд типов РИ включает турбулизирующую решетку типа «Вихрь», перемешивающую решетку «Прогонка», сотовую дистанционирующую решетку-интенсификатор (СДПР) и унифицированную дистанционирующую решетку-интенсификатор (УДРИ). Все РИ, как и ДР, имеют сотовую конструкцию.

РИ типа «Вихрь» высотой 15 мм состоит из шестигранных ячеек с гранями, имеющими наклон по отношению к направлению потока. Форма ячеек РИ, обеспечивает закрутку потока в ячейках пучка. Функцию дистанционирования решетка не выполняет. РИ типа СДПР образована ячейками сложной формы, между которыми сформированы каналы, по которым теплоноситель перебрасывается из одних ячеек пучка в другие; высота ячеек решетки 30 мм. РИ типа УДРИ представляет собой дистанционирующую решетку традиционной конструкции с высотой ячеек 20 мм, которая оснащена лопатками, расположенными на выходном торце решетки. Лопатка имеет форму трапеции с высотой 8 мм, нижним основанием 5 мм и верхним основанием 1,5 мм. Лопатка образует с продольной осью канала угол 25°. РИ типа УДРИ создает порядную прогонку теплоносителя. По одному ряду теплоноситель отклоняется в одном направлении, по другому ряду – в противоположном направлении. Взаимодействие противоположно направленных поперечных потоков в соседних рядах приводит к возникновению вращательного движения теплоносителя вокруг стержней пучка.

В представленных экспериментах эффективность перемешивания теплоносителя каждым типом решеток оценивалась на основании измерений распределения температуры теплоносителя по ячейкам в выходном сечении пучка с $k_f = 1,4$. Для измерения температуры теплоносителя в месте окончания зоны обогрева были установлены 20 термопар.

Эксперименты были проведены при давлении примерно 16 МПа и различных сочетаниях температуры теплоносителя на входе в пучок, массовой скорости и подведённой мощности тепловыделения. В каждой серии экспериментов было получено несколько десятков экспериментальных точек.

Эксперименты позволили оценить смесительные свойства каждого типа решетки и получить набор данных для верификации ячейковых кодов. О степени перемешивания теплоносителя можно судить по профилю температуры на выходе из зоны обогрева.

Максимальное смещение теплоносителя было получено в экспериментах с решеткой УДРИ. Коэффициент неравномерности k_n для набора из шести решеток составила примерно 1,07. Для пучка оснащенного штатными ДР эта разница составила примерно 1,5.

Экспериментальные данные были использованы для верификации расчётных методик в составе кода SC-INT. Методики расчёта дополнительного конвективного перетока и турбулентного обмена, применяемые в этой программе, позволяют с достаточной точностью описывать экспериментальные данные. Программа SC-INT может использоваться для расчётов запасов до кризиса теплоотдачи в активных зонах с ТВС оснащенными решетками-интенсификаторами.

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ
SiC-ПОКРЫТИЯ ГРАФИТА**

Кенжина И.Е., Чихрай Е.В., Аскербеков С.К., Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А.

НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Актуальность работы связано с обоснованием безопасной работы высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР).

На сегодняшний день появились новые виды топлива с антикоррозионным SiC покрытием, превосходящие существующие по качеству и безопасности. Использование SiC покрытий ведет к значительному укреплению углеродных соединений и улучшению их свойств, которые в ином случае изменяются почти на всех стадиях работы ВТГР. Поэтому исследование и испытание топлива, в особенности исследование их взаимодействия с химическими активными газами (воздух, вода и т.д.), остается одним из актуальных и приоритетных задач.

В настоящей работе приведены результаты испытания SiC покрытий в парах воды при температурах до 1400°C и давлениях окислителя (паров воды) ~ 100 Па. Эксперимент проводился на высокотемпературном вакуумном трубчатом печи GSL-1600 на базе алундовой трубы (длиной 1000 мм, наружным диаметром 50 мм и внутренним диаметром 40 мм) с образцом реакторного графита с SiC покрытием (параллелепипед размерами 4.0x4.0x45.0 мм, вырезан длинной стороной перпендикулярно оси сжатия). Образец размещался в центре зоны нагрева печи.

В работе приводятся результаты, полученные в ходе эксперимента и анализа данных коррозии, на основании которых были определены параметры скорости взаимодействия SiC покрытия с окислителями.

Исследования проводились в рамках гранта AP05132169 МОН РК.

4. Radiation Ecology and Methods of Analysis

- Radioecological studies of former nuclear test sites, risk assessment and issues of radiation monitoring
- Technologies to reduce the environmental risk of the radiation-hazardous facilities and territories, radioactive waste management
- Analytical methods in the radioecology and nuclear forensics

4. Радиационная экология и методы анализа

- Радиоэкологические исследования бывших ядерных полигонов, оценка рисков и вопросы дозиметрии
- Технологии снижения экологического риска радиационно-опасных объектов и территорий, обращение с радиоактивными отходами
- Аналитические методы в радиоэкологии и ядерной криминалистике

APPLICATION OF X-RAY FLUORESCENCE IN INVESTIGATION OF CULTURAL HERITAGE

Čechák T., Trojek T.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering,
Brehova 7, 11519 Prague 1, Czech Republic

X-ray Fluorescence analysis is one of the most widespread methods using ionising radiation to study the elemental composition of cultural heritage. It is frequently used for studies of various cultural and historical relicts and object of arts. X-ray fluorescence analysis together with infrared spectroscopy and Raman spectroscopy represent the basic non-destructive physical methods used for research of the old monuments.

This work summarizes the author's experience with X-ray fluorescence analysis in investigating historical monuments namely fresco paintings, metal objects, wall paintings, old manuscripts, historical pictures and old photographs.

The XRFA system has two main components, i.e., the source and the detector system. The source irradiates the sample to produce the characteristic X-rays. Miniature X-ray tube sources have come into use in recent years. The advantage of X-ray tubes is that the intensity of the radiation emitted is greater than radionuclide sources that are used, and the beam provides better focusing. The anode operates in a high enough energy range to excite a range of elements simultaneously, and a high voltage source (typically 35 – 50 kV) must be used to supply the X-ray tube. Three types of silicon detectors are used for precise measurements in XRFA: Si(Li) detectors, silicon pin diodes and silicon drift detectors (SDD). Si(Li) detectors have to be cooled to the temperature of liquid nitrogen, but have a greater detection area. Silicon pin diode detectors operate near ambient temperatures and can be cooled only by the Peltier effect. These detectors have a smaller detection area, but electronic cooling and the opportunity to use them in portable devices are major advantages of these detectors. SDD detectors have better energy resolution and they are able to measure much higher X-ray intensities. Fluorescent and backscattered radiation from the sample is counted by the detector, which records the photon and builds a spectrum of pulses, the height of which depends on the energy of the photons absorbed by the detector. The pulses are amplified and are analysed by a multichannel analyser. The software integrates the peaks in the spectrum to produce information about the elements present in the sample and about their concentrations. There are many factors known as interferences that can affect the detection and the quantification of the elements in the sample. The spectrometer enables spot analysis, line scan as well as mapping with step up to 10 μm .

XRFA is frequently used for 2D mapping of paintings. The same technique is also often used for photographs. Photographs or other samples are scanned, and the distribution of elements across the sample can be measured. This technique is used for investigating the distribution of interesting pigments over large areas.

Depth resolved information on elemental distribution is acquired by confocal XRFA, so called 3D μ -XRFA. This is a modification of the 2D method with an optical system. The first polycapillary lens is placed before the X-ray tube, as usual. The second optical polycapillary element is placed in the detector channel. The position of the two systems defines the volume in which the characteristic radiation is excited and from which it is detected. The position of the selected volume is defined by the position of the axes of the two systems. The position of the measured volume can be changed by shifting the exciting and the detecting system.

XRFA was used by authors for investigation of Reliquary of St. Maurus, romanesque reliquary, the second most important historical artefact in the Czech Republic, wall paintings and fresco paintings on the castle Karlstein and castle Lauf in Germany, gothics paintings from the National gallery collections, old manuscripts from the State Archives collection and old photographs from the National Technical Museum collection.

The results of these measurements provide the information on the composition of the historical monuments, enable the comparison of processes used in the fabrication and in many cases offer information on how to repair the damaged parts and detecting fakes.

MASS SPECTROMETRY AND LASER SPECTROMETRY FOR DETECTION OF ELEMENTAL, ISOTOPE AND MOLECULAR COMPOSITIONS OF SOLID AND LIQUID SAMPLES

Izosimov I.N.¹, Smith G.², Strashnov I.²

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, 141980, Russia

²School of Chemistry, The University of Manchester, Oxford Road, M13 9PL Manchester, UK

Recent advances in mass spectrometry combining with optical spectroscopy and laser technology have paved the way for the new experiments not possible before.

We have developed several laser ionisation facilities that are tackling the problems ranging from analysis of primordial noble gases extracted from meteorites, chondrules and extraterrestrial samples returned by recent NASA missions (e.g. Genesis and Stardust) [1], detection of rare short-lived isotopes produced in minute quantities at the isotope separator of ISOLDE, CERN [2] and to analysis of milk samples collected in remote regions of developing countries as a part of IAEA/UN mission [3]. The developed technology incorporates laser desorption/heating and cryogenic sample preconcentration, a range of tunable pulsed (ns or fs) lasers coupled into the ion sources of time of flight, magnetic sector or accelerator beamline facilities. The laser ionisation method employs resonance excitation of the atomic levels of the targeted atoms/isotopes and is suitable for applications requiring high sensitivity and selectivity effectively eliminating background ion signals. E.g. a detection limit of <100 atoms/sample have been demonstrated in routine analysis of radiogenic ⁸¹Kr from meteorites with precision and reproducibility of ~1 % for the major isotopes [4]. A set of standard powerful techniques are also available. Electrospray/ Atmospheric Pressure Chemical Ionisation coupled to electrostatic traps (Orbitraptm), Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation (MALDI), Gas/Liquid Chromatography and Inductively Coupled Plasma (Optical Emission/Mass-Spectrometry), the latter having the LOD down to ~fg/ml, are all housed in our facility in Manchester [5].

The time-resolved laser-induced luminescence (TRLIF) spectroscopy and time-resolved laser-induced chemiluminescence (TRLIC) spectroscopy [6,7] allows the determination of actinides/lanthanides valence states and their molecular forms. It is shown that multi-photon scheme of chemiluminescence excitation makes chemiluminescence (TRLIC) not only a highly sensitive but also a highly selective tool for the detection of lanthanides/actinides.

Collaboration with Semipalatinsk test site and implementation of the analytical programme will be very interesting.

References:

- [1] I. Strashnov, et al., *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 106,71(2013).
- [2] T.E. Cocolios et al., *Nucl. Instr. & Meth. in Physics Research B*, 317, 565(2013).
- [3] IAEA coordinated research projects (D52040/G42007) "Field-deployable analytical methods to assess the authenticity, safety and quality of food. <https://www.iaea.org/projects/crp/d52040> .
- [4] I. Strashnov, D.J. Blagburn, J.D. Gilmour, *J. of Analyt. At. Spectrometry*, 26 (9), 1763(2011).
- [5] School of Chemistry Mass Spectrometry and Optical Facilities, Manchester, UK <https://www.chemistry.manchester.ac.uk/research/facilities/mass-spectrometry-laboratory/>.
- [6] I.N. Izosimov, et al., *Hyperfine Interact.*, 227, 281(2014).
- [7] I.N. Izosimov, *Procedia Chemistry*, 21, 473(2016).

THE USE OF THE CR-39 TRACK DETECTORS FOR MEASUREMENTS OF RADON VOLUME ACTIVITY AND EXHALATION RATES OF THE NEWLY HOUSES IN TASHKENT CITY

Vasidov A., Vasidova S.O.

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

In late years, most of detached houses of Tashkent city made up of two or three storey houses. For its construction home-produced of the bunt bricks and different building materials were used. It is very necessary to mention the real significance of the indoor radon levels and radon exhalation rates from soils, building materials and walls of rooms to the assessment of annual effective doses received by inhabitants. Therefore, the main aims of this study were to carry out measurements of the seasonal indoor radon activities and of the radon exhalation rates from soils, building materials and walls of rooms by using CR-39 track detectors in plastic chambers. The received values of radon volume activities have been used to calculate annual effective dozes for residents and for the estimation and comparison of the radon seasonal correction factors of winter and summer seasons of year. The values of radon exhalation rates from soils have been much higher than the values from building materials and walls, but values of exhalation rates have been less than permissible limit of norm of Uzbekistan.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТА НЕЙТРОНОАКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА В ИЯФ НА БАЗЕ КИР ВВР-К

Солодухин В.П.¹, Дмитриев А.Ю.², Павлов С.С.², Ленник С.Г.¹, Амир Ж.А.¹, Соколенко Е.К.¹

¹ РГП Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

² Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна, Российская Федерация

Актуальность развития нейтроноактивационного анализа (НАА) в Казахстане обоснована необходимостью решения множества разнообразных аналитических задач, связанных с производственными, экономическими и социальными проблемами страны. Основным критерием при выборе областей применения НАА всегда являлось и является рациональное использование преимуществ (высокая чувствительность, многоэлементность, возможность проведения анализа без разрушения образца, в отдельных случаях - высокая экспрессность и др.) перед традиционными химическими, физико-химическими и физическими методами элементного анализа.

Исторически развитие НАА началось в ИЯФ в 60-е годы. Метод базируется на основной облучательной установке - атомном реакторе ВВР-К. С помощью НАА был успешно решён ряд задач в археологии, криминалистике, медицине, биологии, сельском хозяйстве. Но основные достижения получены в металлургии - анализ чистых и сверхчистых материалов; в геологии - разведка и подсчёт запасов полезных ископаемых; в экологии и радиоэкологии - контроль объектов окружающей среды в промышленных районах и на местах проведения ядерных испытаний (СИП, Азгир и др.). Результаты аналитических работ были использованы в решении многих практических задач для промышленных и производственных предприятий, а также научных организаций Казахстана и бывшего СССР. Практическая значимость этих работ подтверждена 20 актами внедрения и актом об участии в открытии 5 месторождений ванадия в нефти.

В настоящее время аналитический комплекс НАА с пневмотранспортной системой (ПТС) функционирует с постоянной нагрузкой: в рамках выполнения научно-исследовательских и прикладных работ проводятся исследования элементного состава проб различного происхождения на определение более 40 элементов (Sb, As, Ni, Cr, Co, Zn, U, Th, La, Ce, Ca, Fe, Na, Ba, Sr, Zr, Rb, Sc, Cs, Hf, Ta, Mo, Br, Nd, Sm, Yb, Tb, Lu, Eu, Au, Hg, Mg, Mn, Al, S, K, Ti, Cu, Br, Dy, V и другие). В условиях массового многоэлементного анализа весьма важной задачей является автоматизация процесса сбора спектральной информации и обработки результатов измерений, а также проблема учета образцов и организации обмена информацией.

На сегодняшний день в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ разработаны и применяются различные аппаратурно-программные и программные средства для автоматизации массового многоэлементного НАА. Сюда входят: сетевая база данных НАА, которая обеспечивает хранение и постоянный обмен информацией в автоматическом (с другим программным обеспечением) и

полуавтоматическом (интерфейс базы данных для сотрудников) режимах; автоматизированная система измерения гамма-спектров наведенной активности с устройством смены образцов, которая предназначена для автоматического измерения спектров наведенной активности до 45-и образцов с сохранением в спектре всей необходимой для последующей обработки информации (калибровок по энергии и по эффективности в зависимости от выбранной высоты образца над детектором, массы образца, даты и времени начала и окончания измерения и т.п.), автоматическим подбором высоты образца над детектором в зависимости от предварительно измеренного мертвого времени, сохранением информации о проведенных измерениях в базе данных НАА и т.п.; программное средство автоматизации количественного определения содержания элементов в образцах относительным методом НАА; аппаратно-программное средство автоматизации регистрации веса образцов в базе данных НАА; вспомогательное программное обеспечение.

В этой связи в тесном сотрудничестве с ведущими специалистами ОИЯИ в области автоматизации НАА была поставлена и успешно решается задача установки на реакторе КИР ВВР-К одной автоматической системы измерения спектров наведенной активности облученных образцов. Система состоит из устройства смены образцов, гамма-спектрометра на базе высококачественного германиевого детектора с блоком спектрометрической аппаратуры. Оригинальное управляющее ПО, разработанное в ОИЯИ, позволяет минимизировать участие человека в рутинных долговременных измерениях спектров наведенной активности.

Автоматизация поста НАА позволяет повысить производительность массового многоэлементного анализа, снизить количество субъективных ошибок и трудозатраты, а также, что очень важно, уменьшить радиационную нагрузку на персонал. В 2018 г. автоматическая система запущена в тестовом режиме. В перспективе – проведение массового многоэлементного анализа, создание интегрированной базы данных и, при необходимости, автоматизация и других постов проведения НАА в ИЯФ.

Объединение облучательных возможностей реактора КИР ВВР-К ИЯФ, инструментов автоматизации и программного обеспечения, разработанных в ОИЯИ создают значительное расширение возможностей для проведения массового многоэлементного НАА на высоком мировом уровне.

АМПЛИТУДНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ USB АНАЛИЗАТОР ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Небесный А.Ф.¹, Нам И.В.¹, Раджапов С.А.², Пиндюрин Ю.С.²

¹Институт ядерной физики АН РУз

²Физико-технический институт, НПО “Физика-Солнце” АН РУз

Ионизирующее излучение (радиация) это потоки частиц или квантов электромагнитного излучения, которые при взаимодействии с веществом приводят к ионизации и возбуждению его атомов и молекул. Сюда относятся электроны, позитроны, α -частицы, протоны, нейтроны, рентгеновское и γ -излучение и др.

Качественный и количественный анализ ионизирующих излучений необходим в различных областях науки и техники: ядерной физике, физике элементарных частиц, атомной энергетике, в технологиях ядерно-топливного цикла, дозиметрии и радиационной безопасности, радиационном материаловедении, радиохимии, технике радиоактивных индикаторов, радиационной химии, дефектоскопии, в сельском хозяйстве, медицине, экологии, геологии, в практике обитаемых космических полетов и т.д. и т.п. Поэтому методы регистрации и измерения ядерных излучений постоянно и весьма активно развиваются.

Основным элементом любого энергетического спектрометра является анализатор импульсов, функцией которого является регистрация импульсов, преобразование в цифровую форму, разделение по каналам в зависимости от амплитуды импульса (соответственно энергии) и накопление данных.

Нами, на базе микроконтроллера C8051F060 разработан и изготовлен 2-х канальный импульсный анализатор энергетических спектров ионизирующего излучения от различных источников ядерного излучения. На его базе может быть собран спектрометр источников ионизирующего излучения с подключением к ПК через порт USB. Такой спектрометр позволяет проводить регистрацию энергетических спектров с их отображением на экране монитора в реальном масштабе времени, а также позволяет осуществлять накопление информации на ПК в виде графиков и таблиц от различных ядерно-физических детекторов: сцинтилляционных, полупроводниковых, ионизационных камер, пропорциональных счетчиков и др.

Конструктивно модуль анализатора представляет собой плату размером 60×70 мм. Пассивные элементы – SMD – типа, формата 0805. Питание осуществляется от USB-порта ПК.

Режимы работы анализатора задаются программно.

Написание и отладка программ для микроконтроллера осуществлялись на Си в интегрированной среде разработки Keil uVision, а для ПК написано в среде Borland C++Builder 6 для работы в WindowsXP.

Основные технические характеристики:

- Полярность входных аналоговых сигналов	положительная.
- Диапазон входных аналоговых сигналов	0 ÷ 5 В.*
- Длительность фронта аналогового сигнала	≥ 0,04 мкс.
- Коэф-т усиления встроенного в м.к. усилителя	1, 2, 4, 8, 16, 32, ... 1024.
- Число каналов преобразования анализатора	1024.
- Время преобразования	1 мкс.
- Интегральная нелинейность (вся шкала)	≤ 0.1%.
- Дифференциальная нелинейность	≤ 1 %.
- Ширина генераторного пика на полувысоте	≤ 1 канал.
- Время установления рабочего режима	≤ 10 мин.
- Тип логического сигнала	TTL - совместимый.

Высокое быстродействие анализатора в сочетании с хорошими точностными параметрами делают его универсальным прибором, который может успешно использоваться в службах радиационного контроля предприятий различного профиля, в системах экологического мониторинга, в научных исследованиях. Анализатор, обеспечивает задание режимов работы с ПК, накопление и обработку амплитудных распределений. Измеренные спектры сохраняются в формате *.txt и могут быть обработаны в любом графическом редакторе типа Excel, Origin или др. Программное обеспечение работает в среде Windows-XP и выше.

Литература:

1. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX5403-MAX5405.pdf>
2. Небесный А.Ф., Ашуров М.Х., Нам И.В., Нурутдинов И. //ПТЭ. 2018. №3. С.156-158.
3. http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG711_712_713.pdf.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Харкин П.В., Краснонёрова М.В., Матиенко Л.Д., Желтов Д.А., Глущенко Г.М.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В 1998 году в рамках проекта «Комплексное исследование и мониторинг объектов ЛИРА», целью которого является обеспечение радиационной безопасности при проведении нефтегазовых операций на Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении, в Отделе прикладной ядерной физики ИЯФ была создана базовая лаборатория низкофоновых измерений (ЛНФИ). При создании лаборатории изначально была поставлена задача создания аналитического комплекса мирового уровня для исследования радионуклидного загрязнения объектов окружающей среды на уровне фоновых концентраций, обусловленных глобальными радиоактивными выпадениями.

В аппаратно-методическом оснащении создаваемой лаборатории приняли участие такие авторитетные международные организации как МАГАТЭ, МНТЦ, НАТО, ИНТАС и др. В результате предпринятых усилий уже к 1999 году лаборатория приступила к выполнению производственных аналитических заказов. В настоящее время мощность лаборатории составляет до 15000 анализов радионуклидного и элементного состава объектов окружающей среды в год.

Лаборатория аккредитована в системе аккредитации Республики Казахстан на соответствие требованиям СТ РК ИСО/МЭК 17025, имеет международный знак качества ILAC-MRA.

Основными направлениями деятельности лаборатории низкофоновых измерений (ЛНФИ) в области радиоэкологического мониторинга являются разработка и применение методов радионуклидного, изотопного, элементного и микроэлементного анализа с применением масс-спектрометрии, включая:

- определение естественных и искусственных гамма-излучающих (^{137}Cs , ^{241}Am с высокой чувствительностью) радионуклидов в природных и промышленных объектах (почвы, донные отложения, растительность, минеральное сырье, стройматериалы, промышленные отходы, воздушные фильтры);
- определение искусственных альфа-излучающих ($^{239+240}\text{Pu}$) и бета-излучающих (^{90}Sr) радионуклидов в природных объектах (почвы, донные отложения, растительность, воздушные фильтры);

- определение естественных и искусственных гамма-излучающих (^{137}Cs , ^{241}Am с высокой чувствительностью) радионуклидов в воде, водных объектах и объектах водопользования;
- определение искусственных альфа-излучающих ($^{239+240}\text{Pu}$, ^{210}Po) и бета-излучающих (^3H , ^{90}Sr) радионуклидов в воде, водных объектах и объектах водопользования, биологических объектах;
- определение изотопного соотношения искусственных и естественных радионуклидов с большими периодами полураспада;
- определение микрокомпонетного (элементного) состава в природных и биологических объектах (почвы, донные отложения, растительность, вода, рыба, биосубстраты);
- определение содержания урана в пробах мочи.

Перспективными направлениями работ аналитических групп лаборатории низкофоновых измерений являются:

1. Мониторинг естественных и искусственных радионуклидов территорий подвергнутых ядерным испытаниям (объекты ЛИРА, полигоны АЗГИР и СИП, др.).
 2. Участие в экспертных работах по выявлению источников незаконного оборота радионуклидных препаратов.
 3. Определение и сравнительный анализ внешних параметров, элементного и изотопного состава образцов.
 4. Разработка комплексной методики выполнения измерений содержания закиси-оксида урана с альфа-спектрометрическим окончанием, выпускаемой атомной отраслью РК.
 5. Развитие методической базы для определения содержания искусственных радионуклидов таких как полоний-210, висмут-210, изотопов урана и его дочерних продуктов распада.
 6. Усовершенствование имеющейся методической базы в рамках программы ЛИРА.
 7. Химический анализ содержания тяжелых металлов в пробах объектов окружающей среды: вода (подземная и поверхностная вода), донные отложения, почва, грунт, водная биота (рыба, моллюски и т.п.), наземная растительность методом масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии (ИСП-МС, ИСП-АЭС). (КАПЭ, Казэкопроект и др.)
 8. Мониторинг содержания общего урана в пробах мочи сотрудников группы А на предприятиях уранодобывающей отрасли. (ЮГХК, Байкен –U, Реактивснаб, Профцентр АРМ и др.)
 9. Определение содержания до 35-ти химических элементов в пробах воды из трансграничных рек Казахстана.
 10. Определение металлов в геологических пробах и продуктах их технологической переработки.
- Аналитический контроль выхода при разработке технологий добычи сопутствующих основному производству редких, благородных и рассеянных металлов.

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ НА ПРЕДПРИЯТИЕ ГАЗОДОБЫЧИ

Ашрапов У.Т.¹, Садилов И.И.¹, Ибраимов И.У.²

¹ Институт ядерной физики Академии наук, г. Ташкент, Узбекистан

² Конструкторское Бюро с Опытным Заводом при ИЯФ АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

В результате добычи, хранения и транспортировки нефти и газа, из скважин нефтегазодобычи извлекаются естественные радионуклиды Ra-226, Th-232 и продукты их распада являющиеся радиоактивными загрязнителями окружающей среды, которые могут отрицательно влиять на технологический процесс газопереработки.

Исследования по радиационному мониторингу объекта газодобычи предприятия СП ООО «Uz-Kog Gas Chemical», «Устюртский Газохимический Комбинат» (УГК) показали, что на отдельных технологических оборудованных УГК наблюдается многократное увеличение уровня мощности экспозиционной дозы гамма-излучения естественного фона (~12 мкР/час). Результаты гамма-спектрометрического анализа показали, что в пластовых водах, пробах жидкого пропиленового газа (газоконденсат) из промыслов Урга и Сургуль, порошкообразном продукте переработки газоконденсата в основном имеется радиоактивное загрязнение естественным радионуклидом Ra-226 и дочерними продуктами распада радионуклидами ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{228}Ac , в то время как в гранулах этилена и пропилена естественные радионуклиды и продукты их распада полностью отсутствуют (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты гамма-спектрометрического анализа исследуемых образцов УГХ

Наименование исследуемого образца	Удельная активность радионуклида, Бк/кг			
	²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	²²⁸ Ac
Пластовая вода из сепаратора	162±40	30±5	35±6	32±9
Пластовая вода из буферной емкости	153±42	33±5	52±8	28±8
Порошкообразный продукт переработки газоконденсата	25±5	20±4	25±5	28±8
Гранулы этилена	-	-	-	-
Гранулы пропилена	-	-	-	-

Дочерние естественные радионуклиды имеют короткие периоды полураспадов (²¹⁴Bi - T_{1/2}=19,8 мин, ²¹⁴Pb - T_{1/2}=26,8 мин, ²²⁸Ac - T_{1/2}=6,13 час), однако, в процессе переработке газоконденсата они находясь в составе сыпучих порошкообразных продуктов многократно увеличивают естественный фон гамма-излучения и следствии этого появляются ошибки при измерение уровня сыпучих порошкообразных продуктов радиоизотопными уровнемерами в закрытых емкостях. В процессе переработке газоконденсата при измерении уровня порошкообразного сыпучего продукта в блоке гамма-источника радиоизотопного уровнемера происходит увеличение мощности экспозиционной дозы гамма-радиации от источника ионизирующего излучения цезий-137 и в результате в электронной щитовой радиоизотопного уровнемера происходит увеличение или уменьшение выходного аналогового сигнального тока, что приводит к ошибке измерений уровня порошкообразного сыпучего продукта в закрытых емкостях [1].

Литература:

1. Аминжонов М., Ибраимов И.У., Ашрапов У.Т., Садиков И.И. Радиоизотопный сигнализатор-индикатор уровня нефтяного кокса. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: техническая физика и автоматика. АО «НИИТФА». г. Москва, 2017г. Выпуск 77. С.70-78.

ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОГО АЗОТА

Покровский И.В.

ТОО «Приборы Казахстан», Алматы, Казахстан

Гамма-спектрометрия высокого разрешения подразумевает применение полупроводниковых детекторов (ППД) на основе кристаллов особо чистого германия (ОЧГ). Отличительной особенностью ППД ОЧГ является необходимость охлаждения кристалла ОЧГ до температуры, близкой к температуре жидкого азота. Традиционным способом охлаждения до последнего времени являлось использование жидкого азота. При этом азот хранится в замкнутом объёме сосуда Дьюара, а тепло от кристалла ОЧГ отводится в этот объём с помощью специального хладопровода. Такой способ охлаждения создаёт неудобства при использовании ППД ОЧГ и накладывает ряд ограничений на их применение. Так, необходимо постоянно контролировать уровень азота в сосуде Дьюара и своевременно пополнять его. При этом на время пополнения системы охлаждения жидким азотом приходится прерывать измерения. Сам жидкий азот является опасным материалом, работа с которым предполагает соблюдение правил техники безопасности. В лаборатории необходимо постоянно иметь запас азота, который необходимо пополнять и где-то хранить. Все вышеперечисленные операции связаны со значительными трудозатратами персонала, а расходы, связанные с приобретением жидкого азота, могут составлять значительную часть бюджета лаборатории.

За последние 10-15 лет ведущими производителями ППД ОЧГ были сделаны прорывные технические шаги, направленные на отказ от использования традиционной системы охлаждения ППД ОЧГ. Так, использование электромеханических охладителей, основанных на тепловом цикле Стирлинга, позволило не только минимизировать габариты охладителей, но и существенно снизить их энергопотребление, а также значительно увеличит надёжность их работы.

На сегодняшний день общепризнанным мировым лидером в разработке и производстве гамма-спектрометров на основе ППД ОЧГ, охлаждаемых без использования жидкого азота, является фирма АМЕТЕК/ORTEC - компания с собственным производством кристаллов ОЧГ, история которого насчитывает

более 50 лет. В 2013 году в состав AMETEK/ORTEC вошла компания Sunpower Inc., занимающаяся разработкой и коммерческим производством охладителей на цикле Стирлинга с 1974 года. В частности, Sunpower Inc. является поставщиком Национального космического агентства США. Так, спектрометр с охладителем производства SunPower используется на спутнике RHESSI, ведущем исследования на орбите с 2002 года.

Совместная работа технических специалистов ORTEC и Sunpower привела к появлению линейки электромеханических охладителей и интегрированных гамма-спектрометрических систем высокого разрешения, нацеленных на решение самых разных задач. В докладе приводится обзор вышеуказанных систем с указанием их особенностей и основных технических характеристик.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ ЭПР ОБРАЗЦОВ ПОЧВ РЕГИОНА ЛИРА

Рухин А.Б., Середавина Т.А., Муқан Ж.Т., Сушкова Н.С.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан,

Проведено предварительное исследование почв региона Лира методом ЭПР, включая подготовку образцов, магнитную сепарацию, сушку, деление по размерам на пять информативных фракций.

Во всех фракциях почв региона Лира выявлены сигналы ЭПР, в том числе характерные для парамагнитных центров (ПМЦ) электронного типа, или $e1'$ -центров, в кислородных вакансиях кремнеземной компоненты почв состава $SiO_2 \cdot nH_2O$.

Для разделения ПМЦ изучены характер насыщения с ростом микроволновой мощности и термическая стабильность, измерения сигналов $e1'$ -центров - ПМЦ потенциально радиационного происхождения в гранулометрических почвенных фракциях могут дать сведения о наличии или отсутствии последствий дополнительного техногенного облучения, связанного с испытаниями, в том числе от короткоживущих радионуклидов.

ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ НА БЫВШЕЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ «САРЫ-УЗЕНЬ» СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Ларионова Н.В., Кривицкий П.Е., Айдарханова А.К., Турченко Д.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Бывшая испытательная площадка «Сары-Узень» – одна из 4-х наиболее крупных площадок, используемых для проведения ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП). В период с 1965 по 1980 гг. на ней в основном проводились подземные ядерные испытания. В общей сумме на территории испытательной площадке «Сары-Узень» зарегистрировано 28 испытательных скважин и 3 объекта, на которых проводились модельные эксперименты.

Известно, что радиоактивное загрязнение площадки обусловлено 2 типами: загрязнение, образовавшееся за счет переноса и выпадения радионуклидов вследствие проведения эксперимента на площадке «Опытное поле» 24.09.51, и загрязнение от экспериментов на самой площадке. В первом случае радиоактивное загрязнение представляет собой след выпадений, протянувшийся от северо-западной части площадки до самого юга, во втором – выпадение радиоизотопов вследствие проведения подземных ядерных испытаний с радиоактивным выбросом на территории самой площадки.

Целью настоящей работы стало исследование содержания искусственных радионуклидов в растительном покрове на предполагаемых участках радиоактивного загрязнения. Для дальнейшего определения ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am и $^{239+240}Pu$ отбор проб растений был выполнен на отдельных боевых скважинах,

в местах проведения экспериментов и на следе от испытания 24.09.51 на «Опытном поле», для определения ^3H – по сети 1×1 км и в районе объекта «Лазурит». Исследуемыми видами растений стали представители степного разнотравья (полынь (*Artemisia gracilescens*), ковыль (*Stipa capillata*)), а также тростник (*Phragmites australis*), произрастающий в местах расположения воронок от ядерных испытаний. Измерение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am проводили методом гамма-спектрометрии, ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – методом радиохимического выделения с последующей бета- и альфа-спектрометрией, ^3H – методом жидкосцинтилляционной спектрометрии. Содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ определялось в золе с последующим пересчетом на сухое вещество, ^3H – в органической составляющей и свободной воде растениями.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее высокие значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs (до 30 Бк/кг), ^{90}Sr (до 4000 Бк/кг) и $^{239+240}\text{Pu}$ (до 1400 Бк/кг) зафиксированы в растительном покрове в районе боевой скважины 101. Количественные значения ^{137}Cs и ^{241}Am также отмечаются на участке прохождения следа от испытания 24.09.51 на «Опытном поле». Максимальные концентрации ^{241}Am (до $n \times 10^3$ Бк/кг) зафиксированы в местах проведения специфических экспериментов. Содержание радионуклида ^3H в растительном покрове варьирует от $<0,05$ Бк/кг до $0,14 \pm 0,03$ Бк/кг, удельная активность ^3H в органической составляющей исследуемых растений находится ниже предела обнаружения используемой аппаратуры. Повышенные концентрации ^3H в свободной воде растений отмечаются лишь в районе объекта «Лазурит». Полученные значения удельной активности варьируют от 5,5 до 81 Бк/кг, в единичном случае достигают $2,9 \times 10^4$ Бк/кг, что значительно выше уровня вмешательства (УВ) по содержанию ^3H в питьевой воде (7600 Бк/кг).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ САМАРИЯ ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Сальменбаев С.Е., Нургайсинова Н.К., Умаров М.А., Макарычев С.В.¹

Институт Радиационной Безопасности и Экологии РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Республика Казахстан

¹Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

В процессах переработки урановых руд и химико-металлургического производства ядерного топлива помимо целевых продуктов образуется большое количество сопутствующих элементов, многие из которых являются ценными. К числу таких элементов можно отнести и группу редкоземельных элементов, которая, благодаря уникальному сочетанию физических и химических свойств, находит все более широкое применение в различных областях науки и техники. Использование РЗЭ и создание материалов на их основе возрастает из года в год, что в свою очередь стимулирует их добычу и производство.

Помимо этого, в процессе эксплуатации АЭС и переработки отработанного ядерного топлива образуется огромное количество жидких радиоактивных отходов содержащих различные радиоактивные изотопы, контроль за содержанием которых в окружающей среде должен проводиться на всех этапах обращения с РАО. Одним из таких радионуклидов является относительно долгоживущий бета-излучатель Sm^{151} , радиохимическое определение которого проводится после предварительного выделения и концентрирования.

Химическое осаждение, как метод концентрирования и выделения элементов, характеризуется относительной простотой и достаточной универсальностью, позволяющей выделять элементы находящиеся как в ионной, так и в коллоидной формах на различных коллекторах или с образованием собственной твердой фазы.

Цель данной работы: выбор оптимального метода предварительного концентрирования и выделения изотопов самария из азотнокислых растворов.

В ходе экспериментов проводилось выделение изотопов самария из азотнокислого раствора, имитирующего состав почвенного выщелата, путем осаждения гидроксидов и фторидов металлов. Для измерения концентраций элементов использовались масс-спектрометр и атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой.

Сравнение полученных графиков зависимостей для выбранных осадителей показало, что использование гидроксидного осаждения более приемлемо, по сравнению с осаждением фторидов, так как характеризуется более полным выделением целевого продукта и относительно низким содержанием в осадках матричных элементов. В случае с осаждением фторидов рост концентрации осадителя привел к практически полному выделению из растворов щелочноземельных и щелочных элементов, а максимальная степень выделения изотопов самария при этом не превысила 90 %.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДАТИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Мамырбаева А.С., Айдарханова А.К.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

На протяжении последних десятилетий в Казахстане ведется целый комплекс исследований, направленных на изучение последствий проведения испытаний на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП), в том числе, исследования поверхностных водных объектов. Согласно результатам, численные значения техногенных радионуклидов фиксируются как в воде, так и в донных отложениях многих природных озер, расположенных на территории полигона.

Донные отложения, скрытые толщей воды, являются статической средой менее подверженной внешнему антропогенному воздействию, и считаются более показательными для оценки радиационной ситуации и характера радиоактивного загрязнения территории в целом.

В работе представлены данные по распределению радионуклидов в толще донных отложений и результаты расчетов скоростей осадконакопления в водных объектах СИП. Для исследования распределения применялся метод радионуклидного датирования донных отложений, который позволяет реконструировать динамику загрязнения водных объектов техногенными радионуклидами в соответствии с хронологией их поступления в окружающую среду.

Для проведения исследования выбрано 8 объектов, расположенных на территории СИП, включающих в себя 7 природных озер и 1 водохранилище. При выборе данных объектов учитывалось их расположение, размеры, результаты ранее проведенных исследований уровня содержания техногенных радионуклидов в воде и донных отложениях. С каждого озера произведен отбор одной колонки ненарушенных донных отложений, которая делилась на равные слои толщиной 10-12 мм. В каждом слое проводилось определение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^3H (в свободной воде и прочносвязанный), ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, которые могут характеризовать интенсивность процессов (гидрологических, биохимических), происходящих в водных экосистемах.

Согласно полученным результатам, численные значения удельных активностей ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^3H (в прочносвязанной форме), в основном зафиксированы в верхних слоях донных отложений. С увеличением глубины их концентрация экспоненциально снижается. Распределение ^{90}Sr и ^3H в донных отложениях (в виде тритированной воды), благодаря их хорошим миграционным способностям, происходит практически равномерно по всей глубине.

С точки зрения радионуклидного датирования, интерес представили данные, полученные при исследовании внешнего водоёма «Атомного» озера, расположенного на площадке «Балапан». Установлено, что максимальная концентрация $^{239+240}\text{Pu}$, равная 920 ± 20 Бк/кг, зафиксирована в 1-ом и 2-ом слое донных отложений на глубине 10 и 20 мм. Максимумы содержания удельных активностей для других радионуклидов отмечены только для 2-го слоя на глубине 20 мм. Их значения составили: для ^{137}Cs - 1400 ± 150 Бк/кг, для ^{241}Am - 75 ± 10 Бк/кг, для ^3H (прочносвязанного) - 7800 ± 800 Бк/кг. Исходя из архивных данных, такие максимумы концентрации радионуклидов в донных отложениях можно отнести к экскавационному взрыву, проведенному в месте слияния рек Шаган и Ащису 15 января 1965 г., внесшему наибольший вклад в радиоактивное загрязнение данной территории.

Для 3-х водных объектов (озеро Шубран, озеро на следе 1951 г. и внешнего водоёма «Атомного» озера) по содержанию в донных отложениях природного радионуклида ^{40}K произведен перерасчет активности ^{137}Cs по массовой доле в литогенной фракции, в результате чего на вертикальных профилях выявлены хорошо различимые максимумы содержания ^{137}Cs . В соответствии с хронологией событий и архивными данными, полученные максимумы можно приурочить к периодам наиболее активных ядерных испытаний в атмосфере. На основе хронологической датировки донных отложений, для выявленных максимумов определены скорости осадконакопления, составившие 0,05 см/год для озера Шубран, 0,04 см/год для озера на следе 1951 г и 0,06 и 0,1 см/год для внешнего водоёма «Атомного» озера, соответственно.

Таким образом, исследование водных объектов СИП с применением метода датирования донных отложений позволило определить характер вертикального распределения радионуклидов в толще донных отложений, произвести перерасчет удельной активности ^{137}Cs по содержанию в донных отложениях природного радионуклида ^{40}K и провести оценку скорости осадконакопления верхних слоев донных отложений. Полученные данные дополнили ранее имеющиеся результаты, позволив получить более полную картину о характере загрязнения водных объектов, расположенных на территории полигона.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЯГОДНЫМИ КУСТАРНИКАМИ В ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Шевченко Ю.С., Ларионова Н.В., Топорова А.В., Айдарханов А.О

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Ягоды, как один из компонентов природной среды, способны накапливать радиоактивные элементы как естественного, так и искусственного происхождения. К первым относятся ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th , которые широко распространены в земной коре и составляют основную долю естественного радиационного фона. К наиболее распространенным искусственным радионуклидам относятся ^{137}Cs и ^{90}Sr , поступление которых в биосферу произошло сравнительно недавно (начиная с XX в.) и было обусловлено рядом радиационных аварий. В местах проведения ядерных испытаний и на прилегающих к ним территориях значительную роль также играют радионуклиды трансуранового ряда – ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$. Мигрируя по цепям питания с одного трофического уровня на другой, радионуклиды могут концентрироваться в их конечных звеньях в количествах, представляющих опасность для здоровья человека.

Целью данного исследования было определить уровни и параметры накопления естественных (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) и искусственных (^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$) радионуклидов ягодными кустарниками в лесной экосистеме на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону (СИП). Данная территория неоднократно подвергалась радиоактивному воздействию в период проведения атмосферных ядерных испытаний на СИП. При этом основной вклад в радиоактивное загрязнение внесло первое ядерное испытание (29.08.49г.), радиоактивное облако от которого прошло в непосредственной близости от населенных пунктов Черемушки, Мостик, Долонь, Канонерка.

В качестве объектов исследования выбраны следующие ягодные кустарники: шиповник (*Rosa cinnamomea*), калина (*Viburnum opulus*), смородина (*Ribes aureum*), боярышник (*Grataegus laevigata*). Точки отбора располагались вблизи перечисленных населенных пунктов. В каждой точке произведен отбор ягод (плодов) и смешанных образцов почвы на глубину 5 см. Всего отобрано 9 проб ягод и 9 проб почв. Определение удельной активности радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs и ^{241}Am проводили на гамма-спектрометре Canberra GX-2020, ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – радиохимическим выделением с последующим измерением на бета-спектрометре TRI-CARB 2900 TR и альфа-спектрометре Canberra (мод. 7401) соответственно. Концентрацию радионуклидов в растениях определяли в золе, с последующим пересчетом на сухое вещество. Для количественной оценки поступления радионуклидов из почвы в растения использовался коэффициент накопления (Кн) – отношение содержания радионуклида в единице массы растений и почвы соответственно.

По результатам проведенных исследований установлено, что для искусственных радионуклидов повышенные значения удельной активности в почве отмечаются для ^{137}Cs (от 2,7 до 45 Бк/кг) и $^{239+240}\text{Pu}$ (от 0,7 до 210 Бк/кг); ^{90}Sr – не превышает 3,4 Бк/кг, ^{241}Am – 2,3 Бк/кг. Содержание в почве ^{40}K варьирует от 60 до 640 Бк/кг, ^{232}Th – от <2,0 до 37 ± 7 Бк/кг, ^{226}Ra – от <11 до 33 ± 16 Бк/кг. В ягодах – количественно зафиксированы ^{40}K (от 270 до 570 Бк/кг) и ^{90}Sr (до 3,5 Бк/кг), в единичном случае $^{239+240}\text{Pu}$ (0,9 Бк/кг). Коэффициенты накопления (Кн) для ^{40}K составляют 0,48 – 1,2, что соответствует слабому накоплению по аккумуляции растениями химических элементов КН (1–10). Количественные значения Кн искусственных радионуклидов $^{239+240}\text{Pu}$ (0,058) и для ^{90}Sr (0,18–3,2) в большинстве случаев соответствуют значениям Кн для условно «фоновых» территорий.

В целом, ни одно из полученных значений удельной активности радионуклидов в ягодах на исследуемой территории не превышает допустимый уровень. Ожидаемая годовая эффективная доза внутреннего облучения населения от искусственных радионуклидов при потреблении ягод составит ~ 0,003 мЗв/год, что составляет менее 1 % от основного предела дозы для населения 1 мЗв/год, от естественных радионуклидов ~ 0,2 мЗв/год. Таким образом, основной вклад в суммарную дозу внутреннего облучения от перорального поступления радионуклидов с ягодами на исследуемой территории вносит доза от естественных радионуклидов.

**К ВОПРОСУ О ТРИТИЕВОЙ ОПАСНОСТИ В Г. ОБНИНСК
(КАЛУЖСКАЯ ОБЛ., РОССИЯ)**

Лукашенко С.Н., Курбаков Д.Н., Томсон А.В.

Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Радиологии и Агроэкологии, г.Обнинск, Россия

Тритий является основным радионуклидом в выбросах атомных станций. В настоящее время объем годовых выбросов в мире оценивается величиной 0.1 ЭксаБеккерелей. Учитывая темпы развития атомно-энергетической промышленности (ввод новых мощностей АЭС, переработка отработанного топлива, новые мощности для производства трития для его использования в будущих термоядерных реакторах), можно утверждать, что количество трития в окружающей среде будут только возрастать. В дополнение к этому следует учесть другие искусственные источники трития, которые более рассеяны и, соответственно, менее известны и имеют локальное или региональное влияние. К таким источникам следует отнести хранилища радиоактивных отходов (РАО), изделия с люминесцентными красками на основе трития и т.д.

Проблема трития в окружающей среде для Российской Федерации также существует и значительна, так как в России существуют все значимые источники трития и производства, его использующие (развитая атомная промышленность, территории подвергнутые влиянию аварийных ситуаций (Чернобыль, Кыштым), наличие исторических хранилищ РАО с часто неизвестными количествами захороненного трития). Ярким примером является факт загрязнения подземных и поверхностных вод в месте расположения хранилищ РАО спецкомбинатов «Радон», где уровни концентраций трития достигают значений - $n \cdot 10^6$ Бк/л.

Существует такая проблема и в регионе г.Обнинска, где находятся хранилища РАО, введенные в эксплуатацию в 50-70-ых годах прошлого столетия, точные количества захороненных материалов в которых неизвестно. Однако зафиксировано значительное загрязнение подземных вод в непосредственной близости от хранилища, причем концентрации достигают уровней $n \cdot 10^4$ Бк/л, детектируемые количества трития уже отмечаются в воде некоторых водозаборов, на уровне $n \cdot 10^1$ Бк/л, что говорит о значительном распространении ареала загрязнения тритием. Недостатком проведенных работ является очень маленькая статистика наблюдений, что позволяет только констатировать наличие проблемы, но никак не позволяет реально оценить ни масштаб загрязнения, ни даже сколько-нибудь внятно описать его, а также полное отсутствие данных о загрязненности растительного покрова.

В рамках проекта Российского Фонда Фундаментальных Исследований в 2019-ом году во ВНИИРАЭ начаты работы по систематическому исследованию данной проблемы. Задачами проекта являются:

- исследование характера и уровней загрязненности Тритием объектов окружающей среды в зоне прямого влияния источника Трития (на примере мест размещения хранилищ РАО в г. Обнинске);
- исследование основных и специфических механизмов миграции и трансформации Трития;
- исследование различий в содержании трития (НТО, ОСТ) в растениях различной видовой принадлежности;
- исследование фоновых концентраций Трития в объектах окружающей среды.

В докладе приведены первые данные, полученные при реализации данного проекта.

КОМПЛЕКС АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УРАНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ

Глуценко В.Н., Краснонёрова М.В., Желтов Д.А., Мильц О.С., Силачев И.Ю.

РГП Институт ядерной физики, г.Алматы, Казахстан

В Республике Казахстан (РК) существует развитый комплекс по добыче и переработке сырья, содержащего природный уран. В связи с этим в республике назрела необходимость создания ядерно-криминалистической базы данных (БД) с информацией о ядерных материалах, имеющихся в стране, в т.ч. на основе природного урана. Как и во всем мире, компетентным органам РК необходимо вести учет ядерных материалов в целях идентификации и установления происхождения материалов, изъятых в результате из незаконного оборота.

Одной из основных составляющих БД являются радионуклидные и элементные "портреты" материалов, получаемых на всех этапах уранового производства. В данной работе исследован элементный и радионуклидный состав различных материалов цикла добычи и переработки урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ), включая исходное урановое сырье, технологические среды и растворы.

Методами оптико-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), инструментального нейтронно-активационного анализа и энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа определен макро- (P, Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, Mn, Fe) и микрокомпонентный состав (As, V, Ba, Bi, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Re, Sb, Th, U, W, Zn, Zr) исследуемых материалов, а также содержание редкоземельных элементов. Радионуклидный состав (^{234}U , ^{238}U , ^{234}Th) исследован методами альфа- и гамма-спектроскопии, изотопное отношение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ определено методом ICP-MS.

В результате проведенных исследований выявлены характерные фрагменты элементных и радионуклидных «портретов» урансодержащего сырья и продуктов его переработки на предприятиях мирового лидера по добыче природного урана JSC NAC KAZATOMPROM. На основе полученных "портретов" определены индивидуальные и групповые маркеры для характеристики, идентификации и геохимической привязки урансодержащих продуктов добычи и производства урана методом ПСВ на предприятиях Казахстана.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Солодухин В.П., Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В., Краснонёрова М.В.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В Казахстане, в связи с географическим положением и спецификой индустрии, остро стоит вопрос дефицита качественных пресных вод, что приводит к необходимости постоянного контроля уровня загрязненности водных объектов. Недра Казахстана богаты ураном, при его добыче и технологической переработке зачастую происходит загрязнение природных вод естественными радионуклидами (ЕРН).

Проведение радиационного контроля воды, включая ее пробоподготовку, является сложной задачей, так как вода представляет собой систему растворенных в ней минералов и солей. Из-за значительной разнородности радионуклидного и минерального состава, удельной активности природных радионуклидов и других характеристик природных вод возникает необходимость применения радиохимических методов определения содержания радионуклидов. Первоочередным этапом определения степени радионуклидной загрязненности воды является оценка суммарной активности альфа- и бета-излучателей. По нормам санитарно-экологических требований РК допустимые значения суммарной альфа-активности составляют 0,2 Бк/л, суммарной бета-активности – 1,0 Бк/л. При превышении норм суммарной активности альфа- и бета-излучателей необходимо проводить более детальный анализ на содержание отдельных радионуклидов.

В ИЯФ МЭ РК создан комплекс освоенных, разработанных и усовершенствованных радиохимических методик с альфа-, бета-, гамма-спектрометрическим и радиометрическим окончаниями для определения радионуклидного состава проб воды и суммарной альфа- и бета- активности. Комплексное исследование проб

воды начинается с определения суммарной альфа- и бета- активности. Пробоподготовка воды для концентрирования радионуклидов из объема выполняется либо методом упаривания (для пресных вод), либо радиохимическим методом соосаждения (для минерализованных вод). Метод выпаривания пробы до сухого остатка включает сульфатизацию и прокаливание в печи. На этих стадиях при высоком содержании солей и минералов в исходной пробе воды происходит образование сульфатных, карбонатных и стекловидных осадков, которые поглощают альфа-излучение. Радиохимический метод включает в себя осаждение на носители металлического типа ($\text{Al}(\text{NO})_3$ и BaCl_2) при $\text{pH} = 8-9$, фильтрование, высушивание полученного осадка и приготовление счетного образца. При такой пробоподготовке повышается чувствительность к регистрации альфа-излучения, но данный метод не предусматривает выделение некоторых бета-излучающих радионуклидов и потому не применим для исследования бета-активности проб воды.

Радиометрическим окончанием завершается также радиохимический анализ проб воды на определение активности изотопов ^{210}Po и ^{210}Pb (по дочернему продукту распада ^{210}Bi). Подготовка проб воды выполняется посредством концентрирования изотопов из водной пробы на гидроксиде железа, растворения полученного осадка в соляной кислоте, устранения влияния мешающих элементов и спонтанного селективного электрохимического осаждения изотопов полония и висмута на стальную подложку. Радиохимические исследования сильно зависят от чувствительности радиометров и достаточно условны при измерениях малых активностей счетных образцов ввиду большого влияния фона (от излучения содержащихся в воздухе радона, торона).

Методом гамма-спектрометрии с предварительной пробоподготовкой (упаривание пробы воды объемом 10 л до сухого остатка) определяется ряд естественных и техногенных радионуклидов, которые являются либо гамма-излучателями, либо имеют гамма-излучающие короткоживущие продукты радиоактивного распада (^{234}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{227}Th , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{214}Pb , ^{212}Pb , ^{210}Pb , ^{214}Bi , ^{212}Bi , ^{208}Tl , ^{235}U , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{241}Am и другие). Метод зависит от корректности калибровки по эффективности регистрации и разрешающей способности гамма-спектрометрического оборудования, характеризуется надежностью и высокой чувствительностью.

Радиохимический анализ определение в воде активности изотопов ^{238}U , ^{234}U выполняется путем введения трассера ^{232}U , концентрирования на железный носитель из одного литра пробы, экстракции в 30% ТБФ, реэкстракции дистиллированной водой, упаривания до сухого остатка, создания среды для электролиза и осаждении на стальной диск с последующим измерением на альфа-спектрометре. Данный метод обладает рядом преимуществ, а именно простотой радиохимической подготовки без использования трудоемких химических и физических процессов, высокой чувствительностью и производительностью.

Все методы используется в работах по мониторингу трансграничных рек, контролю радионуклидного состава технических вод и изучению радиэкологической обстановки в бассейнах наиболее загрязненных ЕРН водных объектах Казахстана и других стран Центральной Азии.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО И РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ОБРАЗЦОВ ГРУНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Солодудин В.П., Ленник С.Г., Силачев И.Ю., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В., Соколенко Е.К.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Начиная с 2013 г., в связи с принятым курсом страны на ее индустриализацию выполнен значительный объем работ по обновлению и развитию комплекса методов для аналитического сопровождения геологических исследований и работ, выполняемых предприятиями редкометальной и редкоземельной отраслей страны. Созданный аналитический комплекс успешно апробирован на различных геологических объектах (полиметаллы, хромиты, бокситы, уголь, золотоносные и урановые руды) и продуктах их технологической переработки. В настоящее время лаборатория ядерно-физических методов анализа ИЯФ МЭ является единственной в Казахстане лабораторией, обеспеченной современным научным оборудованием и аттестованными ядерно-физическими методиками, предназначенными для комплексного изучения радионуклидного и элементного состава геологических и технологических объектов. Основное методическое обеспечение лаборатории составляют следующие внесенные в реестр средств измерений методики:

Методика выполнения измерений (МВИ) «Определение элементного состава твердых проб нейтроноактивационным методом», которая позволяет определять содержание до 34 элементов из следующего списка: Ag, As, Au, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Gd, Hg, Hf, Ho, Ir, La, Lu, Nd, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Ru, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U, W, Yb, Zn. Предел определения большинства из этих элементов – $n \cdot (10^{-5} - 10^{-7})\%$.

Погрешность их определения не превышает значений, предусмотренных для методов III категории точности анализа минерального сырья. Методика может быть использована для решения аналитических задач в геологии, экологии, металлургии, а также в других отраслях и сферах деятельности.

Специализированная МВИ «Определение содержания редкоземельных металлов в геологических пробах комплексом ядерно-физических методов», которая обеспечивает определение содержания до 13 редкоземельных металлов (РЗМ) из следующего списка: Ce, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Sc, Sm, Tb, Tm, Y, Yb. Предел определения этих элементов – $n \cdot (10^{-5} - 10^{-7})\%$. Погрешность их определения не превышает значений, предусмотренных для методов III категории точности анализа минерального сырья. Методика предназначена для количественного определения РЗМ в следующих геологических пробах: горные породы, руды, минералы, почвы, донные отложения и может быть использована для поиска, разведки и подсчета запасов этих металлов, в геохимии, экологии, технологии и других смежных отраслях.

МВИ «Определение элементного состава порошковых проб различных материалов на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном приборе с полупроводниковым детектором РЛП-21». Методика обеспечивает определение содержания до 41 элемента из следующего списка: Ag, Al, As, Ba, Bi, Br, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Ga, Ge, In, K, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Rb, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn, Zr. Предел определения большинства из этих элементов – $n \cdot (10^{-3} - 10^{-4})\%$. Погрешность определения всех этих элементов не превышает значений, предусмотренных для методов III категории точности анализа минерального сырья. Методика предназначена для определения элементного состава геологических пород, руд и продуктов их технологической переработки, почв, грунтов, донных отложений и может быть использована для решения аналитических задач в экологии, геологии, цветной металлургии и других отраслях промышленности.

МВИ «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах», позволяющая определять удельную активность естественных и искусственных; долгоживущих и короткоживущих радионуклидов. Предел определения этих радионуклидов находится в интервале $n \cdot (0.1 - 10)$ Бк/кг. Точность определения удельной активности большинства из них находится в пределах 15 %. Методика может быть использована для определения радионуклидного состава горных пород, руд, минералов, объектов окружающей среды и продуктов питания.

Представленные методики далеко не исчерпывают всех возможностей используемых ядерно-физических и спектрометрических методов. В случае необходимости список определяемых элементов может быть расширен, а метрологические характеристики – усовершенствованы.

Созданный комплекс освоенных и усовершенствованных методов используется для решения геологических, технологических и экологических задач Республики Казахстан.

КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Умаров М.А., Айдарханов А.О., Стрильчук Ю.Г.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Комплексное экологическое обследование территории Семипалатинского испытательного полигона подходит к своему логическому завершению – определению фактической радиационной обстановки на полигоне после его закрытия.

По результатам проведенных исследований выполнена оценка дозовых нагрузок на население, которое, в случае передачи части земель СИП в хозяйственный оборот, может в будущем проживать и вести хозяйственную деятельность на этих землях. Для этого, предложен подход по определению статуса земель СИП – «рекомендованные к выводу из состава земель запаса» и, соответственно, «не рекомендованные к выводу из состава земель запаса». Основным критерием для определения статуса земель полигона выбрана среднегодовая эффективная доза, которую может получить человек, проживая на них. При этом, по результатам комплексного экологического обследования выполняется прогнозная оценка радиационного состояния территории СИП – возможны ли в ближайшем (до 10 лет) или отдаленном (до 100 лет) будущем негативные изменения, способные повлиять на увеличение годовой дозы облучения населения.

Комплексное экологическое обследование Семипалатинского испытательного полигона подразумевает под собой исследования основных природных сред – почвенный покров, атмосферный воздух, водная среда, растительный покров и животный мир – на предмет определения содержания в них техногенных радионуклидов, и не предусматривает исследования, связанные с естественными радионуклидами.

Работы, начатые в 2009 году, планируется завершить в 2021 году. На текущий момент выполнено обследование территории площадью 11 610 км², или 62% от общей площади полигона, равной 18300 км².

Также, выполнено комплексное экологическое обследование территории основных испытательных площадок СИП - «Балапан» (площадь 700 км²), «Дегелен» (площадь 275 км²) и «Сары-Узень» (площадь 325 км²), которые являются участками, частично подвергшимися «сверхнормативному радиоактивному загрязнению или иным образом представляющие угрозу жизни и здоровью населения...» согласно Земельному кодексу «Кодекс Республики Казахстан» от 20 июня 2003 года №442.

По результатам обследования и на основании всей совокупности экспериментальных данных, с учетом существующих требований нормативной базы РК, установлено, что большую часть обследованной территории (площадь около 11 тыс. км²) можно использовать без ограничений.

Другая категория участков общей площадью около 500 км², расположенная в районе следа радиоактивных выпадений от самого мощного испытания, проведенного 12 августа 1953 года, и в районе площадок «Дегелен» и «4а», имеет незначительный уровень радиоактивного загрязнения. Эти земли не могут использоваться в сельскохозяйственных целях, но могут быть переведены в земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения.

Территории площадок «4а» и «Телькем», «Могильника», части русел ручьев Узын-Булак и Карабулак, в районе озера Кишкенсор суммарной площадью около 100 км², должны остаться в составе земель запаса.

Таким образом, говоря о возможности вывода части «чистых» земель из состава СИП, с одной стороны, можно существенно сократить площадь полигона, однако, учитывая расположение испытательных площадок, земли которых не будут выводиться из состава СИП, а также других радиоактивных участков, имеющих небольшую площадь, но расположенных в разных частях полигона, в обновленные границы СИП частично войдут и «чистые» территории. Это связано с тем, что граница СИП должна быть непрерывной, а полигон - единым объектом, а не мозаикой «чистых» и «грязных» земель.

Другой проблемой, связанной с уточнением границ СИП, является обнаружение повышенных содержаний трития в воде реки Шаган, которая выходит за границы полигона. Следовательно, при уточнении границ СИП следует рассматривать возможность их прохождения по ранее не включенным в состав СИП землям.

По результатам обследования предыдущих лет (2009-2018 гг.) готовятся Материалы комплексного экологического обследования части территории СИП, входящей в Карагандинскую область, для прохождения Государственной экологической экспертизы. После завершения работ в 2021 году будут подготовлены аналогичные Материалы комплексного экологического обследования на части территории СИП, входящих в Восточно-Казахстанскую и Павлодарскую области.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Краснопёрова М.В., Желтов Д.А., Мильц О.С., Харкин П.В., Глуценко В.Н.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В Республике Казахстан существует развитый комплекс по добыче и переработке сырья, содержащего природный уран. В связи с этим в Центре комплексных экологических исследований РГП ИЯФ занимаются комплексным анализом урансодержащих материалов. На данный момент изучены радионуклидный и элементный составы различных проб уранодобывающего производства.

Используются передовые современные методы измерения, такие как методы атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, а также методы альфа- и гамма-спектроскопии.

Для определения содержания гамма-излучающих радионуклидов в исследуемых пробах используют широкополосный германиевый детектор (BEGe) компании CANBERRA, с широким диапазоном энергий от 3 кэВ до 3 МэВ. Калибровка детектора по эффективности регистрации выполняется с использованием стандартных источников, предоставляемых Международным агентством по атомной энергии, в частности урановая RGU-1 и ториевая RGTh-1 руды соответственно.

Определение содержания ²³⁸U с помощью гамма-спектроскопии сложная задача, т.к. ²³⁸U является α-излучателем и не имеет жестких γ - линий, по которым может быть определен. Поэтому расчет активности выполняют по дочернему радионуклиду ²³⁴Th с энергетической γ - линией 63,3 кэВ. Предполагается, что материнский радионуклид находится в условиях его равновесия с дочерними нуклидами. Скорость наступления равновесия определяется периодом полураспада (T_{1/2}) наиболее долгоживущего его члена и

равно приблизительно $7T_{1/2}$. Для правильного определения урана, ^{234}Th ($T_{1/2}=24,1$ суток) должен находиться в равновесии с материнским радионуклидом ^{238}U , что достигается примерно через 5 месяцев.

Определение изотопов урана выполняют также с помощью альфа-спектрометрического метода с радиохимической подготовкой. Сущность метода заключается в измерении альфа-спектра счетного образца, содержащего изотопы урана, селективно выделенных из пробы урансодержащих растворов, с использованием радиохимических приемов, с введением изотопного индикатора-метки ^{232}U и последующем расчете их объемных активностей в пробе. Диапазон измерений объемной активности по данной методике составляет от $0,01$ до 10^3 Бк/дм³.

В настоящий момент в Центре комплексных экологических исследований РГП ИЯФ проводится внедрение специализированного программного кода PC/FRAM для углубленного анализа изотопных соотношений изотопов урана и плутония в гамма-спектрах, набранных с помощью германиевого детектора. Алгоритм программного комплекса PC/FRAM постоянно развивался в национальной лаборатории Лос-Аламоса с середины 1980-ых годов. Программа PC/FRAM-B32 производит анализ гамма-спектров и делает расчет содержания изотопов. Дальнейшей нашей целью является оптимизация процесса анализа изотопного состава урана при использовании спектрометрического тракта на основе HPGe-детектора и кода FRAM.

Измерение активности урана в растворах гамма-спектрометрическим методом можно рекомендовать в качестве контроля результатов полученных альфа-спектрометрическим методом.

Методы атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой позволяют выявить возможных "кандидатов" на элементные маркеры, которые можно условно разделить на индивидуальные и групповые, которые возможно использовать для идентификации и характеристики урансодержащих растворов.

Полученные данные по $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в исследованных пробах уверенно свидетельствуют об изотопном сдвиге $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в сторону обеднения по ^{234}U , наиболее вероятной причиной которого является эффект Чердынцева-Чалова. Значение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ является важным параметром и его можно использовать в качестве дополнительного индивидуального изотопного маркера к элементному портрету исследуемого урансодержащего объекта.

Таким образом, в урансодержащих пробах спектральными и радиометрическими методами возможно выполнить определение содержания следующих химических элементов и радионуклидов: As, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Re, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Zr, Y, Sc, редкоземельные элементы, радионуклиды ^{234}U , ^{238}U , ^{234}Th и изотопного соотношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в различных продуктах добычи/переработки урана.

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА «АЗГИР» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Глуценко В.Н., Полешко А.Н., Моренко В.С., Севериненко М.А., Макарова В.А., Левашов М.А.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Мониторинг радионуклидного и элементного состава объектов окружающей среды проводится с целью определения влияния полигона «Азгир» на радиоэкологическую ситуацию в прилегающих населенных пунктах. В процессе работ выполнен отбор 196 проб объектов окружающей среды, в том числе 38 проб подземных и поверхностных вод, 128 проб почвы, 8 проб донных отложений из техногенного озера на площадке А 9 и 22 пробы растительности. По всем пробам проведен лабораторный анализ состава. Согласно полученным данным средние значения удельных активностей искусственных радионуклидов в почвах и донных отложениях соответствуют уровням глобальных выпадений для данного региона, что позволяет констатировать об отсутствии влияния полигона Азгир на уровень загрязненности почв исследованных населенных пунктов.

Не обнаружено наличия техногенных радионуклидов во всех пробах вод водоносных горизонтов на глубинах до 20 м. Отсутствие трития, обладающего чрезвычайно высокой миграционной подвижностью, позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время влияние бывшего полигона «Азгир» на качество источников водопользования, обусловленное миграцией техногенных радионуклидов с подземными водами, отсутствует.

Отмечено присутствие в водах колодцев природного урана в концентрациях, не превышающих уровень вмешательства для вод, используемых в питьевых целях. По результатам исследований качества вод по общехимическим показателям показано присутствие в водах ряда тяжелых металлов и токсичных элементов.

Обращает на себя особое внимание присутствие практически во всех пробах воды лития. Это исключает использование вод для водоснабжения в питьевых целях.

Исследование солевого состава и общей минерализации (сухого остатка) вод выполнено путем оценки концентраций хлорид-иона Cl^- и сульфат-иона SO_4^{2-} в отобранных пробах. Подтверждена сильная дифференциация подземных вод по степени минерализации и элементного состава, что позволяет сделать вывод о пространственной разобщенности подземных вод, и подтвердить данные об их залегании в виде локальных изолированных линз на глубинах до 20 метров. Данный фактор существенно снижает потенциальную возможность миграции радионуклидов на дальние расстояния, и позволяет сделать благоприятный прогноз об исключении вероятности общего радиоактивного загрязнения подземных вод на территории полигона.

Присутствие техногенных радионуклидов в растительности незначительно и находится на уровне предела обнаружения применяемых методик.

По результатам проведенного мониторинга радиоэкологическая обстановка на исследуемой территории стабильна.

Отмечено, что площадки А3, А8 и А10 имеют загрязненность почв тяжелыми металлами, соответствующую категории умеренно опасного загрязнения, площадка А11 практически не загрязнена, а на остальных площадках загрязнение имеет допустимую величину.

В результате оценки качества почв в п. Азгир и п. Балкудук не зафиксировано повышенных концентраций тяжелых металлов, что доказывает отсутствие влияния проведения технологических операций на полигоне на качество почв в этих населенных пунктах.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АВАРИЙНЫХ ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЗИМЕТРИИ

Осовец С.В., Азизова Т.В., Василенко Е.К.

ФГУП Южно-Уральский институт биофизики, г. Озерск, Россия

Задача оценки доз внешнего облучения при аварийных инцидентах методами биологической дозиметрии, наряду с методами стандартной физической дозиметрии, является актуальным научным направлением в области радиационной безопасности и дозиметрии. В аварийных ситуациях или в случае масштабных радиоэкологических катастроф, когда определение и расчет доз внешнего облучения требуют значительного времени или в принципе трудно реализуемы на практике, важную роль приобретают более оперативные методы биологической индикации и дозиметрии. В настоящее время методы биологической дозиметрии основываются на анализе различных показателей, - это могут быть цитогенетические данные (хромосомные аберрации), показатели периферической крови, биохимические показатели, двойные разрывы ДНК и т.д.

Применительно к острой лучевой болезни (ОЛБ) с целью прогноза степени тяжести поражения, оценки дозы и сортировки пострадавших, в частности, используют такие показатели как время наступления рвоты и динамику изменений показателей периферической крови в первые часы и дни после аварийного облучения или радиационной катастрофы. В такой ситуации возможна комплексная оценка доз аварийного облучения, построенная при совместном учете времени наступления рвоты и динамики изменений некоторых показателей периферической крови. Поэтому основной задачей настоящего исследования являлась разработка подходов комплексной оценки доз внешнего излучения методами биологической дозиметрии при аварийном облучении. На ограниченных выборках ($n_1 = 15$ и $n_2 = 12$ человек) работников Производственного объединения «Маяк», перенесших острую лучевую болезнь (ОЛБ), методом биологической дозиметрии оценены индивидуальные дозы внешнего гамма облучения. В качестве первичных характеристик для расчета доз были использованы следующие исходные данные: доза внешнего γ -облучения, определенная расчетным путем на основе метода физической дозиметрии – D (Гр); время наступления рвоты – T (ч); количество лимфоцитов в периферической крови на вторые сутки после острого облучения – L ($10^9/\text{л}$); количество нейтрофилов в крови в первые часы (6-12ч.) после аварийного облучения – N ($10^9/\text{л}$). Вначале были верифицированы одномерные регрессионные модели для расчета доз: степенная зависимость поглощенной дозы (D) от времени наступления рвоты (T), экспоненциальная модель зависимости D от количества лимфоцитов в периферической крови – L , зависимость D от количества нейтрофилов в периферической крови – N . После этого на основе полученных одномерных регрессионных зависимостей были построены две мультипликативные комплексные модели зависимостей: первая модель D от переменных T и L , и вторая

модель D от переменных T и N. Показано, что наилучшее соответствие с методами физической дозиметрии при оценке индивидуальных доз от внешнего излучения получено при применении метода биологической дозиметрии с использованием комплексного подхода. С практической точки зрения построены надежные ($R^2 \approx 0.9$) двухфакторные нелинейные регрессионные зависимости для оценки индивидуальных доз аварийного внешнего гамма облучения в широком рабочем диапазоне доз: от 0.5 до 50 Гр.

КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДОНА В ВОДЕ И ПУТИ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

Юнусов М.М.¹, Тиллобоев Х.И.²

¹Горно-металлургический институт Таджикистана, г. Бустон

²Худжандский государственный университет им. акад. Б. Гафурова, Таджикистан

Для определения объемной активности (ОА) радона в природной воде, были отобраны пробы воды из родников и скважин Б. Гафуровского района, Согдийской области в июне месяце 2018 года. Измерение ОА радона были произведены радиометром радона РРА-01М-03 и пробоотборным устройством ПОУ-04. Измерение ОА радона в воде основано на использовании циркуляционного способа перевода радона вместе с воздухом из объема пробы в рабочую камеру РРА в процессе барботирования[1].

Работа РРА основана на электрическом осаждении ионизированных дочерних продуктов радона в камере измерения на поверхность полупроводникового детектора и последующей регистрацией альфа излучения RaA (Po-218). Результаты замеров показали, что, объемная активность радона-222 (^{222}Rn) в пробах воды находится в пределах от 5 Бк/л до 22 Бк/л.

Уровень вмешательства и уровень радиационного фактора, что при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия для радона в питьевой воде составляет 60 Бк/л [2]. Полученные значения ОА радона в пробах воды ниже уровня вмешательства. Кроме того радон быстро распадается. Период полураспада радона-222 равен 3,82 суток. Это означает, что концентрация радона снизится за 3,82 суток (примерно за 92 часа) в два раза. Дочерние продукты распада радона-222 являются металлами и они выпадают в осадок. Кроме распада радона в воде он испаряется из воды при хранении питьевой воды в открытом сосуде.

Для определения скорости испарения радона с поверхности сосуда мы хранили пробы в открытых сосудах (пробоотборниках). Объем пробоотборника 0,046 л, и площадь открытой поверхности пробоотборника 3,79 см², средняя температура окружающей среды 17 градусов.

Через 40 часов проведено повторное измерение радона в пробах воды. Результаты исследования показали, что за 40 часов концентрация радона в образцах понизилась в среднем от 13,22 до 7,1 Бк/л, т.е. примерно в два раза за счет его распада и испарения.

Для вычисления ОА радона за счет распада за 40 часов применяем формулу закона распада:

$$A = A_0 * e^{-\lambda t}$$

где: A_0 – начальная концентрация радона ;

e – основа натурального логарифма;

t – время, за которое радон распадается (40 часов = 2400 минут);

λ – постоянная ($\lambda = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{мин}^{-1}$) распада ^{222}Rn .

Используя эти данные, вычислили оставшуюся концентрацию радона за счет радиоактивного распада, получилось 9 Бк/л. Но результаты замеров показали, что средняя концентрация радона в образцах равна 6,5 Бк/л. Необходимо отметить, что ОА радона значительно уменьшается и за счет дегазации воды. В нашем случае ОА радона уменьшается за счет дегазации на 2,7 Бк/л за 40 часов. Таким образом, обобщая вышесказанное можно сделать вывод что, при хранении питьевой воды в открытом сосуде в течение 40 часов, концентрация радона снижается в 2 раза.

Литература:

1. Радиометр радона РРА-01М-03. Руководство по эксплуатации МГФК 412124.003 РЭ.– М.:Доза. 2004.-45с.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06) СП2.6.1.001.06. –Душанбе:Дониш. 2006. - 165с.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СВЯЗАННОГО ТРИТИЯ В ПРОБАХ МОЧИ

Жамалдинов Ф.Ф., Шатров А.Н.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Тритий (H^3) широко распространенный в природе радионуклид, который можно отнести к числу важнейших дозообразующих радионуклидов. В настоящее время стало уделяться большее внимание оценке влияния органической связанной формы трития на формирование дозовых нагрузок на население. Органически связанный тритий, является наиболее биологически опасной формой трития, т.к. его период полувыведения из организма составляет больше года, в то время как период полувыведения трития из организма человека в виде свободной воды составляет около 10 дней. Работы по изучению выведения медленной компоненты трития крайне малочисленны и в этой связи разработка методики определения ОСТ имеет огромное практическое значение.

Основной метод контроля эффективной дозы внутреннего облучения людей от трития предполагает исследование содержания радионуклида в моче. Для проведения апробации разработанной методики использовалась моча, отобранная у персонала, не работающего в среде, содержащей тритий. Для определения ОСТ в исследуемых образцах урины выбрана техника пробоподготовки, основанная на сжигании в кислородной среде. В данной работе для определения ОСТ использовался коммерческий прибор PerkinElmer Sample Oxidizer model 307 («Оксидайзер»).

Для проведения измерений отбирается суточный объем мочи при стандартном питьевом режиме. Первичный этап подготовки проб с целью удаления НТО включает себя процесс выпаривания до сухого остатка при температуре 110-150° С. Время выпаривания составляет от 2 до 6 суток. Образованный сухой остаток сжигается в целлюлозном конусе с использованием установки Sample Oxidizer. Стандартные и фоновые пробы готовятся одновременно с основными пробами, чтобы свести к минимуму ошибку измерения. Полученный водный образец помещается в пластиковую вialу и заливается жидким сцинтиллятором Ultima Gold LLT до объема 20 мл. Определение активности ОСТ в полученном счетном образце проводится с использованием жидкосцинтилляционного спектрометра Quantulus.

В разработанной методике описан порядок определения оптимальной навески сжигаемого образца для исключения и минимизации эффектов гашения в счетном образце. Отражены основные параметры проведения измерения на жидкосцинтилляционном спектрометре: проведение калибровки по эффективности, измерение фоновых характеристик, выбор окна регистрации для 3H , расчет активности измеряемого образца.

Анализ и обработка данных исследования образцов с использованием данной методики измерений показал исключение влияния хемилюминесценции и других мешающих факторов на скорость счета в окне регистрации трития. Результаты получены в виде достаточно низких пределов обнаружения порядка 5 Бк/л.

НАКОПЛЕНИЕ ИЗОТОПА ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ ЗА СЧЁТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ТАДЖИКИСТАНА

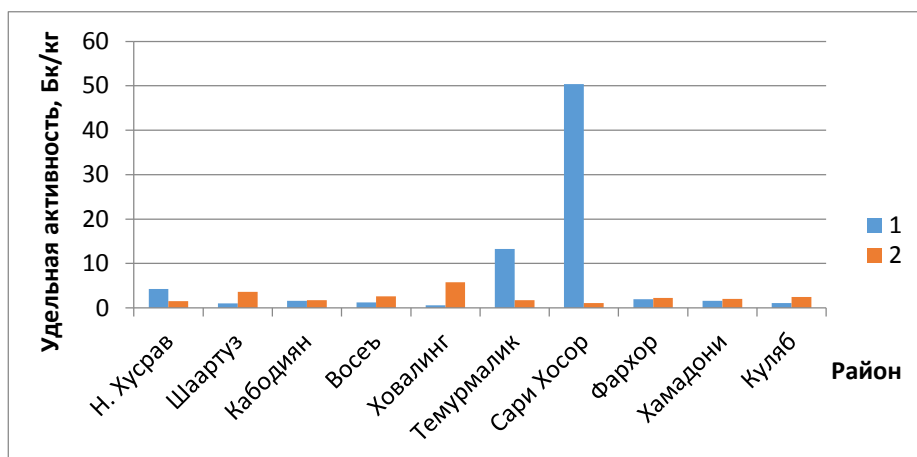
Муминов С.В., Мирсаидов И.У., Баротов Б.Б., Бахронов С.М., Мирсаидов У.М.

Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академия наук Республики Таджикистан,
г. Душанбе, Республика Таджикистан

Атмосферные испытания ядерного оружия в начале 60-х гг. прошлого века привели к тому, что цезий-137 встречается повсеместно в почвах, в донных отложениях рек, озер и морей, в атмосферных выпадениях. В северном полушарии существенный вклад в загрязнение цезием-137 внесли аварии на ЧАЭС и Фукусиме [1].

Содержание природных и техногенных радионуклидов изучалось в аэрозольных выпадениях на территории Таджикистана [2]. Их осаждение и накопление в почве в зависимости от высоты местности и вида грунта исследовано нами на территории юго-запада Таджикистана. Отбор проб почвы проводили традиционными методами до глубины 25 см. В ходе исследования отбор проб проводился для двух категорий почв: отбор проб грунта из земель запаса и земель сельскохозяйственного назначения. Однородную пробу

измеряли гамма-спектрометром с детектором из особо чистого германия (CANBERA, программное обеспечение Genie-2000). Удельная активность изотопа Cs-137 в различных грунтах в зависимости от местности приведена на рисунке 1.



1 - земли запаса; 2 - земли сельскохозяйственного назначения.

Рисунок 1 - Удельная активность цезия-137 в почве различных районов Хатлонской области Таджикистана

В результате исследования выявлено, что чем выше местность над уровнем моря, тем больше удельная активность изотопа Cs-137. Например, район Сари Хосор находится на высоте примерно 1750 м над уровнем моря, где удельная активность Cs-137 составляет 50,35 Бк/кг. Это значение превышает значения в других районах в среднем в 10 раз. Другой вопрос - это механический состав почвы. Там, где почва песчаная или супесчаная, удельная активность изотопа Cs-137 относительно уменьшается. Из диаграммы можно увидеть, что удельная активность Cs-137 в пробах непаханных земель двух районов резко повышается, что объясняется накоплением цезия у подножья гор при постоянном смывании аэрозольных осадков. Меньшее содержание цезия в других районах также обуславливается сдерживанием атмосферных потоков высокими горами.

Литература:

1. Сапожников Ю. А., Алиев Р. А., Калмыков С. Н.. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. -М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 286 с.
2. Абдуллаев С.Ф., Абдурасулова Н.А. и др. Распределение природной и техногенной радиоактивности в образцах пыльной мглы юга Таджикистана // Доклады АН Республики Таджикистан. -2011. –Т.54. -№9. - С.746-753.

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ КУЛЬТУРОЙ *LACTUCA SATIVA* НА ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Пономарева Т.С., Поливкина Е.Н., Ларионова Н.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

По результатам исследований, проведенных ранее на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП), установлены количественные параметры накопления искусственных радионуклидов доминантными видами растений степных и луговых экосистем для участков с различным характером радиоактивного загрязнения [1]. Также в естественных природно-климатических условиях получены базовые коэффициенты накопления (Кн) для продукции растениеводства [2]. В обоих случаях, значения Кн характеризуются высокой вариативностью как для разных видов растений, так и в пределах одного вида, что вероятно обусловлено неравномерным воздействием комплекса факторов. Исходя из этого, для получения максимально репрезентативных данных о параметрах перехода радионуклидов в растения, возникла необходимость проведения серии модельных экспериментов, в которых условия произрастания будут идентичными.

Целью настоящей работы стала количественная оценка накопления искусственных радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am культурой *Lactuca sativa* на почвах с различным характером радиоактивного загрязнения в условиях модельного эксперимента. Для этого были созданы идентичные условия произрастания растений, исключаяющие их возможное влияние на вариативность количественных показателей процесса накопления радионуклидов.

В эксперименте использовались контрастные по физико-химическим свойствам почвы степных и луговых экосистем СИП, имеющие различный характер радиоактивного загрязнения: почва с припортового участка штолен № 176 и 177 (площадка «Дегелен»), с заведомо известным высоким уровнем загрязнения по ^{137}Cs , и почва с эпицентра наземных испытаний (площадка «Опытное поле»), характеризующаяся высоким содержанием трансураниевых радионуклидов, в том числе ^{241}Am . Определение удельной активности (УА) радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am проводилось на гамма-спектрометре Canberra GX-2020. Концентрация радионуклидов в растениях определялась в золе, с последующим пересчетом на сухое вещество.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание ^{137}Cs и ^{241}Am в смешанных образцах почвы с припортового участка штольни № 176 составило 8100 Бк/кг и 43 Бк/кг, штольни № 177 – 3000 Бк/кг и 720 Бк/кг, с мест проведения наземных испытаний – 2600 Бк/кг и 10000 Бк/кг соответственно. Количественные значения УА ^{241}Am удалось получить лишь для экспериментальных растениях, выращенных на почве с площадки «Опытное поле» (2,1 Бк/кг). Содержание ^{137}Cs в растительных образцах, выращенных на почве с припортового участка штольни № 176 (320-700 Бк/кг) оказалось выше на порядок по сравнению с результатами, полученными на почве с припортового участка штольни № 177 (15-70 Бк/кг), и на 2 порядка – по сравнению с результатами для почвы с площадки «Опытное поле» (2,4 Бк/кг).

На основании полученных величин УА радионуклидов в исследуемых растениях и почвах рассчитаны Кн ^{137}Cs и ^{241}Am для культуры *Lactuca sativa*. Максимальные Кн установлены для ^{137}Cs на почве с припортового участка штольни № 176 (0,040-0,086), которые в среднем в 5 раз превышают Кн ^{137}Cs , полученные на почве с припортового участка штольни № 177 (0,005-0,023) и почти на 2 порядка выше Кн данного радионуклида, полученного для почвы с мест наземных испытаний на площадке «Опытное поле» (0,0009). Минимальный Кн получен для ^{241}Am и составляет 0,0002.

Таким образом, установлены различия в значениях Кн для культуры *Lactuca sativa* на почвах с различным характером радиоактивного загрязнения, которые могут быть связаны как с физико-химическими свойствами исследуемых почв, так и с формами нахождения в них самих радионуклидов. Полученные результаты модельного эксперимента в целом согласуются с Кн для растений естественных экосистем, при этом являются более однородными.

Литература:

1. Larionova, N.V. Transfer of radionuclides to plants of natural ecosystems at the Semipalatinsk Test Site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, A.M. Kabdyrakova, A.Y. Kunduzbayeva, A.V. Panitskiy, A.R. Ivanova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. - № 186. – P.163-170.
2. Kozhakhhanov, T. E. Accumulation of artificial radionuclides in agricultural plants in the area used for surface nuclear tests / T. E. Kozhakhhanov, S. N. Lukashenko, N. V. Larionova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – Vol. 137. – P. 217-226.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ
ЗОЛОТО И УРАНОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО
НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА**

Ахмедов Я.А.¹, Курбанов Б.И.¹, Музафаров А.М.², Турдиев С.Ю.¹

¹ Институт ядерной физики АН РУз., Ташкент, Узбекистан

² ГП «Навоийский Горно-Металлургический Комбинат», Навои, Узбекистан

В настоящее время все больше внимание уделяется контролю элементного состава в различных сложных объектах. Это связано с созданием новых материалов с заданными свойствами, выпуска высокотехнологичных изделий в энергетике, системах связи, медицине, военной технике и др. отраслях экономики. Имеется разнообразные методы анализа (химические, физические) элементного состава, позволяющие определять элементы в различных материалах в очень широком диапазоне концентраций. Несмотря на это круг задач, которые ставятся перед аналитикой, постоянно расширяется и углубляется. Среди аналитических методов особое место занимает ядерно-физические методы элементного анализа, которые являются инструментальными методами и обеспечивают высокую чувствительность, селективность, и позволяют автоматизировать аналитический процесс.

В данной работе представлены результаты исследования по разработке нейтронно-активационной методики анализа золотосодержащих и ураносодержащих образцов с использованием атомного реактора типа ВВР-СМ Института ядерной физики АН РУз. Выход нейтронов на горизонтальном канале атомного реактора составлял $5 \cdot 10^{13}$ нейтр/сек·см². Согласно методике, для подготовки проб к нейтронно-активационному анализу на потоке тепловых нейтронов исследуемые образцы высушивали при температуре 105°C до постоянного веса, навески проб (по 50 мг) упаковывали в полиэтиленовые пакеты и алюминиевую фольгу.

В соответствии со временем облучения выбирается и время измерения. Для анализа элементов (As, La, Sm, W, Au, U) по короткоживущим и среднеживущим радионуклидам время облучения составляет от нескольких секунд до 1 час, а время «остывания» выбирается исходя из используемого для анализа радионуклида (от нескольких минут до 3х дней). При анализе элементов (Sc, Fe, Co, Ni, Rb, Ag, Sb, Cs, Ce, Eu, Tb, Lu, Hf, Hg) по долгоживущим радионуклидам время облучения выбирается 10 часов, а время «остывания» -25 дней. Измерение γ -спектров исследуемых образцов проводилось на спектрометре с полупроводниковым Ge(Li) - детектором с рабочим объемом 80 см³ (разрешающая способность 2,7 кэВ по линии изотопа ⁶⁰Со с энергией 1330 кэВ) с использованием программируемого многоканального анализатора INSPECTOR типа МСА-2000.

Образцы ураносодержащих руд также были подготовлены для исследования. Для анализа элементов (As, La, Sm, W, Au, U) по среднеживущим радионуклидам время облучения составляет - 1 час, а время «остывания»: 3 дня. При анализе элементов (Sc, Fe, Co, Ni, Rb, Ag, Sb, Cs, Ce, Eu, Tb, Lu, Hf, Hg) по долгоживущим радионуклидам время облучения составляет 10 часов, а время «остывания»: -25 дней. Пределы определения этих элементов (As, La, Sm, W, Au, U, Sc, Fe, Co, Ni, Rb, Ag, Sb, Cs, Ce, Eu, Tb, Lu, Hf, Hg) составляли мкг/г или 10-4 %.

Таким образом, в результате исследования оценено возможности проведения нейтронно-активационной методики анализа золотосодержащих и ураносодержащих образцов с использованием атомного реактора. Уточнены времени облучений, времени остываний и пределы определения редких и редкоземельных элементов по среднеживущим и долгоживущим радионуклидам.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ
В ПРОЦЕССЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОЯТ**

Тимонова Л.В., Ляхова О.Н., Абдигамитов Б.А., Бабешкин С.С.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Образование радиоактивных отходов происходит на всех стадиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ). Одной из технологических составляющих ЯТЦ на современном уровне развития ядерной энергетики является их захоронение. Самый распространенный способ долговременного хранения ОЯТ «сухое контейнерное хранение». Так как в процессе длительного хранения ОЯТ нельзя исключать риск выхода радиоактивных газов в воздушную среду, необходимо проводить контроль за их содержанием в воздухе на территории хранилищ.

Цель исследовательской работы заключается в разработке метода контроля за содержанием радиоактивных газов в атмосферном воздухе в процессе обращения с ОЯТ.

Основными задачами для достижения поставленной цели являются: подбор и апробация аппаратурно-методического обеспечения для определения радиоактивных газов и исследование эманаии газов в воздухе на примере площадки контейнерного хранения ОЯТ БН-350.

В ходе решения первой задачи определено оборудование, позволяющее проводить исследования содержания газов в воздухе. Для отбора проб воздуха выбраны 2 пробоотборных устройства: «Пурга» и коллектор трития «OS1700». Первое устройство предназначено для отбора проб газоаэрозольных форм различных радиоактивных и нерадиоактивных примесных фракций, содержащихся в воздухе. Второе - для исследования содержания тритированных газообразных продуктов в виде окисленных (НТО) и газообразных (НТ) соединений трития. В качестве измерительного оборудования выбраны: гамма-спектрометр фирмы «Canberra» и бета-спектрометр «SL-300» фирмы «Hidex».

При проведении исследовательских работ требовалось получение количественных данных по объемным активностям газообразных продуктов. Известно, что в результате деятельности исследовательских реакторов образуются радиоактивные газы, входящего в состав ядерного топлива. В связи с чем экспериментальные исследования проводились во время пусков реактора ИВГ.1М. В ходе исследовательских работ зафиксированы количественные значения основных радиоактивных газов: ^{41}Ag порядка $4\,000\text{ Бк/м}^3$, ^{85}Kr – 250 Бк/м^3 , ^{135}Xe – 100 Бк/м^3 , НТО – 10 Бк/м^3 и НТ – 2 Бк/м^3 .

Полученные результаты дают основание считать, что используемое аппаратурно-методическое обеспечение позволяет проводить оценку радиационной ситуации в процессе обращения с ОЯТ.

Для решения второй задачи, на текущий момент, определены участки исследования на площадке хранения контейнеров с ОЯТ БН-350. Исследовательские участки расположены на границе площадки и между рядами контейнеров. Первоначальные результаты исследований, проведенные на границе площадки показали, что содержание ^3H в воздухе составило $<0,3\text{ Бк/м}^3$. Далее планируется провести цикл работ по определению содержания радиоактивных газов в воздухе на участках, расположенных между контейнерами и в месте расположения люков проверки утечки давления с контейнеров хранения ОЯТ.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Глуценко В.Н., Моренко В.С., Полешко А.Н.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Республика Казахстан - уникальное государство, сочетающее в себе современный безъядерный статус с серьезным ядерным прошлым. На всей территории Казахстана имеется большое количество радиационно-опасных объектов различного типа: площадки ядерных испытаний, исследовательские и энергетические атомные станции, организации и предприятия уранодобывающей и перерабатывающей промышленности, нефтяные месторождения.

Особое внимание населения и общественности привлекают места проведения ядерных взрывов. В течение нескольких десятилетий на территории Казахстана было совершено значительное количество подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Большинство из них связаны с испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском полигоне. Кроме того, была проведена серия мирных ядерных взрывов для решения ряда экономических задач – на полигоне «Азгир», на объектах "Ли́ра", "Мангышлак", "Меридиан", "Батолит", "Регион". Через несколько лет в некоторых регионах наблюдались негативные последствия, вызванные последствиями ПЯВ. Негативные последствия ПЯВ подразумевают попадание радионуклидов и других загрязняющих веществ в подземные воды и продуктивные слои земли. Попадание этих загрязняющих веществ на дневную поверхность также возможно в результате миграции через ослабленные зоны и вытеснения растворов с радиационным загрязнением из полостей ПЯВ вследствие их разрушения.

В статье представлены основные результаты исследований, проведенных в местах мирных ядерных взрывов с применением современных спектроскопических и радиохимических методов анализа. В ходе обследования на некоторых участках были выявлены зоны техногенного радиоактивного загрязнения оборудования и почвы. В результате проведенных восстановительных мероприятий все обнаруженные радиационные аномалии были ликвидированы, были разработаны и внедрены системы радиационного мониторинга.

В настоящее время радиационная обстановка на территориях и населенных пунктах, прилегающих к местам мирных ядерных взрывов, является нормальной. Все объекты мирных ядерных взрывов радиационно опасны и требуют постоянного контроля на государственном уровне. Наиболее вероятным механизмом угрозы является распространение радионуклидов с подземными водами.

Для обеспечения постоянного мониторинга радиационной обстановки и выполнения необходимых оперативных действий по обеспечению радиационной безопасности населения необходимо разработать и внедрить единую систему радиационного контроля в местах мирных ядерных взрывов на территории Республики Казахстан.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВЫ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТАХ НА ОБЪЕКТЕ «ЛИРА»

Севериненко М.А., Макарова В.А., Полешко А.Н.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

На территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) Западно-Казахстанской области в 1983-84 г.г. с применением подземных ядерных взрывов было создано 6 искусственных полостей для хранения газоконденсата – объекта «ЛИРА».

В виду специфики объекта «ЛИРА» практически все исследования по оценке его влияния на окружающую среду имели целью оценку радиоэкологической обстановки. Предыдущими исследованиями доказано, что современная радиоэкологическая обстановка на территории объекта «ЛИРА» нормальная, а концентрации техногенных радионуклидов в почвах не превышают уровней глобальных выпадений.

Однако, при проведении комплексного обследования наряду с оценкой радиоактивного загрязнения необходимо изучение других видов загрязнений, в том числе оценку химического загрязнения. Оценка химического загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами на исследуемой территории проведена на основании того, что почва является основным аккумулятором загрязнений и тем фактом, что на территории КНГКМ преобладают техноземы. Согласно генетической классификации почв к техноземам относятся почвы, созданные на полях рекультивации с использованием или без использования насыпного плодородного слоя почвы.

Традиционно оценка загрязнения выполняется путем определения в лабораторных условиях концентраций тяжелых металлов в предварительно отобранных пробах почв. При этом значительную часть времени на проведение работ и их стоимость занимает отбор проб, транспортировка в базовую лабораторию и их обработка для проведения аналитических исследований. В этой связи представляет интерес технология проведения экологического обследования с заменой пробоотбора оперативным определением концентраций тяжелых металлов в естественном залегании рентгено-флуоресцентным методом с помощью портативных анализаторов химического состава.

В настоящей работе проведена оценка возможности применения этой технологии обследования на территории объекта «ЛИРА». Экспериментальная часть работы наряду с определением концентраций тяжелых металлов в естественном залегании включала традиционный отбор проб и их анализ в лабораторных условиях. На обоих этапах анализ выполнялся рентгено-флуоресцентным методом. В полевых условиях использовался анализатор Niton XL3t, а в лаборатории применялся анализатор РЛП-21.

Исследования проведены на территории КНГМ в местах расположения объектов ЛИРА и на фоновом участке сравнения за контуром КНГМ. Объектами исследования в пределах объекта «ЛИРА» являлись 5 профилей северо-западного направления, проходящим через оси боевых скважин. Фоновый участок площадью 60 га расположен на целинных землях между населенными пунктами Жарсуат и Димитров на расстоянии 10 км от объектов «ЛИРА» и включал в себя 15 точек исследований. Пробы почвы отбирались с интервалов 0-10 см (слой А) и 10-20 см (слой В).

Оценка загрязнения почвенного покрова проведена с помощью системы эколого-геохимических показателей: суммарного показателя загрязнения почв (Z_c), коэффициента техногенной концентрации (K_c).

Полученные результаты свидетельствуют, что основными химическими элементами, загрязняющими почву, являются медь, цинк, свинец, молибден. Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами вне технологических площадок боевых скважин в пределах контура объекта «ЛИРА» не зафиксировано. За исключением площадки ТК-5 на всех остальных площадках, в той или иной степени, отмечено наличие загрязнения. При этом наиболее загрязненными являются площадки ТК-1, ТК-2 и ТК-6, в которых загрязнение характеризуется как опасное. На технологической площадке ТК-3 к этой категории относится почва в слое В ($Z_c - 68.8$), а в слое А и на поверхности этой площадки, а также на площадке ТК-4 загрязнение относится к категории «допустимое» ($Z_c < 16$). Загрязнение территорий технологических площадок вероятно обусловлено проведением ремонтно-восстановительных работ на скважинах. Тот факт, что максимум загрязнения почвы на разных площадках отмечается на различной глубине (на поверхности – на площадках ТК-1 и ТК-2, в слое А – на площадке ТК-6 и в слое В – на площадках ТК-3 и ТК-4), свидетельствует о нарушении природного состояния структуры почв в техноземах.

В результате проведенных работ можно отметить высокую сходимость предлагаемой технологии обследования с определением концентраций тяжелых металлов в почвах в естественном залегании с традиционным способом с применением отбора проб. Все области загрязнения зафиксированы обоими способами. Степень загрязнения каждой области характеризуется близкими величинами.

На основании проведенной оценки рекомендуется использовать определение концентраций в естественном залегании в качестве основного способа обследования, а отбор проб применять в качестве контрольного метода.

**ОЦЕНКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИТИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВАХ МЕСТ
ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Сержанова З.Б., Айдарханова А.К., Ляхова О.Н., Тимонова Л.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Вследствие проведения ядерных испытаний на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) образовалось большое количество ^3H , который содержится во всех объектах окружающей среды, в том числе и в почве. Согласно проведенным исследованиям, ^3H в почвах СИП содержится как в свободной воде, так и в связанной форме. Тритий в свободной воде почв обладает высокой миграционной способностью, легкодоступен. Связанный ^3H с точки зрения радионуклидного загрязнения обладает менее выраженной миграционной способностью, малоподвижен, но его влияние на биологические объекты более критично. В свободной воде ^3H содержится в двух формах – ^3H в поверхностно-адсорбированной и ^3H в межслоевой воде. Гидроксильный и органически связанный ^3H являются связанными формами.

Отличительной особенностью почв СИП является наличие особой формы - кристаллически связанного ^3H , который нарабатывался на легких элементах в результате реакции активации в момент проведения взрывов на СИП.

Для исследования содержания различных форм нахождения ^3H в почвах СИП разработан метод для их определения. Данный метод основан на поэтапном извлечении ^3H , содержащегося в грунте в виде свободной воды и в прочносвязанной форме, с использованием процессов дистилляции и автоклавного разложения.

Для подтверждения эффективности разработанного метода возникла необходимость в проведении оценки его достоверности и оптимизации с учетом особенностей СИП. Для этого проведен ряд экспериментов. В ходе эксперимента в фоновый образец вносился изотопный индикатор ^3H с последующей оценкой его выхода методами дистилляции и автоклавного разложения. Внесение изотопного индикатора ^3H проводилось в образцы с различной матричной структурой – «фоновая» почва, цеолит, SiO_2 (песок) и NaCl . Удельная активность изотопного индикатора ^3H составляла порядка 100, 1000, 10 000 и 100 000 Бк/л. На каждой из стадий эксперимента проводился холостой опыт. Все эксперименты проводились в нескольких повторностях.

В результате проведенных экспериментальных работ установлено, что эффективность метода дистилляции составляет 70 – 98 %. В ходе оценки метода автоклавного разложения выход изотопного индикатора ^3H составил 27 – 48 %. При этом не отмечается влияния матричной структуры и различной активности изотопной метки на процесс извлечения ^3H методами дистилляции и автоклавного разложения.

Для оптимизации метода автоклавного разложения проведен ряд экспериментов, направленных на подбор более эффективного реагента и снижение потерь в процессе подготовки проб. Выявлено, что причины потерь ^3H в ходе процесса автоклавирования связаны с неполным вскрытием матрицы и особенностями проведения анализа (с применением и без применения стадии центрифугирования). Экспериментальным путём установлено, что для повышения эффективности и оптимизации метода необходимо в качестве реагентов использовать смесь концентрированных азотной и плавиковой кислот в соотношении 3:7 мл и исключить стадию центрифугирования.

Оптимизированный метод автоклавного разложения опробован на почвах площадки «Опытное поле» для оценки содержания связанных форм ^3H в почве. Полученные результаты свидетельствуют, что оптимизированный метод позволяет достигать полного разложения почвы, в результате чего эффективность метода увеличилась в 2,6 раз.

ОЦЕНКА МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ТРИТИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА

Поливкина Е. Н., Сержанова З. Б.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Основным местом нахождения органически связанного трития в почве являются различные гумусовые вещества [1.2] которые в основном образуются из растительного опада и отмирающих корней. Соответственно почвенный органически связанный тритий (ОСТ) в основном имеет биогенное происхождение, так как первоначально поступает в почву с растительным опадом, который в результате процесса гумификации, переходит в состав гумуса. Таким образом, ОСТ почвы можно рассматривать как результат одного из миграционных путей трития в биогеоценозе. В связи с чем, цель работы заключалась в исследовании перераспределения трития в ходе формирования ОСТ почвы в лабораторных условиях с использованием имитационной модели микрэкосистемы, имеющей четкие границы заданных параметров.

В качестве объекта исследования использовали смешанную пробу растений с высокой удельной активностью трития, отобранную в районе испытательной площадки «Дегелен».

Для обеспечения постоянного отбора и контроля содержания различных форм трития, образующихся в процессе гумификации растительного опада, эксперимент проводили в сосудах по типу лизиметра объемом 5 л. Для имитации почвы использовали инертный субстрат - речной песок. Песок предварительно промывали 0,1 М раствором пиродифосфата натрия, затем дистиллированной водой до нейтральной реакции, затем раствором 1 М соляной кислоты и снова дистиллированной водой до нейтральной реакции. Смешанную биомассу растений высушивали и измельчали на мельнице ($d < 0,5$ мм). Измельчение биомассы способствовало ускорению процессов гумификации в искусственных условиях.

Искусственный субстрат помещали на дно сосудов слоем толщиной 10 см (2,5 кг), сверху закладывали измельченную биомассу в количестве 125-130. В биомассу вводили инокулят из подстилки для посадки необходимой микрофлоры. Сверху сосуды закрывали двухслойной марлевой повязкой. Увлажнение растительных остатков производили 1-2 раз в неделю. Температура содержания сосудов поддерживалась в диапазоне 25-30 °С. Длительность эксперимента составила 180 суток. Каждые 30 дней производили отбор проб фильтрующихся вод на содержание окиси трития (НТО), ОСТ и проб воздуха над биомассой на содержание паров НТО и газообразного трития ($T_{\text{газ}}$). Отбор проб воздуха производили один раз в месяц в течение 8-10 ч с использованием прибора OS-1700 Tritium Collector.

Согласно полученным данным, концентрация НТО в пробах фильтрующихся лизиметрических вод на 60-90 сутки достигало 88 %, а на 150 сутки – 98 % от валового трития. Концентрация растворенного ОСТ в фильтрующихся водах на 60-90 сутки эксперимента составила всего лишь 2,6-9,8 % соответственно. Максимальное содержание ОСТ (12,7 %) в лизиметрических водах зафиксировано только на 120 сутки эксперимента, затем до конца эксперимента наблюдалось снижение концентрации данной формы радионуклида. Вероятно, что большая часть ОСТ аккумулируется в составе нерастворимой части формирующихся гумусовых веществ.

Установлено, что в процессе трансформации органических остатков незначительная часть трития в форме НТО и $T_{\text{газ}}$ мигрирует в воздушную среду. Причем интенсивность образования $T_{\text{газ}}$ практически не изменялась на протяжении всего эксперимента и составила 0,2 Бк/м³. Концентрация НТО в парах воздуха экспериментальных сосудов имела максимальные значения только на 30 сутки эксперимента 2,8 Бк/м³, затем постоянно снижалась и в конце исследования составила 0,5 Бк/м³.

Таким образом, в результате формирования почвенного ОСТ незначительная часть трития из растительного опада в форме НТО, ОСТ мигрирует в составе фильтрующихся вод и паров, а большая часть радионуклида аккумулируется в гумусе, при этом миграцией трития в воздушную среду можно пренебречь.

Литература:

1. Сержанова, З. Б. Исследование распределения форм нахождения трития в грунтах радиационно-опасных объектов Семипалатинского испытательного полигона / З. Б. Сержанова, А. К. Айдарханова, С. Н. Лукашенко // Взгляд молодых ученых на современные проблемы развития радиобиологии, радиоэкологии и радиационных технологий: материалы молодежн. конф. с междунар. участием 7–8 сентября 2016 г. - Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2016. – С. 199-205.
2. Serzhanova, Z. B. Assessing tritium (3H) speciation distribution in soils of radiation dangerous objects of the Semipalatinsk test site / Z. B. Serzhanova, A. K. Aydarhanova, S. N. Lukashenko // Book of abstracts II International conference on radioecological concentration processes (50 years later). – Seville - Spain, 2016. - P. 54.

ОЦЕНКА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ ОБЪЕКТА ЛИРА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Белуш О.Л., Матиенко Л.Д., Мильц О.С., Кошжанов А.Т., Харкин П.В.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Объект ЛИРА расположен непосредственно на территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) в Западно-Казахстанской области. В 1983 и 1984 годах на территории КНГКМ с целью получения подземных полостей для хранения газоконденсата. были произведены взрывы по типу полного камуфлета на глубине около 1 км в соляном куполе. При проведении взрыва в скважине ТК-2 был отмечен выход на дневную поверхность инертных газов. По окончании работ было проведено детальное исследование радиационного состояния территории объектов ЛИРА. Выявлены и дезактивированы отдельные, незначительные по площади радиационно-загрязненные участки. Установлено, что в целом радиационная обстановка на этой территории не представляет угрозы для окружающей среды, поскольку уровень ее радиационного загрязнения близок к фоновым значениям, характерным для данного региона. Однако полученные результаты удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ (0,17-1,38 Бк/кг), ^{137}Cs (0,89-48,71 Бк/кг) и ^{90}Sr (< 1,6-7,8 Бк/кг) в почвах объекта Лира, Карачаганакского месторождения и прилегающих поселков указывают на существенную неоднородность содержаний искусственных радионуклидов.

Известно, что уровень радиационного загрязнения не может однозначно указывать на источник его происхождения. Для идентификации источника радиоактивного загрязнения применяют метод изотопных соотношений.

Соотношения радионуклидов $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ и ряд других, являются константными величинами как для глобальных выпадений радиоактивных веществ, при испытании ядерного оружия, так и при работе конкретных предприятий, которые могут вносить определенный вклад в радиоактивное загрязнение окружающей среды. Сравнительный анализ этих соотношений помогает осуществить оценку происхождения загрязнения искусственными радионуклидами на данной территории.

В рамках программы «Комплексное исследование и мониторинг объектов ЛИРА» с 2017 года по сегодняшний день проводится исследовательская работа по оценке происхождения загрязнения искусственными радионуклидами почвы на территориях объекта ЛИРА и прилегающих территориях.

Определены численные значения изотопных соотношений $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ в почвах объекта ЛИРА и прилегающих населенных пунктов. Сравнение полученных результатов изотопных соотношений радионуклидов для разных территорий со значениями глобальных выпадений показывает:

- соотношение $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ в почвах объекта ЛИРА превышает данное соотношение, характерное для глобальных выпадений и определенное в почвах населенных пунктов;

- соотношение $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, полученное для почв поселков (0,031), хорошо согласуется с литературными данными по глобальным выпадениям (0,02-0,04), тогда как в почве территории объекта ЛИРА это соотношение составляет 0,053.

Изотопные соотношения $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$, $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ указывают на глобальный источник происхождения загрязнения на территориях населенных пунктов, прилегающих к объекту ЛИРА. А повышенные значения этих изотопных соотношений в почвах самого объекта свидетельствуют, возможно, о другом источнике происхождения загрязнения.

В литературе есть сведения о том, что формы нахождения радионуклидов различны для почв с разным источником загрязнения искусственными радионуклидами.

В рамках исследовательской работы были также определены формы нахождения $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr , ^{137}Cs в почвах объекта ЛИРА и прилегающих населенных пунктов. Полученные результаты выявили различия по формам нахождения плутония (табл. 1) в почвах объекта ЛИРА и прилегающих к объекту поселков.

Таблица 1 – Формы нахождения плутония

Место отбора почвы	Формы нахождения $^{239+240}\text{Pu}$, %				
	Водорастворимая (H ₂ O)	Обменная (CH ₃ COONH ₄) (pH 4,8)	Подвижная (1M HCl)	Кислоторастворимая (6M HCl)	Прочнофиксированная (остаток после выщелачивания)
Ли́ра	0,6 0,4 – 1,4	2,5 1,7 – 3,6	2,7 2,0 – 3,5	83,4 85,9 – 92,0	10,9 2,6 – 5,8
Поселки	<0,5 <0,3 – <0,7	1,6 <0,7 – 2,7	1,5 <0,4 – 2,5	66,4 57,4 – 78,4	30,4 16,3 – 41,3

В настоящее время продолжают работы по определению изотопных соотношений и форм нахождения радионуклидов в почвах территории Карачаганакского месторождения.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДНК И РЕПАРАЦИИ У ЖИТЕЛЕЙ П. ДОЛОНЬ
С ПОМОЩЬЮ COMET-TEST**

Чердиченко О.Г., Пилюгина А.Л.

Институт общей генетики и цитологии КН МОН РК, Алматы, Казахстан

При изучении механизмов лучевого поражения клеток немаловажное значение имеет восстановление их жизнеспособности, которое обусловлено явлением репарации ДНК, осуществляемой специальной системой ферментов. Эффективность репарации ДНК, по современным представлениям, имеет определяющее значение в клеточной адаптации к мутагенным факторам, и степень ее функционирования также вносит свои коррективы при ретроспективной оценке дозы.

Задача исследований состояла в том, чтобы оценить спонтанный уровень поврежденности генома в клетках периферической крови людей, проживающие на радиоконтаминированных территориях ВКО (35 человек из п. Долонь Семипалатинского региона), а также определить эффективность репарации, т.е. степень восстановления поврежденной ДНК через 2,5 часа после *in vitro* облучения образцов крови в дозе 1 Гр γ -излучения. Радиационную обработку (γ -излучение) образцов цельной крови обследуемых людей проводили в пластиковых гепаринизированных пробирках на аппарате дистанционной лучевой терапии «Терагам» (Co⁶⁰) (НИИ онкологии и радиологии, Алматы, Казахстан) с номинальной энергией ускоренных электронов 1,5 МЭВ и мощностью дозы 0,1 Гр/мин.

Степень поврежденности ДНК и эффективность репарации оценивали методом comet-test. Этот метод позволяет оценивать гетерогенность клеток на облучение, выделять чувствительные и резистентные субпопуляции, определять степень поврежденности и репарации ДНК при воздействии генотоксических агентов, осуществлять биомониторинг окружающей среды. Для изучения спектра повреждений была использована градация изучаемых клеток по количеству деградированной ДНК. Класс G₀ – практически неповрежденные клетки (5% ДНК в «хвосте»), G₁ – низкий уровень повреждения (5-20%), G₂ – средний уровень повреждения (20-40%), G₃ – высокий уровень повреждения (40-95%), G₄ – полностью поврежденные клетки (более 95%). Степень поврежденности ДНК при этом выражается как индекс ДНК-комет (ИДК), определяемый по формуле: $ИДК = (0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4) / \Sigma$, где: n₀-n₄ - число «ДНК-комет» каждого типа, Σ - сумма подсчитанных «ДНК-комет».

Полученные результаты по обследованию методом comet-test жителей п. Долонь показали, что спонтанный индекс ДНК-комет у них варьирует от 0,3 до 1,05 (Σ - 0,54). У здоровых доноров он составляет 0-0,09. При этом класс повреждений 3 и 4 встречался в единичных случаях. Облучение клеток дозой 1 Гр γ -излучения привело к значительному увеличению показателя поврежденности ДНК- классы G₀ и G₁ практически не встречались. Основная масса клеток была представлена G₃ и G₄ классами, и соответственно индекс ДНК-комет варьирует 1,6-3,3 (Σ -2,33). Оценка репарации с помощью этого метода, проведенная через 2,5 часа после ионизирующего воздействия выявила существенное снижение индекса повреждения ДНК до 0,59-1,79 (Σ -1,14). Также был использован критерий «эффективность репарации» - это % не репарированных (не исправленных) нарушений, которые остались через 2,5 часа после облучения, т.е. после работы системы репарации по сравнению с показателями повреждения ДНК через 0,5 часа после облучения. Эффективность репарации у разных индивидуумов варьировала в значительных пределах от минимального в 89% до максимального 28%. Таким образом, эффективность репарации ДНК конкретного индивидуума может иметь большое значение при индивидуальной ретроспективной оценке полученной дозы при остром или хроническом облучении.

При сравнении у обследуемых, результатов цитогенетического анализа (спонтанный уровень хромосомных aberrаций, нарушений индуцируемых дозой 1 Гр γ -излучения) и результатов comet-test (И_{ДНК}) выявлена взаимосвязь этих показателей (корреляция +0,60 n=35, $\beta \geq 0,999$ при спонтанном уровне, и +0,57 n=35, $\beta \geq 0,99$ при *in vitro* воздействии 1 Гр γ -излучения). Также наблюдается достоверная положительная корреляция (+0,52 n=35, $\beta \geq 0,99$) между спонтанной частотой хромосомных нарушений и эффективностью репарации.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ (ИЯФ МЭ РК, БПИ НАН КР) ПО ИЗУЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В БАССЕЙНАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК «КЫРГЫЗСТАН-КАЗАХСТАН»

*Солодухин В.П.¹, Дженбаев Б.М.², Ленник С.Г.¹, Жолболдиев Б.², Кабирова Г.М.¹, Желтов Д.А.¹,
Быченко А.Н.¹, Суздальцева Т.В.¹*

¹ Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

² Биолого-почвенный институт НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

На территории Кыргызстана в бассейнах трансграничных с Казахстаном рек находятся следующие радиационно-опасные объекты: месторождение полиметаллов и тория «Ак-Тюз», месторождение урана «Камышановское», крупнейший горно-рудный комбинат по переработке урана «Кара-Балта». Известно, что хвостохранилища предприятий «Ак-Тюз» и «Кара-Балта» содержат большое количество естественных радионуклидов (ЕРН) и токсичных элементов (ТЭ). Кроме того, на этой территории ведется интенсивная сельскохозяйственная деятельность с использованием минеральных удобрений с повышенным содержанием ЕРН. Ирригационная система, обеспечивающая полив выращиваемых овощей и бахчевых культур, включает в себя множество густо переплетенных каналов и арычных сооружений, питающихся водой из местных рек. Такая ситуация создает значительную вероятность загрязнения ЕРН и ТЭ всей ирригационной системы и переноса этих загрязнителей на территорию Казахстана водами трансграничных рек. Известно, в частности, что в декабре 1964 г. произошло сейсмосинхронное разрушение дамбы хвостохранилища № 2 рудника Ак-Тюз. В результате этой аварии в р. Кичи-Кемин попало около 600 тыс. м³ отходов, содержащих в повышенных концентрациях торий и ТЭ. Этот поток, в виде радиоактивного селя, распространился по руслу и долине р. Кичи-Кемин на расстояние до 40 км, вплоть до ее впадения в р. Шу на территории Казахстана. Последствия этой катастрофы устранялись много лет, однако и на сегодняшний день они негативно отражаются на состоянии окружающей среды и, возможно, здоровье населения этой местности. Учитывая изложенное, нами была поставлена задача по радиационному обследованию и изучению радионуклидного и элементного состава объектов окружающей среды (ООС) на территории трансграничного водного бассейна «Шу-Курагаты» (Грантовый проект № АР05130744).

В настоящем докладе представлены результаты радиационного обследования и изучения радионуклидного и элементного состава ООС (вода, почва, донные отложения), отобранных непосредственно близ границы с Кыргызстаном в основных трансграничных реках (Шу, Аксу, Аспара, Талас), во многих малых реках (Шор-Коо, Карабалта, Токтас, Саргау, Ойранды, Кайындысай и др.) и в Большом Шуском канале. В процессе выполнения полевых работ на каждом контрольном пункте (КП) измерены показатели мощности эквивалентной дозы (МЭД). Установлено, что значения МЭД находятся в пределах (0.10-0.30) мкЗв/ч. Анализы отобранных проб выполнены методами ИГС, РФА, НАА, МС-ИСП и радиохимического анализа. По данным ИГС об удельной активности ²²⁶Ra, ²²⁸Ac (²³²Th) и ⁴⁰K в пробах почвы и донных отложений рассчитаны (в соответствии с рекомендациями UNSCEAR 2000) величины мощности поглощенной дозы (МПД) на всех КП. Установлено, что значения МПД находятся в пределах (75-160) нГр·ч⁻¹, то есть заметно (и даже существенно) превышают его среднемировой показатель – 60 нГр·ч⁻¹. На основе данных РФА и НАА в прибрежной почве и донных отложениях на многих КП выявлено повышенное (относительно среднемировых значений – «кларк») содержание следующих элементов: As, Mo, Pb, Th, U, Zn и всех редкоземельных элементов. Наибольшая концентрация отдельных из этих элементов установлена в прибрежной почве реки Кичи-Кемин, мкг·г⁻¹ (в скобках приведено значение «кларка» по А.П. Виноградову): Mo-11.2(2), Pb-175(6), Th-41(6), La-78(27), Ce-157(53), Nd-60(25). Данные МС-ИСП показали, что воды всех изученных водных источников характеризуются повышенной концентрацией следующих ТЭ: As, B, Li, Mo и, особенно, U (до 100 мкг·л⁻¹), для которого ПДК_{ВОЗ}=30 мкг·л⁻¹. На основе радиохимического анализа с α -спектрометрическим окончанием получены новые данные об изотопном составе (²³⁴U, ²³⁸U) урана в изученных пробах воды. Рассчитаны значения отношения удельной активности (А) этих изотопов. Установлено, что вычисленные значения их отношения ($A_{U-234} \times A_{U-238}^{-1}$) находятся, в основном, в интервале (1.13-1.70). Наименьшие значения этого показателя установлены для вод рек Шор-Коо и Ойранды, что свидетельствует о наличии в них значительной доли техногенной составляющей урана.

В докладе представлены также отдельные результаты радиационного обследования и изучения состава ЕРН и ТЭ в пробах ООС, отобранных в бассейне р. Карабалта на территории Кыргызстана.

На основе всех полученных результатов обсуждены наиболее вероятные источники и механизмы загрязнения трансграничных рек на территории Кыргызстана.

**ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПЛАНАРНОГО МНОГООТРАЖАТЕЛЬНОГО
ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА ПРОСТОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Бимурзаев С.Б.¹, Алдияров Н.У.², Якушев Е.М.³

¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

²Сатпаев Университеті, Казахстан

³Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: bimirzaev@mail.ru

Обсуждается возможность повышения чувствительности планарного многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра простой конструкции [1] путем применения ортогонального ускорителя ионов (палсера), область ускорения которого выполнена системой электродов, формирующих неоднородное электростатическое поле [2].

Путем численных расчетов найдены геометрические и электрические параметры палсера, определяющие условия формирования параллельного потока ионов и времяпролетной фокусировки ионов по энергии одновременно. При этом первый электрод области ускорения палсера имеет плоскую форму и может быть смещен с выходным окном области накопления палсера, а другие электроды выполнены в виде пары параллельных пластин, симметрично расположенных относительно плоскости симметрии поля. Получены также данные для трехэлектродного двумерного электростатического зеркала, выполняющего роль анализатора времяпролетного масс-спектрометра, определяющие условия времяпролетной фокусировки ионов по энергии до третьего порядка включительно в режиме плоского зеркала [3]. Электроды зеркала имеют такую же форму, что и у палсера. Рассмотрены два варианта плоских зеркал: 1) когда прямая и обратная ветви траектории совпадают; 2) когда прямая и обратная ветви траектории симметричны относительно плоскости симметрии. Показано, что времяпролетная дисперсия зеркала по массе во втором варианте в несколько раз выше, чем в первом варианте.

Использование ортогонального ускорителя ионов с неоднородным полем, формирующего параллельный поток ионов, в сочетании с высокодисперсионными двумерными зеркалами служит основой одновременного повышения разрешающей способности и чувствительности планарного многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра, сохраняя при этом простоту его конструкции.

Литература:

1. Nazarenko L.M., Sekunova L.M. and Yakushev E.M. SU Patent 1725289 A1 (1992).
2. Бимурзаев С.Б., Якушев Е.М., Назаренко Л.М. Инновационный пакет РК. Авт. свид. №87127 (2015).
3. Кельман В.М., Федупина Л.В., Якушев Е.М. Отклонение параллельных пучков заряженных части плоским электростатическим зеркалом // Журнал технической физики, 41 (1971). P. 1825-1831.

ПРИЗМЕННЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР С МНОГОКРАТНЫМ ПРОХОЖДЕНИЕМ ИОНАМИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Алдияров Н.У., Мить А.Г.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Для увеличения разрешающей способности статических масс-спектрометров без увеличения размеров магнита используются ионно-оптические схемы, в которых поле одного и того же магнита проходит ионным пучком несколько раз за счет установки ограниченного количества электростатических зеркал [1,2].

В данной статье описывается возможность дальнейшего увеличения разрешающей способности статических масс-спектрометров, используя два дополнительных электростатических зеркала, установленных на входе и выходе ионно-оптической системы для организации циклического движения пучка ионов, обеспечивающих «запирание» ионов в анализаторе после входа в него и «отпирание» анализатора для выпуска ионов. Возврат ионов в анализатор можно повторять многократно, дисперсия при этом растет пропорционально числу циклов прохождения, размеры ионно-оптической системы остаются практически неизменными.

Литература:

- 1 P. Boulanger, M. Baril. An achromatic multipassage magnetic mass spectrometer. *J. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*427 (1999) 136-140.
- 2 Karetckaja S.P., Kelman V.M., Mit A.G., and Yakushev E.M. Mass-spectrometer with ion multiple passage of magnetic field//*J. of nuclear Inst. and Methods in Phys. Research*. 1993. Vol. A 329. –P.202-206.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛАНИНОВЫХ ДОЗИМЕТРОВ НА ИЛУ-10 РГП ИЯФ РК В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ДОЗ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ

Муқан Ж.Т.^{1,2}, Рухин А.Б.¹, Середавина Т.А.¹, Сушкова Н.С.¹, Данько И.В.¹, Глущенко Н.В.¹

¹РГП Институт Ядерной физики, г.Алматы, Казахстан

²ЕНУ им. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Радиационные технологии широко используются в разных отраслях науки и техники, таких, как радиационная стерилизация изделий медицинского назначения однократного применения, пищевой и сельскохозяйственной продукции. При этом основные параметры технологического процесса, в частности поглощенная доза, регламентируются межгосударственными стандартами [1,2]. Работа в данных направлениях проводится в РГП ИЯФ РК на ускорителе электронов ИЛУ-10.

Для дозиметрического контроля используют метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) на аланине, основанный на контроле концентрации стабильных парамагнитных центров (ПМЦ), возникающих при его облучении. В то же время сигнал в дозиметре линеен в широком диапазоне доз.

Доклад посвящен адаптации метода ЭПР дозиметрии к процессу технологического контроля при радиационной обработке сельскохозяйственной и пищевой продукции в области малых доз тормозного излучения (от 1 Гр до 1 кГр).

Объектом изучения были аланиновые дозиметры, облученные тормозным излучением на ускорителе ИЛУ-10 дозами от 5,6 до 70,7 Гр. Конверсия пучка ускоренных электронов производилась через танталовый гамма-конвертер при средних токах пучка ускоренных электронов от 0.25 до 6.0 мА.

Данные измерений получены на ЭПР- спектрометре ESP 300E фирмы «Bruker». Были выбраны оптимальные параметры регистраций, показаны возможности повышения чувствительности спектрометра при регистрации слабых сигналов ЭПР.

Результаты исследований показали возможности применения аланиновых ЭПР-дозиметров на ускорителе электронов ИЛУ-10 для решения указанных выше задач. Полученные данные ЭПР указывают на линейную зависимость дозы от среднего тока ускорителя в исследуемой области.

Литература:

1. ГОСТ ISO 11137—2011. Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация.
2. ГОСТ 34155—2017. Руководство по дозиметрии при исследовании влияния радиации на пищевые и сельскохозяйственные продукты.

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ
БЫВШИХ УРАНОВЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Эрматов К.А., Бахронов С.М., Махмудова М.М.¹, Назаров Х.М. Мирсаидов У.М.

Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, г. Душанбе,
Республика Таджикистан,

¹Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино, г. Душанбе,
Республика Таджикистан

В настоящем тезисе доклада приводятся результаты мониторинга урансодержащих отходов (хвостохранилищ) северного Таджикистана и ближайших к ним населённых пунктов (гг. Истиклол, Бустон, пос. Гоziён, Адрасман и др.). Показано, что средняя мощность эквивалентной дозы на поверхности хвостохранилищ достигает 10-30 мкЗв/час, а объёмная концентрация радона в атмосферном воздухе на разных участках составляет от 200 до 1000 Бк/м³. Найдено, что удельная активность радионуклидов в хвостовом материале колеблется от 1000 до 7000 Бк/кг.

С учётом различных радиационных факторов рассчитаны годовые дозы облучения населения, проживающего в ближайших от хвостохранилищ населённых пунктах. Ниже приводится оценка радиационной опасности для г. Истиклол.

Изучена радиационная опасность площадок уранового наследия для населения г. Истиклол (ранее Табшар), так как рядом с этим городом наблюдаются разнообразные площадки наследия: хвостохранилища, отвалы, урансодержащих воды из шахт и др. (такие оценки проведены и для других хвостохранилищ).

Установлено, что удельная активность радионуклидов урана и радия в хвостовом материале варьируют: 1405-2140 Бк/кг, 5935-9843 Бк/кг, соответственно. По результатам мониторинга мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и объёмной активности радона на объектах г. Истиклол установлено, что мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения находится в пределах 0,52-1,78 мкЗв/ч, а объёмная активность радона в воздухе - от 20 до 45 Бк/м³.

Показано, что концентрация радона в воздухе над поверхностью хвостохранилищ является невысокой. Однако эксхалация радона с поверхности почвы всех обследованных хвостохранилищ выше норматива (1Бк/(м²/с)). Результаты измерений объёмной активности радона в воздухе жилых зданий и объектов, находящихся на территории г. Истиклол, показали, что значение объёмной активности радона находится в пределах 44-195 Бк/м³. Высокое значение объёмной активности радона отмечается на бывшем полуразрушенном заводе (1319 Бк/м³). Гамма- и альфа-спектрометрическими исследованиями выявлены средние значения удельной активности урана и радия в почвах для хвостохранилищ и карьера г. Истиклол: ²³⁴U - 65365 Бк/кг, ²³⁸U - 50295 Бк/кг, ²²⁶Ra - 3800 Бк/кг. Для оценки доз облучения населения по водному пути принимались средние значения объёмной активности ²³⁴U, ²³⁸U, ²²⁶Ra в водах. Максимальные значения объёмной активности радионуклидов наблюдались в пробах дренажных вод, Бк/м³: ²³⁴U - 530000, ²³⁸U — 390000, ²²⁶Ra - 185.

Для расчёта вкладов различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения жителей г. Истиклол население было разделено на 4 гипотетические группы. Были учтены продолжительность пребывания различных гипотетических групп населения на участках потенциального облучения, дозы облучения за счёт водопользования из загрязнённых водных источников и дополнительные факторы в г. Истиклол. Основной вклад в дополнительную дозу облучения, получаемую гипотетическими группами населения, вносят внешнее облучение во время пребывания на территории отвалов фабрики бедных руд и хвостохранилищ и внутреннее облучение за счёт употребления загрязнённой естественными радионуклидами воды. Такие расчёты проведены и для других хвостохранилищ Таджикистана.

Как известно, загрязнение атмосферного воздуха, почвы, вод оказывает негативное воздействие на здоровье людей, проживающих вблизи хвостохранилищ. Как показывают статистические данные, здоровье населения, проживающего в гг. Бустон, Истиклол, пос. Гоziён (Дигмай) хуже, чем аналогичные показатели здоровья населения других регионов. В частности, отмечаются низкие показатели рождаемости и высокие показатели младенческой смертности, заболевания крови, органов дыхания, пищеварения, показатели рождаемости смещаются в сторону снижения, наблюдаются осложнения беременности и врождённые аномалии среди новорожденных.

В настоящее время усилиями Правительства Республики Таджикистан при поддержке ряда доноров (СНГ, Еврокомиссия и др.) проведено технико-экономическое обоснование ряда хвостохранилищ и начаты работы по реабилитации хвостохранилищ гг. Истиклол и Дигмай (пос. Гоziён). В перспективе намечается проведение реабилитационных работ на других хвостохранилищах северного Таджикистана.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС: ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО СЕКТОРА ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Тимохина Н.И., Король Р.А., Спиров Р.К., Никитин А.Н.

Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

В результате аварии на ЧАЭС в 1986 году в окружающую среду было выброшено более 80 радионуклидов суммарной активностью около 12 ЭксаБк, включая как короткоживущие ((йод-133 – 20,8 час, нептуний-239 – 2,35 дня и др.), так и долгоживущие – с периодом полураспада до десятков тысяч лет (плутоний-239 – 24110 лет, плутоний-238 – 86 лет).

В настоящее время основными дозообразующими радионуклидами на пострадавших территориях являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Большое количество исследований посвящено изучению поведения данных радионуклидов, их переходу по пищевым цепям и накоплению в различных компонентах экосистем. Вместе с тем, со временем происходит изменение вклада радионуклидов в формирование дозовой нагрузки, увеличение доли трансурановых элементов (ТУЭ). Для живых организмов зоны отчуждения ЧАЭС на протяжении ближайших столетий накопленные дозы от ТУЭ могут превышать те, которые будут сформированы за счет ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Институтом радиобиологии НАН Беларуси проведен комплекс исследований по анализу накопления ТУЭ в организме диких животных, формированию поверхностного и внутритканевого загрязнения растений, оценке распределения ТУЭ в растениях по формам с различной усвояемостью в ЖКТ животных, изучено поступление $^{238,239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в организм диких копытных животных с кормами, дана качественная и количественная оценка перорального поступления изотопов плутония и америция-241 в организм диких копытных животных на основании копрологического анализа.

Проведенный анализ содержания ТУЭ в надземной фитомассе сеяных кормовых трав показал, что биологическая подвижность ТУЭ в условиях окультуренной почвы заметно возрастает по сравнению с ненарушенной почвой природных комплексов. Значения коэффициентов накопления у культурных видов трав в 10–100 раз выше, чем у дикорастущих видов, а различия в уровнях аккумуляции ТУЭ сельскохозяйственными культурами разной видовой принадлежности выражены слабее и колеблются в более узких пределах: $1,8 \times 10^{-3}$ — $9,8 \cdot 10^{-3}$ для $^{239,240}\text{Pu}$ и $7,4 \times 10^{-3}$ — $1,7 \times 10^{-2}$ для ^{241}Am .

Оценено содержание ТУЭ и ^{137}Cs в надземной и подземной фитомассе доминирующих дикорастущих видов травянистых, кустарничковых и древесных растений природных экосистем на сильно загрязненных ТУЭ участках. Установлено, что наибольшая удельная активность ТУЭ наблюдается в подземной фитомассе как травянистых, кустарничковых, так и древесных растениях; при этом удельная активность америция-241 значительно выше таковой плутония-238, плутония-239,240; а наиболее высокие дозы облучения трансурановыми элементами характерны для подземных органов – осевых и проводящих корней – независимо от рассматриваемого изотопа.

Суммарная мощность дозы от ТУЭ на надземные органы растений не превышает 1-2 мкГр/сутки; мощность дозы от ТУЭ на подземные органы древесных, кустарничковых и травянистых растений может достигать 60 мкГр/сутки на участках с умеренным уровнем загрязнения (урочище Майдан) и 250 мкГр/сутки на участках с высоким уровнем загрязнения (б.н.п. Масаны).

Показано, что в 2009 году активность ТУЭ в молоке коров, выпасаемых в районах, прилегающих к зоне отчуждения ЧАЭС, достигала величины 2—5 мБк/кг, а в образцах мясной продукции эта величина, в ряде случаев, возрастала до 0,1 Бк/кг. Сравнивая полученные данные с результатами исследований, выполненных в 1996 году, можно сделать вывод о существенном (на 1–2 порядка) возрастании удельной активности трансурановых элементов в продукции животноводства, что связано с изменением физико-химических форм нахождения ТУЭ в почве и увеличением образования америция-241.

В целом же, выполненная оценка возможности поступления ТУЭ в организм жителей южных районов Гомельской области с продуктами питания на отдаленном этапе катастрофы на ЧАЭС показала, что, несмотря на рост содержания изотопов плутония и америция в продукции животноводства и растениеводства, за счет данных радионуклидов на обследованных территориях не может быть сформирована значимая доза внутреннего облучения, превышающая вклад естественных источников. Однако полученные данные свидетельствуют о необходимости организации долговременных исследований за содержанием ТУЭ в естественных и искусственных экосистемах.

РАЗВИТИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РГП ИЯФ

Севериненко М.А., Макарова В.А., Филиппова Л.Н., Левашов М.А., Сушкова Н.С., Демидова А.О.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В Республике Казахстан существует немалое количество радиационно-опасных объектов и территорий, являющихся объектами наследия ядерного прошлого республики, а также современные источники радиоактивного загрязнения, такие, как урановые рудники и их отвалы, участки добычи полезных ископаемых и прочие. Учитывая важность обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды, в республике активно развиваются научные институты и центры в области радиоэкологии.

Радиоэкологические исследования, разработка технологий и методов снижения радиационного риска является основной целью деятельности Лаборатории инженерной экологии (ЛИЭ), входящей в состав Центра комплексных экологических исследований РГП ИЯФ.

Лаборатория была создана в 2001 году. Персонал лаборатории состоит из сотрудников, имеющих богатый опыт работ в области радиоэкологии, геологии, геофизики, проектирования и пр. К основным направлениям деятельности ЛИЭ относятся:

- разработка технико-экономических обоснований, проектно-сметной документации, технологических регламентов и иной документации, связанной с проектированием мер по снижению радиационного риска радиационно-опасных объектов Казахстана;
- разработка методик обследования радиационно-опасных объектов, территорий и населенных пунктов в зоне их влияния с использованием полевых инструментальных и лабораторных методов анализа;
- проектирование и расчет защиты хранилищ для хранения или временного размещения радиоактивных материалов и источников ионизирующего излучения;
- организация и проведение полевых работ по отбору проб объектов окружающей среды;
- проведение экспрессных ядерно-физических физико-химических исследований и гелиевой съемки объектов окружающей среды в полевых условиях (выездная радиоэкологическая лаборатория);
- обеспечение обработки результатов исследований с использованием современных геоинформационных технологий и статистического анализа данных;
- Природоохранное проектирование и нормирования в области экологической и радиационной безопасности.

Лаборатория оснащена полным комплектом оборудования для полевых работ, позволяющим выполнять оперативные измерения альфа, бета, гамма-излучения, элементного и радионуклидного состав объектов окружающей среды (вода, растительность, почва, донные отложения) непосредственно на месте обследования, а также проводить измерения содержание радона в воде, почве, воздухе и измерение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в помещениях. В аппаратное обеспечение группы входят такие высокоточные приборы, как дозиметры-радиометры, полевые спектрометры; радиометры радона, измерительный комплекс "Альфарад+"; рентгено-флуоресцентный анализатор, гелиевый течеискатель и мн. другое.

В программно-методическое оснащение лаборатории входят модули для создания баз данных и визуализации результатов радиоэкологических исследований, включая 3D моделирование и статистическую обработку данных. Используется как специализированное, так и общераспространенное программное обеспечение: ArcGIS, STATISTICA, AutoCAD.

Проводятся исследования в области Электронного - Парамагнитного Резонанса (ЭПР). Метод ЭПР-дозиметрии по зубной эмали позволяет ретроспективно получить наиболее надежную и точную оценку интегральной дозы γ - облучения человека и животного в течение всей жизни. ЭПР широко используется для контроля дозового пространственного поля технологических процессов стерилизации медицинских препаратов и пищевых продуктов, а также дозиметрии на природных дозиметрах почв для ретроспективного контроля их облученности.

Лаборатория имеет лицензии на проведение работ в области природоохранного проектирования и нормирования. Разрабатываются проекты Предельно-допустимых выбросов и сбросов вредных химических и радиоактивных веществ в атмосферу (ПДВ, ПДС), Проектов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Специалисты лаборатории принимают активное участие в выполнении бюджетных программ Института ядерной физики, коммерческих проектах, а также ряда международных проектов по линии МНТЦ, МАГАТЭ и пр.

РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ В РГП ИЯФ

Глуценко В.Н., Моренко В.С.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Работы по ядерной криминалистике в Казахстане в основном ведутся в Институте ядерной физики. Одним из основных направлений деятельности Института ядерной физики является разработка и применение ядерно-физических методов для анализа объектов окружающей среды, в том числе минерального сырья. Сохранив за годы развала советского государства интеллектуальный и научный потенциал, сумел за последние годы значительно обновить аппаратно-методическую базу в этой области и приобрести ценный опыт разработки инструментальных методов элементного и радионуклидного анализа. В настоящее время на базе имеющегося спектрометрического и аналитического оборудования в Институте Ядерной Физики создан комплекс ядерно-физических методов анализа, включающий такие методы элементного анализа, как нейтронно-активационный анализ (НАА), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), масс-спектрометрический анализ на индуктивно-связанной плазме (ИСП-МС), а также комплекс инструментальных и радиохимических методов анализа радионуклидного и изотопного состава.

Институт ядерной физики разработал и развивает специальную инструментально-методическую систему, обеспечивающую судебную экспертизу различных ядерных и радиоактивных материалов и продуктов. Для изучения материалов/изделий, полученных на экспертизу, применяется широкий спектр доступного оборудования и методик.

Институт имеет лицензию на обращение с источниками ионизирующего излучения, радиоактивными веществами и отходами, а также на оказание услуг в области применения ядерной энергии, включая определение радионуклидов в материалах, объектах окружающей среды; располагает необходимым техническим оборудованием для широкого спектра аналитических исследований в области прикладной ядерной физики, включая специализированные лаборатории и квалифицированные кадры «оружейных» специалистов, имеющих опыт в проведении аналогичных работ. Центр комплексных экологических исследований Института ядерной физики аккредитован на соответствие требованиям стандарта ИСО/МЭК 17025 - 2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Качество выполняемых анализов подтверждено успешным участием во многих международных межлабораторных сравнениях и профессиональных тестах, организованных МАГАТЭ.

В последнее время международное сотрудничество ИЯФ динамично развивается в области ядерной криминалистики. В Казахстане проведены многие семинары, тренинги и конференции. Можно отметить научно-практическую конференцию «Разработка аналитического плана для ядерной криминалистики» (Алматы, 2015г.), которая была поддержана Министерством энергетики США с участием специалистов из нескольких национальных лабораторий США. Представители РГП ИЯФ приняли участие в нескольких заседаниях Международной Технической Рабочей Группы. Завершено межлабораторное сравнительное исследование ядерных материалов из Национальной лаборатории им. Лоуренса Ливермора, США. Продолжается участие в различных упражнениях «Csodaszarvas: Mystic Deer», «Galaxy Serpent», CMX-5, CMX-6.

В настоящее время партнерский проект Международного научно-технического центра «Развитие материально-технического и нормативно-методического обеспечения экспертизы ядерных и радиоактивных материалов в Республике Казахстан» реализуется совместно с Ливерморской Национальной лабораторией им. Лоуренса, США.

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-ПРОЦЕДУРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ПРОБ ПОЧВ
ДЛЯ АНАЛИЗА НА СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ

Лукашенко С.Н.¹, Эдомская М.А.^{1,2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

² Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

В последние десятилетия, в связи с развитием атомной энергетики и расширением использования радиоактивных изотопов, все большее внимание уделяется долгоживущим альфа-излучающим трансурановым элементам, из которых наибольший период полураспада имеют изотопы плутония. Содержание плутония в объектах окружающей среды находится на уровне $n \cdot 10^{-1}$ Бк/кг, соответственно для получения качественных результатов необходимо использовать аналитические навески 5-20 г.

Наиболее распространенным методом анализа образцов почв на содержание изотопов плутония является альфа-спектрометрия. Процесс подготовки альфа-спектрометрического источника на анализ содержания изотопов плутония в пробах почвы включает в себя следующие этапы: переводение радионуклидов в раствор, радиохимическое разделение, изготовление счетного источника.

Первый этап осуществляют с использованием смеси кислот или методом щелочного сплавления. Сплавление является экстремально агрессивным и одним из наиболее эффективных методов разрушения твердых проб, содержащих силикатную составляющую и труднорастворимые соединения радионуклидов. Однако данный метод хорошо зарекомендовал себя при небольших навесках в несколько грамм, при увеличении массы навески до 5-10 г., такой метод становится ненадежным.

При переведении радионуклидов в раствор с использованием кислотного воздействия используют два методических подхода: кислотное выщелачивание и метод полного вскрытия образца. Кислотное выщелачивание применяется при анализе загрязнения глобальными выпадениями, так из зольных остатков почв при кипячении в 7-8 М HNO_3 извлекается 91-97 % плутония. Вместе с тем кислотное выщелачивание недостаточно при формах нахождения плутония в образцах почвы в виде труднорастворимых соединений или горячих частиц, а так же когда неизвестны его формы нахождения.

Для полного разложения образцов используют методики открытого разложения в виде последовательной обработки проб смесями кислот при нагревании. Основным недостатком таких методов является их трудоемкость и высокие временные затраты. Известны способы полного разложения проб почв с использованием микроволновой печи. Недостатками данного метода является его лимитированность по массе разлагаемых навесок на уровне 1 грамма, а так же количеству образцов, которые можно разместить в микроволновой печи. Кроме того этот метод требует наличия специального оборудования, что повышает стоимость проведения анализа.

Настоящая работа направлена на разработку методической схемы автоклавного разложения больших навесок проб почвы с целью ускорения процесса разложения. В работе рассмотрена возможность автоклавного разложения проб почв смесью минеральных кислот. Для этой задачи была разработана конструкция тefлоновых автоклавов в металлическом корпусе простых в изготовлении.

С целью выбора оптимального соотношения выбранных кислот HF , HCl , HNO_3 проведены работы по исследованию их необходимого минимального количества. Получены графики зависимости массы осадков после разложения проб почвы от внесенного объема для каждой из выбранных кислот, а также для смеси кислот с изменяемой аликвотой одной из них при оптимально подобранных параметрах двух других. На основании полученных результатов подобрано оптимальное соотношение плавиковой, соляной и азотной кислот для автоклавного разложения образцов почвы.

Предложенная методическая схема автоклавного разложения больших навесок проб почвы позволяет значительно сократить время разложения почвенных образцов, исключить прямое и перекрестное загрязнение, понизить трудоемкость процесса по сравнению с открытыми методами разложения, сократить расход реактивов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ ОТ ПЛОСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ИСТОЧНИКА

¹Абдуллаев Х.Ш., ²Наджафов Б.А., ¹Масимов Е.А., ²Мамедов Б.А.

¹Бакинский Государственный Университет
²Институт Радиационных проблем НАН Азербайджана
 Email: bnajafov@inbox.ru

Рассматривается вопрос пространственного распределения быстрых и тепловых нейтронов в атмосфере Земли. Поля быстрых нейтронов от плоского радиоактивного источника при энергии источника, не превышающей 1МэВ, корректно описывается теорией возраста. Влияние неоднородности атмосферы сказывается при высоте источника, превышающей 20-25 км. Плотность потока медленных нейтронов падает практически до нуля на расстоянии порядка двух параметров неоднородности атмосферы.

Плотность потока нейтронов $\psi(z, \nu, \vec{\Omega})$, находящихся на высоте z , движущихся с скоростью ν в направлении $\vec{\Omega}$ в стационарном случае описывается интегро-дифференциальным уравнением Больцмана:

$$\vec{\Omega} \text{ grad } \psi(z, \nu, \vec{\Omega}) + \sum_z(z, \nu) \psi(z, \nu, \vec{\Omega}) = \iint \sum_s(z, \nu' \rightarrow \nu, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) \psi(z, \nu', \vec{\Omega}') d\nu' d\vec{\Omega}' + S(z, \nu, \vec{\Omega}), \quad (1)$$

Где $\sum_s(z, \nu' \rightarrow \nu; \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega})$ - дважды дифференциальное сечение рассеяния нейтронов, $\sum_t(z, \nu)$

- полное сечения взаимодействия нейтронов с воздухом, $S(z, \nu, \vec{\Omega})$ - плотность источников тепловых нейтронов.

1. Пространственно-энергетическое распределение быстрых нейтронов для экспоненциальной атмосферы от плоского моноэнергетического источника, являющиеся решением уравнения (1) в возрастном приближении, имеет вид [1]:

$$\psi_{epi}(z, \tau) = \frac{\exp\left[-\int_0^\tau a^2(\tau') d\tau'\right]}{(4\pi\tau)^{1/2}} \exp\left[-\frac{(1-e^{-\lambda z})^2}{4\tau\lambda^2}\right], \quad (2)$$

где

$$a^2 = 3\sum_{tr} \cdot \sum_a; \quad \sum_{tr} = \sum_t - \frac{2}{3} \sum_{i=1}^N \frac{\sum_i}{A_i}; \quad \lambda = \frac{1}{h};$$

$$d\tau = \frac{dE}{3\xi \sum_s \cdot \sum_{tr} \cdot E}; \quad \xi = \frac{1}{\sum_s} \sum_{i=1}^N \sum_{si} \left[1 - \frac{(A_i - 1)^2}{4A_i} \ln \frac{(A_i + 1)^2}{(A_i - 1)^2} \right];$$

Где A_i - атомный вес i -го рассеивающего элемента, N -число элементов, \sum_s и \sum_a - интегральные сечения рассеяния и поглощения соответственно, \sum_{tr} - транспортное сечение. Плотность потоки быстрых нейтронов ψ_{epi} в (2) нормирована тем условием, что в единицу времени в начале координат (при $z=0$) возникает один нейтрон.

Легко показать, что для энергий, значительно меньших энергии нейтронов источника, это распределение следует известному спектру Ферми. Отклонения от этого спектра, экспоненциально полученные в [2, 3], обусловлены, по-видимому, такими эффектами, как неточность источника в пространстве, присутствием примесей в воздухе и наличием химических связей в рассеивающих молекулах.

Литература:

1. А.Х. Абдурахманов и др. «Геоматнезизм и аэрономия» т.9, №5, 2007.
2. Г.Я. Труханов «Методы расчета полей тепловых нейтронов». М. Атомиздат, 2004.
3. В.Я. Голдин. «Квазидиффузия тепловых нейтронов». М. Атомиздат, 2007.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВЛИЯНИЮ НАЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Кабдыракова А.М., Кундузбаева А.Е., Меньдубаев А.Т., Байсеркенова Т.Н.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

В работе представлены результаты исследования распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв на площадке «Опытное поле», где непосредственно проводились наземные ядерные испытания, на отдаленных участках следов от наземных испытаний (24.09.1951 г., 38 кт и 12.08.1953 г., 400 кт) и на «условно фоновых» участках, граничащих со следами. На площадке «Опытное поле» были исследованы как районы эпицентров испытаний, так и «малые» следы радиоактивных выпадений, не выходящие за пределы территории площадки. Исследованные почвы имеют радиоактивное загрязнение как продуктами деления (^{137}Cs , ^{90}Sr), так и трансурановыми радионуклидами (^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$), что является характерным для мест проведения наземных ядерных взрывов.

Методология исследования состояла из отбора проб поверхностного слоя почвы, гранулометрического фракционирования образцов и определения содержания радионуклидов во фракциях. Отбор проб поверхностного слоя почвы производился на глубину 5 см. Гранулометрическое фракционирование проводилось методами «мокрого» ситового рассева и седиментации в водной среде. Фракции микроагрегатов крупных и средних размеров в диапазоне от 1000 до 40 мкм разделялись с помощью отсева на ситах, фракции тонкодисперсных агрегатов в диапазоне размеров от 40 до 1 мкм - седиментацией. В целом каждая проба разделялась на 9 гранулометрических фракций в диапазоне размеров агрегатов от 1000 до 1 мкм. Полученные фракции высушивались, взвешивались и анализировались на содержание радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Определение содержания ^{137}Cs , ^{241}Am в образцах проводилось γ -спектрометрическим методом, ^{90}Sr – β -спектрометрическим методом как посредством прямого измерения, так и с предварительной радиохимической подготовкой, $^{239+240}\text{Pu}$ – α -спектрометрическим методом с предварительной радиохимической подготовкой. По соотношению удельной активности радионуклидов в гранулометрических фракциях и в почве определялся коэффициент обогащения (К_о) для оценки степени обогащения или обеднения фракций радионуклидами.

Исследования показали, что в местах проведения наземных ядерных взрывов в значительной степени обогащена радионуклидами крупнодисперсная фракция почвы размером 1000-500 мкм. Также несколько обогащена фракция размером 500-250 мкм. Значение коэффициента обогащения фракции 1000-500 мкм на всей территории площадки не превышает ~3. Фракции почвы, имеющие размер частиц менее 250 мкм, в основном, обеднены радионуклидами.

Характерным для исследованных отдаленных участков следов (расстояние от эпицентра более 60-70 км) от двух разных испытаний является наибольшее обогащение радионуклидами фракций размерами 40-8 мкм и 500-250 мкм соответственно. Наряду с этим отмечается обогащение тонкодисперсных фракций размером <1 мкм радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr .

На «условно-фоновых» территориях распределение радионуклидов, в основном, характеризуется тенденцией наибольшего накопления в тонкодисперсных фракциях почвы. Наибольшее значение коэффициентов обогащения (в среднем ~3) достигается во фракции размером <1 мкм. Однако на локальных участках с повышенным содержанием радионуклидов в почве проявляется значительное концентрирование радионуклидов в тех же фракциях, что и на граничащем с территорией следе радиоактивных выпадений. Вероятно, данное обстоятельство является признаком влияния следов от наземных ядерных испытаний на исследуемые «условно фоновые» территории СИП.

Таким образом в ходе проведенных исследований установлено, что характерной особенностью распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв, подвергшихся влиянию наземных ядерных испытаний, является концентрирование их преимущественной доли активности в определенной фракции почвы. Размер обогащенной фракции, вероятно, отражает дисперсность радиоактивных выпадений на местности. В ближних зонах радиоактивных выпадений в наибольшей степени обогащены радионуклидами крупнодисперсные фракции почвы размером более 500 мкм. На отдаленных зонах радиоактивных выпадений размеры обогащенных фракций уменьшаются до <40 мкм. На «условно фоновых» территориях СИП в наибольшей степени обогащена радионуклидами (в особенности продуктами деления) фракция почвы размером <1 мкм. Наряду с этим, характер распределения $^{239+240}\text{Pu}$ может повторять его распределение на соответствующем следе, оказавшем влияние на территорию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОСТАНКОВ ЛЮДЕЙ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

*Дмитриев А.Ю.¹, Борзаков С.Б.¹, Ленник С.Г.², Кабирова Г.М.², Быченко А.Н.², Желтов Д.А.²,
Эдомская М.А.²*

¹ Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна, Российская Федерация

² РГП Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Выполнены исследования элементного состава уникальных образцов человеческих останков XVI-XVII веков из некрополей Московского Кремля, Россия - фрагмента ребра из захоронения сына царя Ивана Васильевича Грозного – царевича Ивана Ивановича, фрагмента ребра из захоронения князя Михаила Васильевича Скопина-Шуйского и прядей волос первой жены царя Ивана Васильевича Грозного – первой русской царицы Анастасии Романовны.

Исследования были проведены на базовых установках лаборатории нейтронной физики (ЛНФ) ОИЯИ – установке ИРЕН и импульсном быстром реакторе ИБР-2, а также на реакторе ВВР-К Института ядерных исследований, Алма-Аты, Казахстан методом нейтроноактивационного анализа (НАА) и методами масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС ИСП и АЭС ИСП, соответственно). Общий для всех методов этап подготовки фрагментов волос и костей проведен в ОИЯИ. Подготовка образцов к анализу ИСП-МС и ИСП-АЭС осуществлялась методом микроволнового кислотного разложения. Измерения выполнялись на масс-спектрометре ELAN-9000 (Perkin Elmer SCIEX) и эмиссионном спектрометре OPTIMA 8000 (Perkin Elmer Inc).

Результаты исследования волос царицы Анастасии Романовны представлены в таблице.

Элемент	ИЯФ			ОИЯИ
	ИНАА	ИСП-МС	ИСП-АЭС	ИНАА
	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
Na	5900 ± 890	-	-	-
Mg	-	745 ± 45	715 ± 63	-
K	1150 ± 230	-	-	-
Ca	19000 ± 4800	-	-	-
Fe	275 ± 28	-	275 ± 18	< 1170
Ni	-	1,85 ± 0,33	4,25 ± 0,89	-
Cu	-	2570 ± 540	2930 ± 440	-
Zn	43,8 ± 4,4	53,7 ± 17	68,4 ± 15	< 100
Se	3,6 ± 1,1	2,07 ± 0,35	-	-
As	1,0 ± 0,1	1,24 ± 0,15	1,04 ± 0,32	1,18 ± 0,21
Br	15,6 ± 3,1	-	-	-
Sr	-	18,7 ± 1,9	20,9 ± 2,0	-
Ag	5850 ± 590	-	-	3460 ± 480
Sb	4,4 ± 1,3	3,93 ± 0,79	-	2,72 ± 0,44
Au	18,4 ± 1,8	-	-	6,4 ± 0,7
Hg	50,7 ± 5,1	32,8 ± 7,9	-	46,6 ± 1,2
Pb	-	4600 ± 460	4410 ± 400	-

Полученные результаты показывают чрезвычайно высокое содержание ртути в волосах первой русской царицы Анастасии, что подтверждает факт острого отравления. Данные анализа останков дают возможность ввести в научный оборот состав микроэлементов, значения содержания, в первую очередь, ртути и мышьяка в уникальных биологических образцах из захоронений исторических личностей периода позднего русского Средневековья. Проведенные исследования позволяют прояснить обстоятельства жизни и смерти некоторых представителей русской знати и представляют интерес для историков, экологов и токсикологов.

СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОЙ И ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Ляхова О.Н., Айдарханов А.О., Актаев М.Р., Турченко Д.В., Светачева Ю.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Результаты радиоэкологического обследования Семипалатинского испытательного полигона, выполняемого ИРБЭ НЯЦ РК с 2008 года, показывают, что на территории полигона имеются участки, на которых уровни радиоактивного загрязнения превышают нормативные значения в тысячи и более раз. В основном загрязнение сосредоточено на технических площадках «Опытное поле», «Дегелен», «Балапан», «Сары-Узень» и др., на которых непосредственно проводились ядерные испытания. В настоящее время, возможными механизмами миграции радионуклидов из мест проведения ядерных испытаний на СИП являются ветровой перенос и перенос радионуклидов с подземными и поверхностными водами. В связи с этим, существующая система радиационного мониторинга СИП включает в себя два основных направления – мониторинг воздушной и водной сред.

Мониторинг воздушной среды. С целью контроля за радиационной ситуацией на СИП и прилегающей территории организовано 5 стационарных постов мониторинга воздуха. Наблюдения проводятся на участках месторождений «Каражыра», «Караджал», на объектах КИР «ИГР» и КИР «Байкал-1», территориально приуроченных к основным испытательным площадкам «Опытное поле», «Балапан», «Дегелен». Контрольный пост мониторинга организован на территории, прилегающей к СИП, в г. Курчатов. На всех постах мониторинга ведутся наблюдения за содержанием в воздухе основных техногенных радионуклидов - $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , а также осуществляются наблюдения за метеопараметрами, с периодичностью 1 раз в месяц. Результаты проведенных работ в 2015 - 2018 гг., показали, что на всех постах мониторинга концентрация исследуемых радионуклидов в воздушной среде составила менее предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения.

Мониторинг водной среды. В рамках осуществления водного мониторинга проводится контроль за содержанием техногенных радионуклидов в подземных водах, залегающих в зонах влияния мест проведения подземных ядерных испытаний на площадках «Дегелен», «Балапан» и «Сары-Узень». Во всех водных объектах проводится контроль за содержанием ^3H , который используется в качестве индикатора миграционных процессов. Выборочно, в зависимости от уровня радиационного загрязнения в месте расположения водного объекта, определяется содержание в воде радионуклидов $^{239+240}\text{Pu}$, ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Для контроля за состоянием подземных вод на территории СИП определено порядка 50 действующих гидрогеологических скважин и колодцев, которые охватывают все потенциальные участки движения подземных вод и расположены в разных частях полигона. Контроль радиационного состояния подземных вод осуществляется выборочно, с периодичностью от 1 года до 3-х лет, в зависимости от радиационных характеристик объекта и места его расположения. Согласно результатам мониторинга, радионуклидное загрязнение подземных вод, вытекающих за пределы испытательных площадок СИП, обусловлено присутствием в воде радионуклидов ^3H и ^{90}Sr . Удельная активность ^3H в подземных водах изменяется от минимальных <12 до максимальных 500 000 Бк/кг, удельная активность ^{90}Sr составляет до 5 Бк/кг.

Мониторинг поверхностных вод проводится на всех основных водотоках и водоемах СИП, расположенных на радиационно-загрязненных участках и прилегающих к ним территориях. Периодичность контроля составляет 2 раз в год (весной и осенью). Основными объектами мониторинга на СИП являются ручьи площадки «Дегелен» и река Шаган, протекающая на площадке «Балапан», в воде которых фиксируются численные значения удельной активности ^3H до 350 кБк/кг.

Анализ данных показал, что за время проведения мониторинга СИП перенос радиоактивности воздушным путем за пределы территории СИП не зафиксирован, существенных изменений в содержании техногенных радионуклидов в водной среде не наблюдалось.

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОМИНАНТНЫХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ
ВОДОТОКА ШТОЛЬНИ 504 ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»

Шакенов Е.З., Дюсембаева М.Т., Темиржанова А.Е., Мухамедияров Н.Ж.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Казахстан, г. Курчатов

Испытательная площадка «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона (СИП) использовалась для проведения подземных ядерных испытаний средней и малой мощности. Наиболее загрязненными участками площадки «Дегелен» являются припортальные площадки штолен с водотоками. За период работы испытательной площадки водоприток отмечался более чем в 50 штольнях. В водотоке штольни 504, расположенном в долине ручья Карабулак, помимо техногенных радионуклидов выявлено аномально высокое содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) и тяжелых металлов.

Припортальный участок штольни отличается наличием густого растительного покрова, где произрастают такие доминирующие виды растений как: тростник южный (*Phragmites australis*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeos*), осока приземистая (*Carex supina*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), полынь эстраган (*Artemisia dracuncululus*), ковыль волосатик (*Stipa capillata*).

Вдоль русла водотока штольни 504 в сентябре 2012 г производился сопряженный отбор проб воды, грунта и растений. Отбор проб на исследуемом участке проводился по профилям (всего 3 профиля), расстояние между которыми составляет 50 м. В каждом профиле производился отбор проб грунта и растений в 6-8 точках, с расстоянием от 10 до 100 м. Условно серединой профиля обозначено русло водотока, где проводился отбор проб воды.

Определение содержания химических элементов проводилось методами масс-спектрометрии (ИСП-МС) и атомно-эмиссионной спектрометрии (ИСП-АЭС) с индуктивно-связанной плазмой с использованием приборов Elan 9000 фирмы «Perkin Elmer SCIEX», а также «iCAP 6300 Duo» фирмы Thermo Scientific. Для построения калибровочных графиков использовались мульти- элементные стандартные растворы, зарегистрированные в реестре ГСИ РК под № KZ.03.02.00901-2010, KZ.03.02.00902-2010.

Полученные данные по пространственному распределению элементов в грунте штольни 504 позволяют условно выделить 2 участка. Первый участок «фоновый», где содержание исследуемых элементов в грунте находится на уровне кларка, либо ниже этого значения. Второй участок, «загрязненный», подверженный влиянию штольневых водотоков, где концентрации элементов превышают их предельно допустимые уровни в почве.

При сравнении содержания исследуемых химических элементов в грунтах, отобранных с загрязненных участков были выявлены превышения значений следующих элементов: Pb (26 ПДК), Mn и Cu (9 ПДК). Содержание в грунте таких элементов как Be, Zn и Cd на исследуемом загрязненном участке находится на уровне 1 ПДК.

Накопление химических элементов в растениях, произрастающих возле штольни 504 зависит от экологических и морфо-физиологических особенностей, в частности по отношению к воде. По мере удаления от загрязненного русла водотока в основном произрастают ксерофитные растения – ковыль и полынь. При этом ареал произрастания большинства исследуемых гидро - и мезофитных растений (тростник, осока, вейник, карагана) расположен к середине профиля в местах с повышенным содержанием влаги и наличием высокого содержания химических элементов.

В отобранных пробах растений на загрязненном участке замечено повышенное содержание Be, Cd, Cs, Pb, U и РЗЭ. Выявлено, что на загрязненном участке из гидрофитных видов растений только осока накапливает повышенные концентрации Cs, U и ряд РЗЭ (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu). В карагане (мезофит), произрастающем на загрязненном участке среднее содержание Be, Cd и Pb превышает их значения фона в 40-50 раз, а урана в тысячу раз. В ксерофитных растениях накапливаются те же элементы что и в мезофитах, а именно Be, Pb и U. Так, в полыни среднее содержание Be и Pb на загрязненном участке превышает их фоновые концентрации в 30-60 раз, а концентрация урана в 800 раз.

Для большинства видов растений штольни 504 выявлено максимальное накопление урана, превышающее их фоновые значения в сотни и тысячу раз. При этом содержание изотопа урана ^{235}U в природных водах площадки Дегелен соответствует естественному изотопному составу и находится на уровне 0,72 %.

СПЕКТРОМЕТРЫ С РАЗРЕШЕНИЕМ ПППВ ДО 0,6% НА ОСНОВЕ CZT И СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Бредихин И.

ООО «Гамматек», Россия, Москва
ivan@gammatech.pro

При изучении гамма-излучения как правило используются:

- Либо «бюджетные» NaI(Tl) детекторы, обладающие посредственным энергетическим разрешением;
- Либо крайне дорогие и требующий азотных температур для своей работы ОЧГ (HPGe) детекторы.
- Реже, в качестве компромиссного варианта, по цене и стоимости используется сцинтиляционные LaBr₃(Ce) детекторы, которые обладают значительной собственной радиоактивностью из-за чего не подходят для проведения низкофоновых измерений

Вместе с тем в мире существуют тысячи различных материалов для детектирования ионизирующих излучений. Сотни из них применяются в науке.

В рамках данной работы будут показаны некоторые из существующих на рынке материалов/исполнений детекторов, позволяющие представить как системы со спектрометрическим разрешением лучшим, чем у LaBr₃(Ce), так и заметно более дешевые со сравнительным энергетическим разрешением.

Двумя наиболее яркими материалами, прогресс в изготовлении которых крайне заметен в последнее время, являются SrI₂(Eu) и CZT.

Тип	ПППВ@ 662кэВ	Эфф.	Цена	Особенность
ОЧГ (HPGe)	0,2%	10-200%	\$\$\$\$\$\$	Требует LN2 температур
LaBr(Ce)	2,6 - 3%	10-100%	\$\$\$\$	Собственная радиоактивность 5.23 гр/см³, 0,02мкс, 130%
NaI(Tl), CsI(Na)	6-10%	10-200%	\$	Низкая цена 3.67 гр/см³, 0,23мкс, 100%

Рисунок 1- Схематическое сравнение канонически доступных детекторов для гамма-спектрометрии, а также «ниш», в которых будут представлены новые перспективные материалы

СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ^{137}Cs В ТУШКАХ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (CHIROPTERA) НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВЕЙБУЛЛА

Дмитриева А.В.¹, Осовец С.В.¹, Смагин А.И.²

¹ Южно-Уральский институт биофизики, г. Озерск, Россия, dmitrieva.A@subi.su;

² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия, smagin54@mail.ru

Использование методов математического моделирования при описании закономерностей распределения удельной активности радионуклидов в органах и тканях животных является одним из актуальных направлений современной радиобиологии. Поиск математической модели максимально точно описывающих указанные закономерности представляет собой практически значимую задачу.

В настоящем исследовании представлено сравнение распределения удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей, животных, относящихся к отряду рукокрылых (Chiroptera), на основе модели Вейбулла.

Были изучены особи летучих мышей, отловленные на территории базы отдыха «Волна» и детского оздоровительного лагеря «Звездочка», расположенных на берегу оз. Акакуль. Озеро Акакуль находится приблизительно в 15 км к юго-западу от основной группы технологических водоемов ФГУП «ПО «Маяк». Акватория и прибрежные территории оз. Акакуль не пострадали в результате радиационных инцидентов на ФГУП «ПО «Маяк» 1957 и 1967 годов. Загрязнение указанной территории промышленными радионуклидами отсутствовало.

Для проведения исследования была сформирована группа летучих мышей из 15 особей, отловленных в исследуемом районе. Данная группа условно была названа «опыт». В исследуемую выборку летучих мышей входили животные четырех видов. Удельная активность ^{137}Cs (Бк) в 15 тушках летучих мышей была определена спектрометрическим методом.

Для описания распределения удельной активности ^{137}Cs в организме летучих мышей в исследуемых выборках использовали модель Вейбулла следующего вида:

$$P = 1 - \exp \left[-\ln 2 \cdot \left(\frac{q}{q_{50}} \right)^V \right],$$

где q – содержание нуклидов в организме (Бк); q_{50} – медианное значение содержания (Бк); V – параметр формы распределения; P – вероятность случайной величины q . Также был рассчитан коэффициент детерминации R^2 для подтверждения зависимости между удельной активностью ^{137}Cs в организме летучих мышей и исследуемым признаком.

Достоверные различия удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей наблюдаются при сравнении по таким исследуемым признакам как вид и пол. В группе «опыт» удельная активность ^{137}Cs в тушках самок достоверно выше в 4,6 раза чем в тушках самцов (q_{50} – 15,27 и 3,29 соответственно). Проведено сравнение удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей в группе «опыт» в зависимости от видовой принадлежности. Удельная активность ^{137}Cs в тушках летучих мышей вида *Myotis dasycneme* Voie внутри группы «опыт» достоверно выше в 6,3 раза удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей остальных видов (q_{50} – 22,43 и 3,59 соответственно). Причины различия удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей в зависимости от пола и видовой принадлежности, по нашему мнению, связаны с биологическими особенностями и экологической специализацией вида, которые приводят к радиоактивному загрязнению животных.

При сравнении распределения удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей группы «опыт» получены достоверные различия в зависимости от пола и вида животных. Использование модели Вейбулла при сравнении распределения удельной активности ^{137}Cs в тушках летучих мышей показало высокую степень аппроксимации эмпирических данных расчетной кривой. Коэффициенты детерминации имели значения от 0,930 до 0,988. В настоящее время причины поступления ^{137}Cs в организм летучих мышей группы «опыт» окончательно не установлены. Необходимо проведение дополнительных исследований.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В РАДИОЭКОЛОГИИ

Филиппова Л.Н., Сляднева В.Н., Ли Р.А.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Традиционно, в Республике Казахстан, существует повышенный уровень внимания к радиозоологической обстановке, связанный с расположением на его территории большого количества радиационно-опасных объектов (РОО). К ним относятся как места проведения ядерных испытаний, исследовательские и энергетические ядерные установки, так и объекты уранодобывающей, перерабатывающей отраслей, нефтепромыслы.

Институт ядерной физики уже много лет проводит наблюдения за радиационным состоянием окружающей среды, обусловленным деятельностью РОО, специализированным подразделением – Центр комплексных экологических исследований (ЦКЭИ). За эти годы накоплен большой объем комплексной информации о загрязнении почвы, воды, растений и других объектов. Но результаты исследований проб окружающей среды важно не только получить и где-то хранить, но и правильно, точно и быстро их проанализировать. С помощью математических приемов экспериментальные данные можно обобщать, приводить в систему, изображать графически, выявляя скрытые в них статистические закономерности.

В ЦКЭИ ИЯФ исследование экологической ситуации объектов осуществляется в двух срезах: оценка тех или иных параметров для данного момента времени и получение прогнозных значений. Для осуществления этих целей применяются известные одно-, двух- и многокомпонентные методы статистического анализа. Работа проводится в несколько этапов в зависимости от качества и количества имеющихся данных:

1. Сбор, упорядочивание и перевод цифровых данных в табличные формы Excel.
2. Первичная обработка информации методами элементарной статистики, выявляющая показатели, непосредственно отражающие результаты полученных измерений, и дающая графическое представление, что позволяет не только выявить связи, но и оценивает их достоверность, создает базу для последующего анализа.
3. Регрессионное исчисление, сводящее разрозненные данные к некоторому линейному графику, приблизительно отражающему их внутреннюю взаимосвязь.
4. Корреляционный анализ, выявляющий связи между двумя рядами экспериментальных данных, влияние одного явления на другое и динамику связанных процессов, используется как составная часть более сложных, комплексных методов, в том числе факторного анализа.
5. Многомерный статистический анализ, задачами которого являются сокращение числа переменных и определение структуры взаимосвязей между переменными.

Статистический анализ дает представление о структуре явлений и процессов, об их распределении, размещении в пространстве, движении во времени, выявляет действующие количественные зависимости, тенденции и закономерности в конкретных условиях места и времени.

В качестве программного обеспечения для реализации вышеприведенных методов используется специализированный пакет прикладных программ STATISTICA. Программное решение работает с текстовой и численной информацией, которая объединяется в одну из четырех групп: управление, анализ, получение или визуализация, с возможностью редактирования графиков, схем, диаграмм, а также запуска системы через Excel.

Некоторые статистические методы нашли применение в базе данных «Паспорт мониторинга ЛИРА», разработанной на основе программного обеспечения Excel для отслеживания результатов мониторинга влияния на окружающую среду объектов ЛИРА, представляющие собой шесть подземных резервуаров на глубине 1000 м, созданные ядерными взрывами на территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения.

Для поддержания пользовательского интерфейса в БД используются созданные с помощью языка программирования VBA, необходимые формы и кнопки управления. С помощью специальных программных компонент для каждого выбранного объекта выводятся на экран параметры описательной статистики, диаграмма размаха, частотная гистограмма и диаграмма рассеяния, дающие общее представление о выборке, значительно ускоряющие первый шаг анализа и позволяющие сделать выводы и принять стратегические для дальнейшего анализа решения. Выборка проводится всего в «два клика» мышкой и обеспечивает удобство работы с Паспортом мониторинга даже неподготовленному пользователю.

Все применяемые статистические методы помогают сформировать единое информационное представление о РОО, раскрыть сущность явлений и процессов, происходящих на объектах, определить присущие им закономерности, создать прогнозный сценарий будущего, а также подготовить превентивные мероприятия.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ
НА ОБЪЕКТЕ «ЛИРА»**

Агеева Т.И., Глуценко В.Н., Моренко В.С., Швырев С.И.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

При освоении Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) с целью организации резервных емкостей для хранения конденсата в 1983-84 г.г. были созданы подземные резервуары с применением ядерно-взрывной технологии. Объект получил название «ЛИРА». Подземные сооружения были обустроены, интегрированы в технологический процесс нефтегазового комплекса и использовались с 1991 по 1995 годы.

Объект «ЛИРА» включает шесть подземных емкостей в соляной толще на глубине около 1000 метров, технологические скважины, комплекс шлейфовых трубопроводов, технологические площадки и сеть наблюдательных скважин.

В 1995-1997 годах при передаче месторождения в разработку компании, созданной альянсом иностранных инвесторов, обсуждался вопрос закрытия радиационно-опасных объектов «ЛИРА». Однако ввиду отсутствия финансирования, решение по закрытию объекта принято не было, подземные емкости были оставлены в промышленном состоянии: четыре из них остались заполненными конденсатом общим объемом 63 тыс. тонн и под давлением газа 1,9-5,3 МПа. Емкость ТК-5 была обводнена после взрыва, на сооружении ТК-6 – при его вводе в эксплуатацию произошла авария вследствие обрыва значительного отрезка обсадных труб.

Наличие плохо контролируемых радиационно-опасных объектов, вызывало обеспокоенность иностранных инвесторов, ведущих разработку КНГКМ. Для обеспечения долговременной радиационной безопасности в связи с объектом «ЛИРА» и предотвращения его влияния на нефтегазовые операции Институтом ядерной физики была разработана программа по Комплексному исследованию и мониторингу объекта «ЛИРА», и с 1998 г. начаты работы по его осуществлению.

Существующая система мониторинга определяет получение системной информации, необходимой для проведения оперативных мероприятий, прогнозирования экологического состояния объекта и обеспечения радиационной безопасности.

Результаты мониторинга и различного вида исследований свидетельствуют о том, что на текущий период уровень радиоактивного загрязнения почв на контролируемых территориях не превышает фоновых уровней, миграция радионуклидов из подземных емкостей отсутствует.

Однако результаты мониторинга технического состояния оборудования и экспертные оценки показали ухудшение механической прочности инженерных узлов. К тому же были определены риски замедленного действия, такие как коррозионные процессы подземного оборудования скважин, которые могут привести к их разрушению, обрушению больших блоков пород, созданию динамического потока жидкости и аварийной ситуации.

Для решения всех этих проблем был разработан и реализуется план приведения объекта «ЛИРА» в безопасное состояние.

В первую очередь выполнены мероприятия по обеспечению технической безопасности объекта: снижено давление в четырех подземных емкостях с применением технологии отжига газа, произведена замена устьевого оборудования и насосно-компрессорных труб, выполнены геофизические исследования состояния скважин и емкостей, а также сейсмические исследования геотектонической обстановки.

Принимая во внимание, риски замедленного действия, на основании результатов анализа архивного материала, текущих данных и существующего опыта обращения с аналогичными объектами разработан концептуальный проект по приведению объекта в состояние длительного безопасного хранения с вариантами технических решений по консервации подземных емкостей. Всесторонний анализ вариантов технических решений показывает, что не все они могут быть реализованы ввиду изношенности технологического оборудования. К каждому подземному сооружению требуется индивидуальный подход и разработка проекта с применением работ по изоляции подземной емкости.

УРОВНИ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В МЕСТАХ
ПРОВЕДЕНИЯ «МИРНЫХ» ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Айдарханова А.К., Ларионова Н.В.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

В период с 1965 по 1988 годы в рамках реализации государственной программы № 7 «Ядерные взрывы для народного хозяйства» на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) было произведено 7 взрывов (9 зарядов). Одним из направлений промышленного использования подземных ядерных испытаний являлось создание искусственных водоемов посредством проведения экскавационных ядерных взрывов (с выбросом грунта). В результате на территории СИП образовались воронки «Телькем-1» и «Телькем-2» на площадке «Телькем», воронка (скважина 1003) на площадке «Сары-Узень» и «Атомное» озеро на площадке «Балапан», которые и стали объектами настоящего исследования.

Для проведения исследований на выбранных объектах проводился сопряженный отбор проб воды, донных отложений и высших водных растений, принадлежащих в зависимости от места их произрастания к 3 экологическим группам: водные, прибрежно-водные и прибрежные. Во всех отобранных пробах определялось содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$.

По результатам проведенных исследований, установлено, что в воде содержание ^{241}Am и ^{137}Cs находится ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения (<1 Бк/кг и $<0,01$ Бк/кг соответственно), $^{239+240}\text{Pu}$ – варьирует от $7,4 \cdot 10^{-4}$ до $0,21$ Бк/кг, ^{90}Sr – достигает 170 ± 16 Бк/кг. Максимальные значения $^{239+240}\text{Pu}$ в воде зафиксированы в воронке «Телькем-1», а ^{90}Sr – в воде воронки «Телькем-2». Содержание радионуклидов в донных отложениях исследуемых объектов составило: для ^{90}Sr – от 74 до 710 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $7,0 \cdot 10^3$ до $2,7 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{241}Am – от 320 до $7,1 \cdot 10^3$ Бк/кг, ^{137}Cs – на уровне $2,8 \cdot 10^3$ Бк/кг. Максимальные значения всех радионуклидов зафиксированы в донных отложениях воронки «Телькем-1».

Водные растения произрастают только на 2 водных объектах: в «Атомном» озере и в воронке «Телькем-1». Максимальные значения содержания исследуемых радионуклидов зафиксированы в водных растениях, произрастающих в воронке «Телькем-1»: для $^{239+240}\text{Pu}$ – от $4,3 \cdot 10^3$ до $1,6 \cdot 10^4$ Бк/кг, для ^{90}Sr – от $1,2 \cdot 10^3$ до $5,4 \cdot 10^3$ Бк/кг, для ^{137}Cs – от 40 до $1,6 \cdot 10^3$ Бк/кг, для ^{241}Am – от 250 до $1,3 \cdot 10^3$ Бк/кг. Максимальные значения удельной активности в водных растениях «Атомного» озера установлены для радионуклида ^{90}Sr (в среднем 25 Бк/кг), менее высокие – для ^{137}Cs (11 Бк/кг), для $^{239+240}\text{Pu}$ ($5,1$ Бк/кг). Содержание ^{241}Am находится ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения, $<0,5$ Бк/кг.

Из прибрежно-водных растений на водных объектах произрастает тростник южный (*Phragmites australis*), рогоз узколистный (*Typha angustifolia*) и камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*). Максимальные значения удельной активности в прибрежно-водных растениях установлены для ^{90}Sr – от 24 до 390 Бк/кг, менее высокие для $^{239+240}\text{Pu}$ – от $<0,04$ до 150 Бк/кг и ^{137}Cs от <1 до 20 Бк/кг. При этом максимальные значения ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ фиксируются в прибрежно-водных растениях воронки «Телькем-1», а ^{137}Cs – в растениях скважины 1003 площадки «Сары-Узень».

По берегам всех водных объектов произрастает кустарник гребенщик ветвистый (*Tamarix ramosissima*), за исключением скважины 1003 на площадке «Сары-Узень». Численные значения содержания ^{241}Am зафиксированы только в образцах гребенщика, произрастающего на воронке «Телькем-2» (на уровне 9 Бк/кг), ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – во всех исследуемых образцах (^{90}Sr – от 100 до 960 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – от $0,40$ до 11 Бк/кг, ^{137}Cs – от 3 до 45 Бк/кг). Максимальные значения ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ зафиксированы в воронке «Телькем-2», а ^{90}Sr – на одном из участков «Атомного» озера.

Как показывают полученные данные, несмотря на то, что экскавационные взрывы на территории СИП проведены более 50 лет назад, высокий уровень радиоактивного загрязнения водных объектов сохраняется до сих пор, как для донных отложений и растений (^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$), так и для воды (^{90}Sr). Таким образом, в экологическом отношении каждый «мирный» ядерный взрыв, независимо от целей его использования, представляет собой значительную опасность для окружающей среды и человека, так как до настоящего времени является источником радиоактивного загрязнения.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ УЗБЕКИСТАНА И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ

Ахмедов Я.А., Кульджанов Б.К., Данилова Е.А., Курбанов Б.И., Осинская Н.С.

Институт ядерной физики АН РУз., Ташкент, Узбекистан

В настоящее время регионы с интенсивным развитием различных отраслей промышленности и сельского хозяйства испытывают значительные многофакторные антропогенные нагрузки, что приводит не только к ухудшению состояния окружающей среды, но и способствует снижению функциональных резервов организма проживающего населения.

Такая ситуация требует проведения экологического мониторинга – комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки ее изменений под воздействием природных и антропогенных факторов их оценку и прогнозирование, а также действия, направленные на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов окружающей среды.

Поэтому необходимость в осуществлении медико-экологического мониторинга территорий позволит разработать наиболее эффективные региональные организационно-технические и профилактические программы, которые обеспечат наблюдение за состоянием среды обитания, здоровьем людей.

Важнейшей задачей биоэкологического мониторинга является анализ экологической обстановки и ее динамики, т.е. выявление пространственной изменчивости факторов природной среды, воздействующих на здоровье человека и состояние экосистем. Для достижения этой цели требуется выполнить сбор, анализ, оценку и территориальную интерпретацию трудно сопоставимой экологической информации. В качестве таких объектов выбраны: почва, питьевая (водопроводная) вода и волосы жителей исследуемых регионов. Для решения сложной и трудоемкой проблемы использовали нейтронно-активационный анализ, обладающий рядом преимуществ, в частности многоэлементностью, высокой чувствительностью и независимостью от типа исследуемых объектов.

Проведенный многоэлементный анализ образцов почв, питьевой воды и волос жителей позволили оценить экологическую ситуацию в Ташкенте, Ташкентской и Сурхандарьинской областях, выявить районы с повышенным содержанием элементов, построить картограммы их распределения и выявить группы риска по отдельным заболеваниям среди населения.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ
ПО ПИЩЕВЫМ ЦЕПЯМ**

Паницкий А.В., Байгазинов Ж.А., Ларионова Н.В., Кабдыракова А.М., Кундузбаева А.Е., Поливкина Е.Н.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Территория Семипалатинского испытательного полигона (СИП) является уникальной «природной лабораторией», где уже смоделированы последствия возможных радиационных аварий на предприятиях ядерного топливного цикла. На сегодняшний день специалистами Национального ядерного центра получены результаты, позволяющие раскрыть особенности перераспределения радионуклидов в компонентах природной среды различных по генезису экосистем, в том числе и по пищевым цепям. Кроме выявления особенностей перераспределения радионуклидов в природной среде, начиная с 2007 г. проводятся исследования параметров перехода радионуклидов в продукцию животноводства и растениеводства посредством организации «экспериментальных фермерских хозяйств» на радиоактивно-загрязненных участках полигона.

В ходе исследований установлены особенности распределения радионуклидов в почвенном покрове, как начальном звене миграции радионуклидов. Получены данные о характере вертикального распределения техногенных радионуклидов в различных типах почв, отличающихся по характеру радионуклидного загрязнения и ландшафтными особенностями экосистем и данные, характеризующие мобильность радионуклидов в почвах этих экосистем (формы нахождения радионуклидов, распределение по гранулометрическим фракциям). Установлены параметры перехода (K_n) радионуклидов из почвы в растения естественных экосистем различных по характеру загрязнения участков СИП.

На сегодняшний день получен большой массив данных, характеризующих переход радионуклидов в ткани и органы таких сельскохозяйственных животных как КРС, МРС, лошадей, кур и свиней при разных формах поступления радионуклидов с компонентами рациона (почвой, водой, растительностью) и атмосферным воздухом. Также получены параметры перехода радионуклидов в молоко КРС и лошадей и яйца кур. Многие полученные результаты являются уникальными в своем роде. Так, например, в мировой литературе практически отсутствуют параметры перехода радионуклидов в продукцию коневодства, а она является одной из основных в Республике Казахстан. Также получены уникальные данные по трансурановым радионуклидам америцию и плутонию. Кроме того, в литературе, как правило, приводятся параметры перехода радионуклидов с растительным кормом, тогда как эксперименты, проводимые на СИП, позволяют получить и параметры перехода с почвенной компонентой рациона, водой и атмосферным воздухом. Весьма полезным является установленная возможность проведения оценки содержания радионуклидов в организме животных по шерсти, не забивая животных. Рассчитанные допустимые уровни содержания радионуклидов в суточном рационе животных и установленные периоды снижения удельной активности радионуклидов в продукции животноводства после перевода животных на чистый рацион, позволяют получать продукцию безопасную по радиационным параметрам даже на участках радионуклидного загрязнения.

Получены базовые экспериментальные данные о накоплении радионуклидов в сельскохозяйственных растениях. Выявлено различное накопление радионуклидов отдельными органами растений. К примеру, минимальное накопление радионуклидов отмечается в плодах, семенах, зерне и клубнях растений. Установлено, что содержание радионуклидов в сельскохозяйственных культурах зависит от способа посадки, внесения различных видов удобрений, форм нахождения радионуклидов и других факторов. Выявлено, что предварительную оценку качества продукции с/х культур можно давать по содержанию радионуклидов в листьях и стеблях, поскольку они являются высоко накапливаемыми радионуклиды органами растений. В этом случае отпадает необходимость ждать созревания урожая, повышается вероятность получения достоверных и надежных результатов, упрощается процесс подготовки растительных образцов для спектрометрического и радиохимического анализов и др. Исследования параметров перехода радионуклидов в сельскохозяйственные и дикие растения продолжаются в контролируемых условиях экспериментальной оранжереи Филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК.

В целом, весь полученный на СИП массив данных, характеризующих переход радионуклидов по пищевым цепям, уже сегодня применяется при оценке степени опасности ведения сельского хозяйства как на территории СИП, перспективной для передачи в хозяйственное пользование, так и на прилегающих к полигону территориях. Полученные результаты позволили усовершенствовать подходы к проведению этих оценок и оптимизировать методологию исследований.

**ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И
ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Солодухин В.П., Ленник С.Г., Глуценко В.Н.

Центр комплексных экологических исследований РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Лаборатория ядерно-физических методов анализа (ЯФМА) была создана в соответствии с Постановлением Президиума АН КазССР №73 от 10.06.61. Актуальность развития ЯФМА в Казахстане обоснована необходимостью решения множества всевозможных аналитических задач, связанных с производственными, экономическими и социальными проблемами страны. Основным критерием при выборе областей применения ЯФМА всегда являлось и является рациональное использование их преимуществ (высокая чувствительность, многоэлементность, возможность проведения анализа без разрушения образца, в отдельных случаях - высокая экспрессность и др.) перед традиционными химическими, физико-химическими и физическими методами элементного анализа. В настоящее время лаборатория находится в составе аккредитованного центра комплексных экологических исследований (ЦКЭИ), обеспечена современной экспериментальной базой, на основе которой освоены и развиты следующие методы анализа:

- Нейтроноактивационный метод анализа (НАА): 1) Методика выполнения измерений (МВИ) «Определение элементного состава твердых проб нейтроноактивационным методом» KZ.07.00.01688-2013. 2) Специализированная МВИ «Определение содержания редкоземельных металлов в геологических пробах комплексом ядерно-физических методов» KZ.07.00.02096-2014;
- Рентгенофлуоресцентный метод анализа: МВИ «Определение элементного состава порошковых проб различных материалов на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном приборе с полупроводниковым детектором РЛП-21» KZ.07.00.03513-2017;
- Гамма-спектрометрический метод анализа: «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения SpectraLine» KZ.07.00.03126-2015;
- Альфа-спектрометрический метод анализа с предварительной радиохимической пробоподготовкой: Методика измерения объемной активности изотопов урана (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) в пробах природных (пресных и минерализованных), технологических и сточных вод альфа-спектрометрическим методом с радиохимической пробоподготовкой KZ.07.00.03549-2017;
- Радиометрический метод анализа: 1) Методика измерения объемной активности изотопов радия (^{226}Ra , ^{228}Ra) в пробах природных вод альфа-бета-радиометрическим методом с радиохимической пробоподготовкой KZ.07.00.03548-2017; 2) Методика радиационного контроля «Суммарная альфа – бета - активность природных вод (пресных и минерализованных). Подготовка проб и выполнение измерений» KZ.07.00.03104-2015; 3) Методика измерения объемной активности полония-210 (^{210}Po) и свинца-210 (^{210}Pb) в пробах природных (пресных и минерализованных), технологических и сточных вод альфа-бета-радиометрическим методом с радиохимической пробоподготовкой KZ.07.00.03146-2015.

На основе этих методов в контакте с другими лабораториями ЦКЭИ и привлечением методов полевых исследований, масс- и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой выполняются научно-исследовательские и прикладные работы для решения геологических, технологических и экологических задач Республики Казахстан в соответствии со следующими программами, грантами, проектами, договорами:

- Бюджетная программа О.0697 Развитие ядерно-физических методов и технологий для инновационной модернизации экономики Казахстана;
- Бюджетная программа О.0834 Прикладные научно-технические исследования в области радиационного материаловедения, аналитической химии и обеспечения ядерной безопасности на базе исследовательского реактора ВВР-К;
- Грант Министерства образования и науки АР05130744 «Изучение радиационной и экологической обстановки на территории трансграничных рек водного бассейна Шу-Курагаты, подвергнутых влиянию промышленных предприятий ядерно-энергетического сектора в Кыргызстане»
- Грант Полномочного представителя Республики Казахстан в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) «Развитие и модернизация нейтронно-активационного анализа на базе атомного реактора ВВР-К»
- Проект «Внешняя дозиметрия» по мониторингу зоны влияния реактора КИР ВВР-К на окружающую среду;
- Договор с РГП «Казгидромет» на проведение лабораторных и информационно-аналитических работ методом микроэлементного и радионуклидного анализа в рамках бюджетной программы 008 «Проведение

наблюдения за состоянием окружающей среды» по мероприятию «Ведение мониторинга трансграничного переноса токсичных компонентов»;

- Договор на выполнение внешнего лабораторного контроля по элементному анализу грунтов с АО «Волковгеология»;

- Договор на радиологические исследования проб водоносных горизонтов месторождения олова Сырымбет с АО «Tin One Mining» и ряду других.

Результаты выполненных в ЛЯФМА исследований используются в различных отраслях науки и промышленности Казахстана, регулярно докладываются на международных конференциях, опубликованы в республиканских и международных научных изданиях и получили признание коллег ближнего и дальнего зарубежья, поддерживаются международными организациями.

**1st INTERNATIONAL CONFERENCE
«NUCLEAR AND RADIATION TECHNOLOGIES
IN MEDICINE, INDUSTRY AND AGRICULTURE»**

- 1. Nuclear and Radiation Technologies Medicine*
- 2. Radiation Technologies in Industry and Agriculture*

**1-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЯДЕРНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МЕДИЦИНЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ»**

- 1. Ядерные и радиационные технологии в медицине*
- 2. Радиационные технологии в промышленности и сельском хозяйстве*

DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF NUCLEAR MEDICINE IN KAZAKHSTAN

Kaidarova D.R., Amankulov J.M.

Kazakh Institute of Oncology and Radiology, Almaty, Kazakhstan

In Kazakhstan, as all over the world, cancer burden is rising. Today in Kazakhstan there are more than 171 000 cancer patients registered. In 2018, about 36 000 new cases of cancer and about 17 000 cancer related deaths were observed. However, over the past decade there has been a decrease in cancer mortality in the country, due to the introduction of cancer screening programs for the early detection and the use of new technologies in diagnosis and treatment.

Nuclear medicine (NM) has found the widest application in oncology in the form of radionuclide diagnostics and therapy. In the world, about 70% of all radionuclide products produced at reactors and cyclotrons are consumed for NM. In the difficult years of transition in Kazakhstan, 24 laboratories of radionuclide diagnostics were disbanded except the laboratory at Kazakh Institute of Oncology and Radiology (KazIOR). However, today, NM is being revived. In 2010, the NM Center was opened at the Republican Diagnostic Center in Astana and the laboratory of radionuclide diagnostics at the Institute of Cardiology and Internal Diseases in Almaty. In 2013, a new Center of NM was built at Semey Regional Oncology Center, and a Nuclear Medicine Center at the Hospital of the Medical Center of the Office of the Presidents Republic of Kazakhstan. In 2018, new PET/CT Center began its work at KazIOR, which was implemented jointly with a private company as part of a public-private partnership development program.

In June 2018, the Comprehensive Cancer Control Plan for 2018-2022 in Kazakhstan was adopted. The main objective of the Comprehensive Plan is aimed at prevention and early diagnosis, which allow to decrease cancer mortality and increase survival rates. The largest costs of the Comprehensive Plan are envisaged for the expansion of the availability of medical services for radiotherapy, PET/CT diagnostics, molecular genetic testing. In 2019-2022, it is planned to open PET centers in 8 regions of the country.

One of the main problems in the development of Nuclear Medicine is the lack of production of radioactive pharmaceuticals. Currently, the production of the most necessary radionuclides and labeled compounds, such as ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{131}I -hippuran, DTPA- $^{99\text{m}}\text{Tc}$, has been established [1-4]. These drugs have successfully passed experimental and clinical trials in the laboratory of radionuclide diagnostics at KazIOR. ^{131}I and ^{153}Sm -EDTMP for radionuclide therapy are in the preclinical stage. These drugs will allow to establish radionuclide therapy, which is an integral and important part of NM. The production of short-lived radionuclides of cyclotron production, such as ^{111}In , ^{123}I , ^{13}N , ^{11}C , ^{68}Ga , ^{82}Rb , and others, will have to be established.

The priority of high technology and intellectual potential, as well as the social orientation of the Comprehensive Cancer Control Plan, allow the widespread adoption and development of Nuclear Medicine in Kazakhstan.

References:

1. Myasishchev, A.V. Experience in obtaining iodine-131 at the INP NNC RK / A.V. Myasishchev, K. Tamaeva, M.M. Mustafin, M.A. Tuleusheva // Proceedings of the 5th International Conference "Nuclear and Radiation Physics", Almaty, Kazakhstan, September 26–29, 2005. –Almaty, 2006. - Volume III. - P.424-428.
2. Patent number 36753. The method of obtaining radiopharmaceuticals with $^{99\text{m}}\text{Tc}$ / PV Chakrov, V.I. Bannykh, K. Tamaeva, E.T. Chakrova. - No. 36753. Publ. 2001. 29.11.
3. Patent number 12131. The method of obtaining radiopharmaceutical Gallium-67 (^{67}Ga) / G.N. Chumikov, N.M. Berdinova, V.M. Muratova, A.A. Amirov, S.N. Lukashenko - №12131, Publ. 2001.04.07.
4. Experience in the production of gel-generators $^{99\text{m}}\text{Tc}$ in Kazakhstan: abstracts of the 7th International Conference "Nuclear and Radiation Physics", Almaty, Kazakhstan, September 8-11, 2009. - Almaty, 2009. - P.248.

GAMMA STERILIZATION COMPLEX IN AZERBAIJAN

Khalilov Z.Z.

National Nuclear Research Center CJSC, Baku, Azerbaijan

Radiation technology is one of the most important areas that the IAEA supports and promotes, and has several programs that facilitate its use in developing member states.

Radiation technologies are gaining popularity mainly because of their versatility - they can be used in almost all industries. The field of application of radiation technologies is practically unlimited: these are the modification of the properties of substances, the sterilization of medical products, the processing of food products, the solution of environmental problems, and much more.

By the support of the IAEA, the AZB8002 project "Creating Capabilities for Radiation Processing", we managed to establish in Azerbaijan a Gamma Sterilization Complex, that consist of a Gamma Irradiator, Microbiological and Dosimetric laboratories. The main purpose of establishing this complex was the possibility of applying radiation technologies in medicine, industry and agriculture in Azerbaijan.

The installed irradiator is a Panoramic Irradiator (initial loading 300 kCi Co-60, biological shield for 2 MCi Co-60) with tote box product transport system, product overlap type with wet source storage.

In Dosimetry Laboratory we use: ECB and/or Harwell Amber 3042 dosimeters for routine dosimetry and alanine for reference dosimetry.

Microbiology Laboratory is consist of the clean zone, decontamination, culture media preparation, autoclaving, incubation rooms and clean rooms which will service the bioburden and sterility tests for the facility.

This facility is a solution for problems related to medical and food production, technical and environmental issues in Azerbaijan Republic and as well as nearby countries.

MAKING USE OF D-SHUTTLE FOR INDIVIDUAL DOSIMETRY CONTROL

Kim D.S.¹, Murayama K.², Nurtazin Y.R.¹, Koguchi Y.², Kenzhin Ye.A.¹, Kawamura H.²

¹ Institute of Nuclear Physics, Republic of Kazakhstan, 050032, Almaty. 1, Ibragimov str.

² Chiyoda Technol Corporation, Japan, 113-8681, Tokyo. 1-7-12, Yushima, Bunkyo-ku.

In 2011, the Japanese company "Chiyoda Technol Corporation" together with the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) developed semiconductor dosimeters D-Shuttle for carrying out the individual dosimetry control (IDC) for the population of Fukushima Prefecture after the nuclear power plant accident.

D-Shuttle records the dose of gamma-radiation within the energy range from 80 keV to 1.25 MeV. The dose limit recorded by D-Shuttle lies in the range from 0.1 μ Sv to 99.99 mSv, and 10% linearity of measurements is provided when using a dosimeter in the field of gamma-radioactive source, creating a dose rate from 2 μ Sv/hr to 3 mSv/hr [1].

The convenience of using D-Shuttle dosimeters is that they can accumulate the dose equivalent readings during the year without changing the battery. The option of reading out dosimeters by means of handy indicator that displays both the value of the total dose equivalent accumulated by the detector during the entire period of exposure and the equivalent dose received during the day make using D-Shuttle beneficial indeed. Moreover, the use of dedicated workstation connected to a PC via USB-cable provides an analog and graphic display of results of measuring the doses received on a specific day and hour of the dosimeter's reference exposure period.

However, besides the convenience of using dosimeters and their reading performance, an important technical characteristic of an IMIR system is the measurements accuracy. To compare D-Shuttles with dosimeters for Harshaw 6600 [2] and the Russian DVG-02TM [3] on measurements accuracy, various subdivisions of the Institute of Nuclear Physics used the individual dosimeters of all types from July 2017 until June 2019. Personnel of the technological service of the WWR-K research reactor, control system engineers of the U-150M isochronous cyclotron, researchers of the Radiation Material Science Laboratory and the Radiochemistry and Radioisotope Production Center were testing D-Shuttles and Harshaw TLDs from July 2017 until December 2017. To compare D-Shuttle and DTL-02

dosimeters the personnel of the radioecological field expedition and branches of the Institute of Nuclear Physics, including Azgir, Aksay and Astana, were using them from July 2018 to October 2018. The authors go on conducting the similar intercomparison experiments with D-Shuttle and DTL-02 dosimeters by means of giving them to customers of the Institute of Nuclear Physics until June 2019.

One of the most important peculiarities of D-Shuttle is that, unlike Harshaw 6600 TLD and DVG-02TM, it can completely neutralize the residual background exposure since the software calculates the individual dose equivalent as the difference between its final and initial values. Therefore, the actual values of the initial exposure levels of Harshaw 6600 TLDs and DVG-02TM before use might be higher, although the initial values of the equivalent dose of both dosimeters assume zero [4].

On the base of the results of comparison of D-Shuttle with dosimeters for Harshaw 6600 and DVG-02TM systems, one can draw the following conclusions:

- D-Shuttles provide high level of convenience for reading out the indications and storing the exposure history, which allows using them for both the current and the operational individual monitoring of ionizing radiation.

- Acceptable accuracy and 10% linearity of measurements are ensured when D-Shuttle is irradiated in the field of the source that generates the equivalent dose rate no higher than 3 mSv/hr. This allows the use of D-Shuttle in conditions of the uniform irradiation with small doses at a stable level of the technologically changed radiation background.

References:

- [1] D-Shuttle Dosimeter Management System (for Research Institutions). — Instruction Manual. — Oarai: Chyoda Technol Corporation, 2015. — 27 p.
- [2] Thermo Scientific Harshaw Model 6600 LITE TLD Reader. — Operator's Manual #6600LT-W-O-0810-002. — Oakwood Village, Ohio 44146: One Thermo Fisher Way, 2010. — 250 p.
- [3] DVG-02TM dosimetric thermoluminescent unit. — Operating Manual PIGU.412113.003RE. — Moscow: JSC SIE Doza, 2005. — 18 p.
- [4] D. S. Kim, K. Murayama, Y. R. Nurtazin, Y. Koguchi, Y. A. Kenzhin, H. Kawamura. Intercomparative experiments with individual dosimetric monitoring systems Harshaw-6600, DVG-02TM and D-Shuttle. — Metrological scientific and technical journal "The world of measurements", #1 (183). — Moscow: RIA "Standards and quality", 2019. — P. 64—69.

METHOD FOR MEASURING THE ENERGY OF FAST NEUTRONS BY THE RECOIL DEUTERONS USING A TELESCOPE OF SEMICONDUCTOR Si DETECTORS

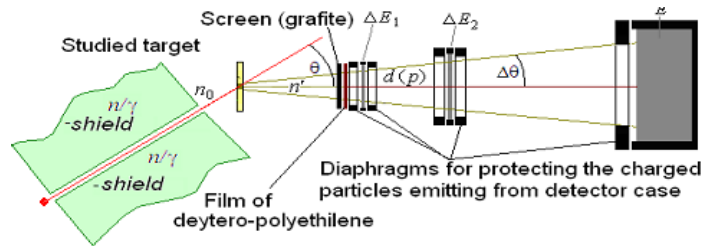
Artemov S.V., Ergashev F.Kh., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R., Yuldashev B.S.

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

The task of measuring the energy spectra of fast neutrons often arises in fundamental studies of reactions with neutron emission and in a number of applied problems - in nuclear power engineering, radiation materials science, etc. Commonly used techniques such as time-of-flight (TOF) and the method of threshold activation detectors are quite complex and not always applicable. Also some other methods exist which are not widely used, such as recovery of energy spectrum via the response function of a scintillation plastic detector [1], the diamond detectors using [2] etc.

A possibility of using a telescope of ΔE -E semiconductor Si detectors for measuring the energy of fast neutrons by the recoil method has been analyzed. The advantages of this method are high energy resolution, low sensitivity to the background of γ -rays and compactness. But the disadvantages are relatively low efficiency, limited energy range of measurements and interference with the background reactions in the detector and construction elements materials. The hydrogen isotopes were under consideration as suitable recoil nuclei for neutron – charged particle energy conversion.

Figure 1 shows the principle scheme of the setup for measuring neutron energy by recoil nuclei. The telescope includes one or two fully depleted semiconductor Si detectors (ΔE -detectors) and the total energy loss detector (E-detector). The first ΔE detector is preceded by a hydrogen-containing thin film-converter (e.g. polyethylene or deuterium polyethylene or a film saturated by tritium). A charged particle recoiled from the converter can be detected by a telescope if it produces signals in all detectors simultaneously. Analysis of the two-dimensional matrix $\Delta E1 \times E$ (or $\Delta E2 \times E$) allows one to select the considered recoil nucleus, and a sum of the energy losses of the recoil in all detectors determines energy of the neutron.



The whole system is surrounded by a layer of graphite to prevent the passage of background charged particles from the reactions with elements of the external structure through all ΔE and E detectors. Graphite is used because the threshold values of the reactions (n,p), (n,d) and (n,t) on ^{12}C nucleus are quite high ($Q=-12.6$, -13.7 and -18.9 MeV, accordingly). This remark also applies to convertor films containing carbon. The main disadvantage which has a place at Si detector using is the reaction $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$ ($Q= -3.85$ MeV) in material of the first ΔE detector, mainly $n+^{28}\text{Si}$ products. Indeed, the protons arising in the first detector can be registered by all three detectors, and such events will be interfering with the recoiled protons at the energies below this reaction threshold. This effect is not remarkable if the d or t recoils are used ($Q= -9.35$ MeV for $^{28}\text{Si}(n,d)^{27}\text{Al}$ and $Q= -16.16$ MeV for $^{28}\text{Si}(n,t)^{26}\text{Al}$). Another effect which restricts the region of the neutron energies measurement are the protons from $^{28}\text{Si}(n,p)^{28}\text{Al}$ reaction in E-detector escaped at the backward angles and permeated both ΔE detectors. The two-dimensional ΔE -E locus for these protons is irregular, and can intersect with the regular loci of protons and deuterons within low energy region. The background events from the $^{28}\text{Si}(n,\alpha)^{25}\text{Mg}$ reaction in the first ΔE detector can be rejected by the second one with the needed thickness.

Thus, use of telescope of ΔE -E semiconductor Si detectors makes it possible to measure the high-energy part of the fast neutron spectrum. At the same time, to reduce the interference with background reactions at measuring lower energies, a heavier hydrogen isotope should be used as the recoil nucleus.

The ability to measure neutron spectra in this way was tested on the 14-MeV Neutron flux of the NG-150 neutron generator of the INP AN RUz using polyethylene, deuterated polyethylene and TiT targets as converters.

References:

- [1] Афанасьев С.В. и др. Письма в ЭЧАЯ 2017. Т.14 №3(208). 299.
 [2] <https://www.npl.co.uk/ionising-radiation/cvd-diamond-neutron-detectors>.

PRECISE DOSIMETRIC MODELS IN RADIATION TECHNOLOGIES

Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A.

Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia

Available computational capabilities (multicore PCs, supercomputers, transport codes) allow us to consider the problem of the dosimetric models constructing in a complex, in combination of subject domain modeling problems (source, irradiated object, environment) and radiation transport modeling. This approach is traditional for nuclear science and technologies. Experience in solving these problems allowed us to create computing technologies that can be adapted to other areas. Modern transport codes, allowing to solve the problem of radiation transfer, usually have the ability to specify periodic structures, such as reactor cells. This opportunity opens the way to precise (voxel) modeling of the subject domain in the radiation medicine&biology problems. Transport problems in biological systems are characterized by relatively small optical thickness of the subject area: these are not tens or hundreds of free path lengths, as in traditional radiation transport problems, but only 5 – 10. Here very effective are precise transport techniques, especially the Monte Carlo ones. It seems that currently the codes based on the Monte Carlo techniques are the best for the problems of radiation transfer in biological systems.

As an example of precise modeling the problem of the absorbed dose calculating in the thyroid gland (TG) in radiation accidents is considered. So far as there are no any human “benchmark” (calculation or experimental) on the TG irradiation, the cattle case [3,4] was analyzed. The aim was to determine the agreed values of the ^{131}I critical dose in the TG of cattle, leading to a serious dysfunction of the gland and its subsequent destruction. In order to achieve this goal, comprehensive studies were carried out to clarify the parameters of the compartmental model, based on reliable experimental and theoretical data. Voxel technologies are applied for modeling the subject domain (TG and its environment, Fig. 1). Finally, to solve the equation of the ^{131}I radiation transport, the Monte Carlo code [1] is

applied, which takes into account the contribution of gamma and beta radiation of a source, and the contribution of all chains of secondary radiations up to total energy dissipation when calculating the dose.

As the main theoretical result, it is necessary to emphasize the conversion factor from the ^{131}I activity, distributed uniformly in volume of the TG, to the average dose rate in the gland ($\text{Bq} \rightarrow \text{Gy/s}$). This factor was calculated for both cows and calves in the selected domain configuration and TG morphology. The main practical result is a reliable estimation the lower bound of the absorbed dose in the cows' TG, which in a short time leads to its destruction under internal ^{131}I irradiation: $\sim 300 \text{ Gy}$. The received results don't contradict the dosimetric data characterizing radiobiological consequences of radiation injury of a thyroid gland ($\sim 300 \text{ Gy}$) at the person and sheep [5].

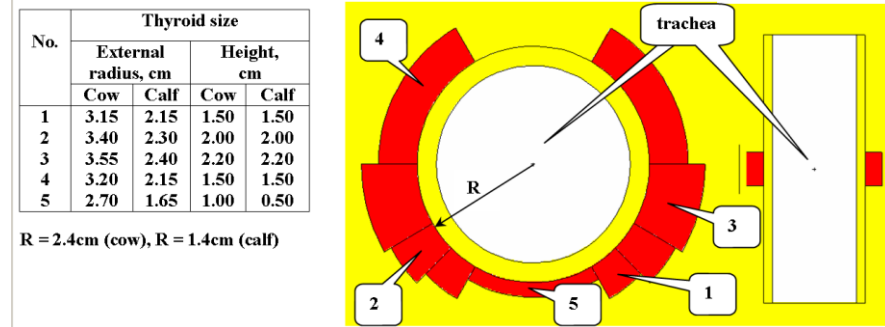


Figure 1 - Radial (left) and axial section of the TG computational model (not to scale; received by visualization of the MCNP5 code input); the table contains dimensions of TG cylindrical layers

References:

1. Authors: X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code. Version 5, Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987, 484 p. (2003).
2. Yu.A. Kurachenko, D.N Moiseenko, Voxel phantoms in the medical physics problems, Medicinskaya fizika, №3, pp. 27–34, (2012) (in Russian).
3. E.V. Spirin, N.M. Lazarev, I.A. Sarapultsev, Formation of a dose of calves thyroid irradiation at ^{131}I receipt with a forage, Dokl. Russian Academy of Agricultural Sciences, vol. 4, pp. 54–55, (2004) (in Russian).
4. A.N. Sirotkin, I.Ya. Panchenko, L.N. Tyumenev et al., Comparative behavior of ^{131}I in cows at different sources of its intake, In Sb. Biological action of external and internal sources of radiation (M: Medicine). 1972 (in Russian).
5. A Toxicological Profile for Iodine. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology. USA, Atlanta, Georgia, 517 p. (2004).

PRODUCTION AND QUALITY CONTROL OF $^{223}\text{RaCl}_2$ AND $^{224}\text{RaCl}_2$

Butkaliuk P.S., Butkaliuk I.L., Kupriyanov A.S.

JSC “SSC RIAR” Russia, Dimitrovgrad
E-mail: orip@niiar.ru

Among all radium isotopes, at least two are used in nuclear medicine. Bayer-manufactured $^{223}\text{RaCl}_2$ (trade name Xofigo) is applied for palliative care of bone metastasis. Microsources containing ^{224}Ra are under clinical trials to treat malignant tumors of skin and mucous membrane using diffusing α -emitter radiation therapy (DaRT) that involves controlled migration of ^{220}Rn .

These two radium isotopes have one common feature – they can be produced from radionuclide generators containing long-lived parent radionuclides ^{227}Ac and ^{228}Th . The essential quality control parameter is the content of the long-lived parent radionuclide in the final product. However, the direct measurement using alpha, beta or gamma spectrometry does not ensure the required detection limit. In alpha spectra the lines corresponding to ^{227}Ac and ^{228}Th are on the low-energy tail of alpha peaks for ^{223}Ra , ^{224}Ra and their daughter products. As for ^{227}Ac , the situation gets more complicated due to low alpha-particle emission probabilities (1.38%) causing the detection limit of $\sim 1\%$ with the acquired statistics being 1 million counts in the alpha spectrum. The detection limit for ^{228}Th in ^{224}Ra under similar conditions is $\sim 0.1\%$. Conversion electrons and beta radiation of ^{223}Ra decay products (^{211}Pb and ^{211}Bi) are hurdles in measuring the activity of ^{227}Ac by beta radiation. Compton scattering of gamma radiation from ^{212}Pb and ^{208}Tl becomes an obstacle in measuring the activity of ^{228}Th with the use of gamma spectrometry. Decay ^{227}Ac is not accompanied by emission of characteristic gamma radiation.

There are two basic approaches to determine long-lived parent radionuclides in ^{223}Ra and ^{224}Ra . One approach is that the left-off preparation sample is stored for a long time for $^{223}\text{Ra}/^{224}\text{Ra}$ to decay, and alpha/gamma spectra are measured. Another approach is based on the chemical extraction of ^{227}Ac and ^{228}Th traces from a preparation aliquot and further measurement of their activity.

JSC “SSC RIAR” performs experiments to generate trial samples of $^{223}\text{RaCl}_2$ and $^{224}\text{RaCl}_2$. For the purpose of long-lived impurities quantification, an aliquot with the activity ranging from 10^7 to 10^8 Bq is taken from every batch. The impurities are extracted chemically by sorption of radium isotopes on BioRAD AG-50x8 strong acid cation-exchange resin with EDTA in ammonium acetate buffer solution. In these conditions actinium and thorium form stable complexes, and they are not sorbed on the cation-exchange resin. It has been found that the presence of EDTA, acetic acid and ammonium acetate in the solution does not affect the quality of obtained alpha spectra and impurity detection limits. Therefore, the analysis can be done without pre-desalting or diluting the obtained solutions. The achieved detection limits for long-lived impurities are $\sim 10^{-5}\%$ of the activity of radium isotopes, which is enough for their application in nuclear medicine.

PRODUCTION AND THERMOCHROMATOGRAPHIC SEPARATION
OF NO-CARRIER-ADDED ^{90}Nb VIA $^{93}\text{Nb}(p,4n)^{90}\text{Mo} \rightarrow ^{90}\text{Nb}$

*Chuprakov I.A.^{1,2}, Karaivanov D.V.^{1,3}, Aksenov N.V.¹, Bozhikov G.A.¹,
Steiniger P.¹, Albin Y.V.¹, Filosofov D.V.¹*

¹ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, E-mail: chuprakov@jinr.ru

² Institute of Nuclear physics, Almaty, Kazakhstan

³ Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE), Sofia, Bulgaria

Nuclear and physical characteristics of ^{90}Nb ($T_{1/2} = 14.6$ hours, $\beta^+ - 53\%$, $E_{\beta^+} = 350$ keV) allow us to consider this radionuclide as one of the perspective radionuclides for PET diagnostics. In this work the original and simple method of isolation of carrier free ^{90}Mo by irradiation of natural niobium with the accelerated protons for further accumulation of high specific activity ^{90}Nb in the reaction $^{93}\text{Nb}(p, 4n)^{90}\text{Mo} \rightarrow ^{90}\text{Nb}$ is described.

The niobium foils were irradiated for 2 minutes with 65 MeV protons at the accelerator, with the current of 1.5 mA. Then the target was cooled down for about one hour for the decay of the short-lived radionuclides. Thermochemical separation of ^{90}Mo from the irradiated target was carried out in the high-temperature tubular furnace at a temperature of 1590°C within 30 minutes. Air flow of 130 ml/min supplied enough oxygen for full burning of the irradiated target. Parent radionuclide ^{90}Mo for accumulation of ^{90}Nb by a thermochemical method was obtained with the yield 51%.

PRODUCTION OF COBALT-57 RADIONUCLIDE FROM NICKEL CYCLOTRON TARGETS

Egamediev S.Kh., Nurbaeva D.A., Khujaev S.

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

Cobalt-57 has a half-life of 271.3 days and decays by electron capture to ^{57}Fe with the emission of γ -rays of 14.4 keV (relative intensity of 7.8%), 122.56 keV (84.8%), 136.43 keV (11.4%). ^{57}Co can be produced by using ^{58}Ni ($p,2p$) ^{57}Co and ^{58}Ni (p,pn) $^{57}\text{Ni} \rightarrow ^{57}\text{Co}$ nuclear reactions in cyclotrons.

^{57}Co radionuclide is used as gamma radiation source in portable X-ray fluorescence appliance for detecting lead in paints. ^{57}Co is used as calibration source of detectors such as: Ge(Li), Ge(HP), NaI(Tl) and dose calibrators. ^{57}Co in rhodium matrix is widely used as source in Mössbauer spectroscopy. Besides these applications, ^{57}Co flood sources and ^{57}Co penpoint marker sources are used in nuclear medicine.

In this study we have developed the rapid and simple method for separation and purification of carrier-free ^{57}Co from cyclotron nickel target.

Previously, we have studied the dissolution of nickel foil in various media to find best conditions for rapid dissolution of nickel target. It was found that nickel foil dissolved completely without heating in 6.3 M hydrobromic acid with addition a few drops of hydrogen peroxide. This method dissolution was used for separation and purification of carrier-free ^{57}Co from cyclotron nickel target.

After dissolution of the target material in 6.3 M hydrobromic acid with addition a few drops of hydrogen peroxide, the cobalt-57 is separated from nickel, copper, iron and other elements by anion exchange chromatography. The solution in 6.3 M hydrobromic acid is percolated through a column containing an anion exchange resin Dowex 1X8 (100-200 mesh, 7 cm high \times 0.8 cm diameter), equilibrated with the same acid solution. In this condition nickel are not adsorbed on the resin and passed through column. Cobalt is retained and finally eluted with 50 ml of 3 M hydrobromic acid. The obtained solution is evaporated to dryness and after the addition of 1 ml of 11.3 M hydrochloric acid, the evaporation is repeated. After evaporation the damp residue is dissolved in 0.1 M HCl.

The yield of cobalt-57 was 98.7%. The radionuclidic purity was more than 99.8%. Thus, the suggested technique allows to have the product of high chemical and radionuclidic purity. The ^{57}Co radionuclide was used for preparation of sealed source.

RARE EARTHS DOPED FERRITES, CHARACTERIZED BY TIME DIFFERENTIAL $\gamma\gamma$ PERTURBED ANGLE CORRELATIONS METHOD

Karaivanov D.K.^{1,2}, Filosofov D.V.¹, Milanova M.M.³, Temerbulatova N.T.^{1,4}, Tsvetkov M.P.³, Velichkov A.I.^{1,2}

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

²Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (Bulgarian Academy of Sciences),
72 Tzarigradsko chaussee, Blvd., BG – 1784 Sofia, Bulgaria

³Faculty of Chemistry and Pharmacy, University of Sofia St. Kliment Ohridski, Sofia, Bulgaria

⁴Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Ferrites are mixed metal oxides with general formula MFe_2O_4 , where M(II) can be Fe(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), etc. [1]. The studied samples were synthesized using epoxide sol-gel method and the radioactive isotope was added during the synthetic procedure.

The method of the time differential $\gamma\gamma$ perturbed angle correlations (TDPAC) method is based on the implanting of a radioactive isotope into the sample, the decay of which is accompanied by the emission of cascade γ -quanta. The angular distribution of the emitted cascade γ quanta provides information on the hyperfine fields (magnetic and electric) with which the sample affects the embedded nuclei [2]. The TDPAC method was used to gain additional information on the position of different doping ions in the crystal structure of ferrites with spinel-like structure. For this purpose ferrites of the type MFe_2O_4 (M(II) = Co, Zn, Ni) were doped with the radionuclides ^{140}La (^{140}Ce), ^{172}Lu (^{172}Yb), ^{172}Hf (^{172}Lu (^{172}Yb)) and ^{111}In (^{111}Cd), where the daughter nuclides are in the brackets.

TDPAC spectra were recorded below and above the Curie temperature. The temperature changes of the spectra are observed for all the ions implanted both RE and non-RE. They can be due to temperature changes of the magnetic field of the samples (for example for ^{172}Yb after implanting of ^{172}Lu in CFO/NFO) or due to thermal deformations of the unit cell (for example for ^{172}Yb after implanting of ^{172}Lu in ZFO). It was revealed that the type of spinel structure (normal or inverse) does not influence the positions of ^{172}Lu . On the base of electric quadruple frequencies, it was concluded that Lu^{3+} and Hf^{4+} ions have a similar distribution in CFO. It was observed that the behavior of In differs from the behavior of Lu and Hf in CFO.

In the entire three ferrites investigated CFO, NFO, and ZFO with implanted ^{172}Yb at temperatures above T_c two frequencies ω_{low} and ω_{high} were observed. The equilibria $\omega_{\text{low}}(\text{CFO}) \approx \omega_{\text{low}}(\text{NFO}) \approx \omega_{\text{low}}(\text{ZFO})$ and $\omega_{\text{high}}(\text{CFO}) \approx \omega_{\text{high}}(\text{NFO}) \approx \omega_{\text{high}}(\text{ZFO})$ were achieved within the error's limit (table 1).

Table 1 - Data (above the Curie point) for ^{172}Yb after implanting ^{172}Lu in CFO, NFO and ZFO: quadruple frequency ω , Gauss distribution σ and relative quantity f of probe nuclei with the frequency ω

	ω_{low} , Mrad/s	$f(\omega_{\text{low}})$, %	ω_{high} , Mrad/s	$f(\omega_{\text{high}})$, %
CFO	108(9)	45(5)	231 (5)	55(5)
NFO	90(18)	45(5)	224(14)	55(5)
ZFO	105(15)	50(8)	210(20)	50(8)

References:

1. E. Casbeer, V. K. Sharma, X.-Zh. Li, Synthesis and photocatalytic activity of ferrites under visible light: A review, Separation and Purification Technology 87 (2012) 1–14.
2. Abraham A., Pound R. V., Influence of Electric and Magnetic Fields on Angular Correlations, Phys. Rev. 92 (4) (1953) 943.

SPECTRAL AND THERMAL PROPERTIES OF ZINC (II) COMPLEXES WITH TRYPTOPHANE

Gahramanova Sh.I.¹, Jalaladdinov F.F.¹, Khudaverdiyev R.A.¹, Abdullaev A.C.²,
Aghayeva A.S.², Gahramanov T.O.^{1,3}

¹Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after acad. M.F. Naghiyev, Baku, Azerbaijan

²Institute of Radiation Problems ANAS, Baku, Azerbaijan

³Baku State University, Baku, Azerbaijan

The chemistry of complex compounds of transition metals with multidentate ligands, which simultaneously contain several donor atoms, is not only theoretical but also of practical interest, since in addition to the unusual properties of such complexes, the structure and types of binding of multidentate ligands with different metals give a new impetus to the development coordination chemistry as a whole. Among the coordination compounds, the complexes obtained on the basis of biomaterials take a special place. This is due to the fact that they play an important role in many biochemical processes and therefore are widely used in plant growing, animal husbandry, and pharmacology. In turn, the study of the properties and structure of coordination compounds of metal ions with organic ligands containing various donor centers was an important factor in the development of new approaches to their physico-chemical research. On the other hand, complex compounds of many transition elements can possess a wide range of useful properties, for which the chemistry of complex compounds has not yet been sufficiently studied.

Metal complexes of biologically important ligands are sometimes more effective than the free ligands. It is well documented that heterocyclic compounds play a significant role in biological systems, especially N-donor ligand systems being a component of several vitamins and drugs. Moreover, the anti-bacterial and anti-microbial effect of some drug could be enhanced when they are chelated to a metal. Therefore, for the preparation of effective anti-microbial species it is very important to gain knowledge about the structure and bonding relations of the

complexes. Zn(II) metal cations are recognized as essential elements that are distributed in biological systems including cells and body fluids.

In this paper, we present methods of synthesis and study of the properties of zinc (II) complexes with ligand (*tryptophane*). New complex compounds with ligand (*tryptophane*) of the composition, $[ZnL_2(H_2O)_2] \cdot H_2O$, $[ZnL_2(H_2O)_2]$ were synthesized. It is shown that the composition of the complexes obtained depends on the ratio of the initial components.

The composition and chemical structure of the synthesis products obtained are studied by physical-chemical analysis methods: The spectra of the reaction solutions in the IR regions were recorded on the Nicolet IS10 spectrometer and differential thermogravimetric analysis was performed on (NETZSCH STA 449F3 STA449FSA-0622-M).

To determine the coordination character of the synthesized complex compounds formed between the ligand and the zinc, IR spectroscopic analysis was carried out. In the region of $\nu_{NH} = 3408.37 \text{ cm}^{-1}$ of the tryptophan molecule, the absorption band of the valence vibration of the NH bond of the second amino group in the indole ring is observed. In the $\nu_{NH} = 3038 \text{ cm}^{-1}$ region of the NH_3^+ band, the valence vibration of the NH bond and the valence vibration of the aromatic rings overlap. Waves of the asymmetric valence of the C = O bond in the COO^- ion is observed at 1663 cm^{-1} . This testifies that the tryptophan molecule is free for a fast ion.

When the IR spectra of the free ligand are aligned with the spectra of the complexes obtained, an obvious change is observed. In the reaction of zinc with a tryptophan molecule, the double absorption bands of amine NH tryptophan $\nu_{NH} = 3402, 73 \text{ cm}^{-1}$ and $\delta_{NH} = 738.16 \text{ cm}^{-1}$ disappear. But they appear in $\nu_{NH} = 3358, 24 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu_{NH} = 721, 99 \text{ cm}^{-1}$ frequencies in acquired complexes. A comparative analysis of the results of IR spectral analysis shows that a crystalline complex of the ionic type of tryptophan and Zn is synthesized.

With the definition of thermic stability and the composition of synthesized complexes $[ZnL_2(H_2O)_2]$. The thermographic analysis was made.

Thermocouples were used to determine the composition and durability of the synthesized complex compound, and it was established that the complex is resistant to a temperature 298°C . At higher temperatures, the complex gradually breaks down, this process ends in several stages, and in all cases, the final product of the thermolysis process consists of metal oxides. Thus, according to the results of the physicochemical methods used in work, it is established that the composition and structure of the complexes obtained directly depend on the ratio of the initial products.

Conflict of Interest.

The work was carried out with the financial support of the STCU project (number 6282).

STUDY OF THE STABILITY OF THE ^{177}Lu -DOTAELA

¹Gurin A.N., ¹Chakrova E.T., ²Patrick J. Riss.

¹RSE the Institute of Nuclear Physics Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Almaty

²University of Oslo, Oslo, Norway

The formation of chelate complexes is a reversible process. In addition to the thermodynamic stability of the complex, its kinetic properties are important. More kinetically inert chelates have lower rates of both association and dissociation. They are more resistant *in vivo*, although their labeling requires more stringent conditions, such as elevated temperature.

This abstract presents the results of studying the effect of ascorbic acid and DTPA on the stability of ^{177}Lu -DOTAELA.

The results of using solid phase extraction (Sep-Pac C18) at the stage of solution purification after radiolabeling, to remove unreacted ^{177}Lu , are also presented. It is shown that the use of Sep-Pac C18 during purification leads to the extraction of both ^{177}Lu and ascorbic acid from the solution.

The work was carried out with the support of G.2018 (No. AP05134384).

**TARGET PREPARATION AND COOLING TECHNOLOGY FOR CYCLOTRON
BASED ^{99m}Tc PRODUCTION**

Avetisyan A., Melkonyan A., Dobrovolski N., Dallakyan R., Sarkisyan R., Manukyan A., Elbakyan G.

A. Alikhanyan National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute), Armenia

The isotope ^{99m}Tc has a broad range of applications in nuclear medicine for diagnostic purposes. During the last decade many scientific centers have been working hard to find alternative technologies of Mo/Tc production, in particular under IAEA CRP on "Accelerator-based Alternatives to Non-HEU Production of Mo-99/Tc-99m" using charged-particle accelerators. In general the focus is on the direct production of ^{99m}Tc from proton bombardment of enriched molybdenum, although other accelerator-based technologies are feasible. There are some technological difficulties involved, namely a) a solid state target preparation from molybdenum powder, and b) very expensive technological process of the enriched ^{100}Mo recovery after irradiation and ^{99m}Tc extraction from it. The technology of ^{99m}Tc direct production under proton beam from C18 cyclotron is created and developed at A.Alikhanyan National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute). Usable quantities of ^{99m}Tc can be produced by the $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$ reaction, well within the reach of many commercial medical cyclotrons. Many hundreds of cyclotrons are working around the world for PET isotope production, and are capable of producing ^{99m}Tc in parallel without a serious investment. This technology is ready for a full-scale domestic production covering the complete demand of clinics. As a result of YerPhI activity during last a few years is a solid state target preparation technology usable for more intensive irradiation, a new system of cryogenic cooling of target during irradiation and creation of a system of very expensive enriched ^{100}Mo recovery for multiple use. The complex system is ready for trial production of ^{99m}Tc covering whole demand of Armenian clinics.

The target for this task consists of a metallic disk and the material for irradiation placed in the target area. The requirements to the target disk are as follows: high mechanical strength and high thermal conductivity for effective removal of the heat produced during irradiation and chemical inactivity. In terms of durability and chemical inactivity titanium is a good fit. ^{100}Mo or natural molybdenum $^{\text{nat}}\text{Mo}$ fine powder is used as material for irradiation in order to produce ^{99m}Tc . It is required to make a solid disk from the powder to place it in the target area. We have developed a natural molybdenum powder compression method using a press that can exert a force of ~ 40000 N. However, without additional processing the tablet does not have enough durability and can crash while set up in the target area or its evacuation after the irradiation.

The increase the mechanical durability, we have developed a tablet surface burning method using a focused laser beam. The molybdenum powder is melted in trace of laser, creating a solid strip of molybdenum with a width of a few hundred micrometers. The images of a tablet after orthogonal processing with a laser beam are shown in fig. 1.



Figure 1 - Target tablet after orthogonal processing with a laser beam

Another objective is to ensure efficient heat removal from the irradiated target. According to the factory technology, the front part of the target is blown and cooled by a stream of helium gas, and the rear part of the target is flowed by water at high pressure. Such a circuit provides a drainage of not more than 500 Wt, which at a proton beam energy of 18 MeV corresponds to a beam intensity of no more than $30 \mu\text{A}$ - while the C18 cyclotron is able to provide several times more intense beam. We have developed and are testing cryogenic target cooling system, which will allow carrying out irradiation - and correspondingly increasing the isotope runtime productivity. The tests were carried out on the stand that we built, which made it possible to approach the actual conditions of operation of the cyclotron target for at least some key characteristics. The imitation of heating the target from the beam was produced by a powerful laser, and the temperature of the target was measured by a copper-constantan thermocouple.

Results of investigations have shown that it is possible to irradiate a target with a beam of twice higher intensity.

References:

1. A.Avetisyan, R.Dallakyan, R.Sargsyan, A.Melkonyan, M.Mkrtchyan, G.Harutyunyan, N.Dobrovolsky "THE POWDERED MOLYBDENUM TARGET PREPARATION TECHNOLOGY FOR ^{99m}Tc PRODUCTION ON C18 CYCLOTRON", International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) Volume 4, Issue 3, May 2015.
2. Г.С. Арутюнян, "ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРИОГЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МИШЕНИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПУЧКОМ ПРОТОНОВ ЦИКЛОТРОНА C18 ", Известия НАН Армен.

THE 'GUR-120' IRRADIATOR OPTIMIZATION

Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Pavlov A.N., Kurachenko Yu.A.

Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia

The 'GUR-120' Gamma-Facility is designed to study the effects of acute and chronic exposure with variable dose rates on agricultural products [1]. The 'GUR-120' consists of eight irradiator units (fig. 1). Ionizing radiation sources' characteristics: ^{60}Co radionuclide with total (passport) activity $4.47 \cdot 10^{15}$ Bq. The installation is in operation in RIRAE since the mid-seventies of the last century.

Currently, the task of designing interactive software (GURSOFT) is formulated, which allows on-line mode to obtain precise values of the dose field characteristics in the irradiated object. At the GURSOFT work, it is not expected to perform radiation transport calculations with application of powerful and time-consuming software tools. All information necessary for the dose modeling in irradiated objects is formed in the databases (DB) as a result of advance preparation by precise calculations [2]. In this case, the installation operator in the interactive dialogue receives the answer "instantly" by interpolation on the databases.

The use of the GURSOFT is expected in three main modes:

- dose calculation in a given points' set in the volume of the irradiated object at a given geometry "radiation source – the irradiated object" (direct problem mode);
- estimation of the radiation source characteristics and irradiation geometry ensuring the achievement of optimal dose/dose rate in preset points (inverse problem mode);
- irradiation scenario optimization, including simulation of mechanical displacement of individual product blocks during irradiation (irradiation mode).

Software manufacturing sequence:

- program description of the irradiation object (geometry, chemical composition, package sizes, etc.);
- designing the DB;
- selection and justification of calculation methods and data libraries;
- calculations for DB;
- development of logic and algorithms of GURSOFT in three modes;
- GURSOFT programming;
- GURSOFT debugging and testing;
- GURSOFT verification based on available empirical data;
- development of technological regulations of irradiation.

The MCNP5 code [3] is used as the main software tool in conjunction with the multigroup photon data library [4]. Currently, in calculations the factors allowing to simplify the structure and content of the database under construction are established.



Figure 1 - General view of the GUR-120 irradiation facility

References:

1. Radiation technologies in agriculture and food industry/Editors: G.V. Kozmin, S.A. Geraskin and N.I. Sanzhrova. Obninsk: RIRAE,400 p. (2015) (in Russian).
2. Yu.A. Kurachenko, A.V. Levchenko, Yu.G. Zabaryansky et al., Beta soft-ware for radionuclide vertebroplasty, Medicinskaya fizika, №1, pp. 51–57, (2017) (in Russian).
3. Authors: X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code. Version 5, Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987, 484 p. (2003).
4. Calculated photon KERMA factors based on the LLNL EGDL (Evaluated Gamma-Ray Data Library) data file [electronic resource] <https://searchworks.stanford.edu/view/11154547>.

THE OBTAINING AND X-RAY SPECTRA MAGNETIC OF THORIUM-URANIUM CATALYST

Aibassov Ye., Yemelyanova V., Bulenbaev M.

Research Institute of New Chemical Technologies and Materials, Kazakh National University Al-Farabi,
Almaty 005012, Kazakhstan

We have obtained and investigated X-ray spectrum the magnetic of Thorium-Uranium catalyst for the synthesis of heterocyclic compounds.

Thorium-Uranium catalyst for the synthesis of heterocyclic compounds was prepared by impregnating salts of Uranium and of Thorium magnetic microspheres. Figure 1 shows a thorium-uranium catalyst (U = 5.030 %, Th = 0.030 %).

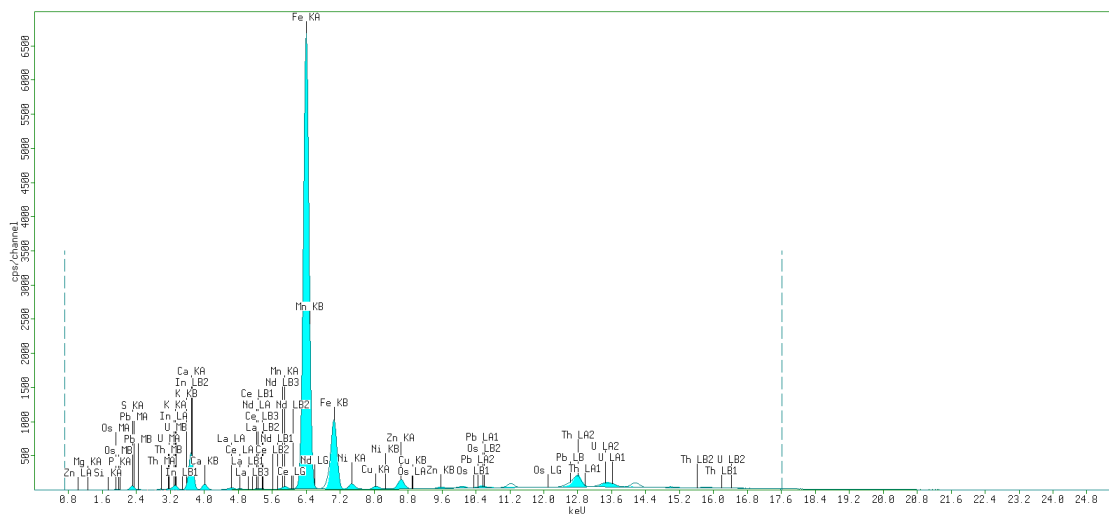


Figure 1 - X-ray spectrums of the magnetic microsphere catalyst of U, Th

The results of elemental analysis of thorium-uranium catalyst are shown in Table 1.

Table 1 - The results of the elemental composition of the catalyst containing U, Th

Compo Und	Si	P	S	Fe	Ni	In	La	Ce	Nd	Th	U
Concentration, %	0.223	0.254	2.079	20.286	0.405	0.146	0.151	0.563	0.200	0.030	5,268
	0.184	0.414	1.489	24.000	0.371	-	0.212	0.341	0.162	0.030	5.681
	0.297	0.415	5.580	22.221	0.288	0.134	0.109	0.229	0.043	0.023	2.592

It is shown that the use of a magnetic thorium-uranium catalyst can be used to synthesize heterocyclic compounds. At present, we are synthesizing the first Kazakh uranium-radium-polonium catalysts.

References:

[1] Aibassov Yerkin, Yemelyanova Valentina, Magnetic and Relativistic Effects in Catalysis and Uranium Catalysts, Lambert Academic Publishing, Hamburg, Germany, 2014; p. 180.

THE SIZE AND CONTENT OPTIMIZATION OF THE INTENSIVE ^{nat}U+Th NEUTRON SOURCE BASED ON D+T NEUTRON GENERATOR

Khushvaktov J. ^{1,2}, Yuldashev B. ¹, Kulabdullaev G. ¹, Artemov S. ¹, Abdullaeva G. ¹, Bozorov E. ¹, Sitanov H. ¹

¹ Institute of Nuclear Physics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent

² Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

E-mail: khushvaktov@jinr.ru

Currently, the intensive neutron sources are being actively developed for various fundamental and applied researches. For a sufficiently wide range of tasks, neutron generators with energies of 14 MeV are used. Such sources can be used for ADS installations and transmutation, for the production of medical radioisotopes, neutron radiography, activation analysis, detection of explosives, as well as for medical purposes.

The calculations of neutron spectra with application of MCNP [1] and GEANT4 [2] codes must precede the experimental studies of various aspects of ADS. In given work the results on modeling of the neutron source on the basis of the D+T neutron generator are presented. With application of GEANT 4 code the preliminary model calculations are executed with use of experimental information on energy dependence and angular distribution of secondary neutrons from the samples of fission materials mixtures irradiated by flux of the 14 MeV neutrons. Ion Physics PHP and Neutron HP models were used in calculation. The results are normalized on one deuteron with energy 105 keV hit the TiT_{1.5} neutron target and initiated the T+d→α+n reaction. The simulated angular distribution of neutrons yield from the neutron target shows the isotropic shape. The neutron flux values at distances of 10 cm from center of the neutron target as well as from the studied sample and from the detector of secondary neutrons have been calculated.

The angular distributions of secondary neutrons fluence integrated on energy normalized to one incident neutron at irradiation of thin ²³²Th and ²³²Th+²³³U (50/50%), and thick ²³²Th+²³³U samples were calculated. Also the dependence of such fluence on the thickness of ²³²Th and ^{nat}U mixture sample was investigated. From fig.1 it is clear that the maximal yield of secondary neutrons (neutrons leakage from a sample) is reached at 14.5 cm radius of such metallic sample for ²³²Th and 13,5 cm for ^{nat}U. So we can conclude that central part of the high intensive neutron source intended for applied studies and constructed as the ²³²Th and ^{nat}U core irradiated by neutron flux of D+T neutron generator, must have a form of the sphere with radius 14,5 cm and 13,5 cm, accordingly.

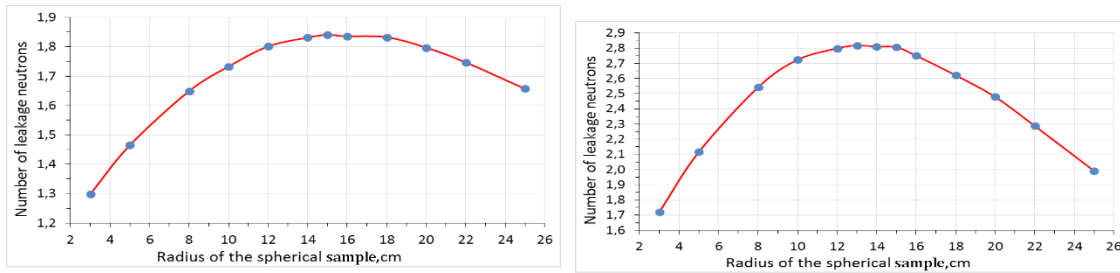


Figure 1 - The dependence of full fluence from ^{232}Th and $^{\text{nat}}\text{U}$ target thickness

References:

1. J.F. Breisemeister, ed. LA-13709-M. Los Alamos National Laboratory. 2000.
2. J. Apostolakis et al. // Radiation Physics and Chemistry. 2009. V.78. P.859.

TIME VARIATIONS OF NATURAL BETA ACTIVE RADIONUCLIDES

*Dyachkov V.V.¹, Zaripova Yu.A.¹, Yushkov A.V.¹, Shakirov A.L.¹, Bigeldiyeva M.T.¹,
Dyussebayeva K.S.², Abramov K.E.¹*

¹ National Nanotechnology Laboratory of Open Type, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National University named al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

E-mail: kuralay818181@gmail.com

As a result of the vital activity of a biological organism, there is a continuous accumulation of radon isotopes and the daughter products (DPR) of their decay. For fundamental studies of the formation mechanisms of nanoscale oncorediogenic DPR structures in the body and the development on this basis of anirac express devices for their detection in [1], the authors performed experiments on measuring beta spectra in phantoms of living organisms that accumulate DPR for a long time.

To take into account the corrections made to the measured DPR beta-spectra, in this work we measured the spectra of natural beta-active radionuclides from October 2018 to February 2019 in the city of Almaty. The figure shows the integral values of the spectra (points) and values averaged over two days (solid line). It can be seen that the seasonal variation of natural beta-active radionuclides is traced against the background of diurnal fluctuations.

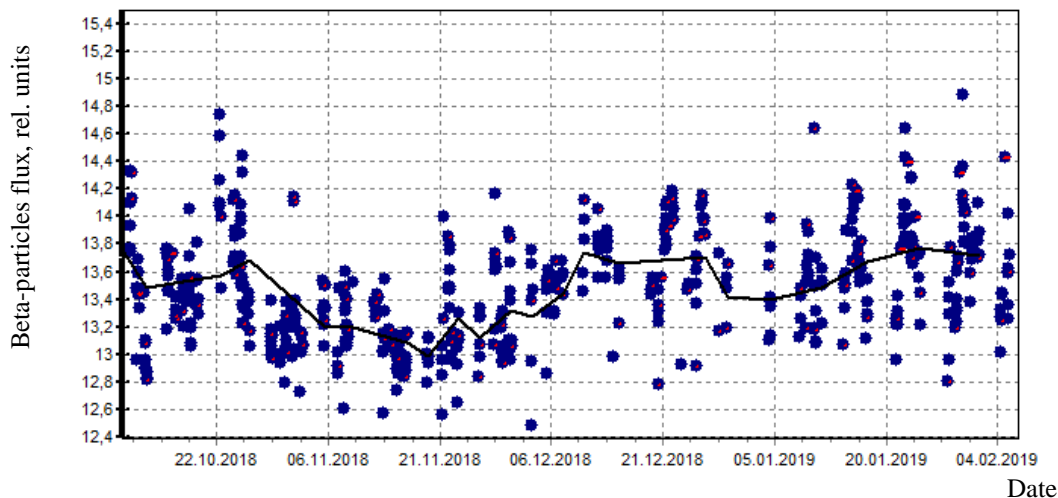


Figure 1 - Time variations of natural beta active radionuclides

The measurements and subsequent analysis of the spectra allowed us to decompose the natural beta activity into components that have a great influence on the registration of beta-active DPR radionuclides accumulated in a living organism.

The work was supported by the state grant financing of basic research (project No. IRN AP05131884).

References:

1. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V., Shakirov A.L., Bigeldieva M.T., Dyussebayeva K.S., Abramov K.E. Study of the factor of local accumulation of daughter products of radon decay in the body by the beta-spectrometry // 68 International Conference "NUCLEUS-2018", Voronezh, 2-6 July, 2018, p. 207.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ НА КЛИНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЦЕНТРЕ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ И ОНКОЛОГИИ г. СЕМЕЙ

Идинов М.Т., Амантаева Б.Ж., Байгожина А.А., Токарева О.М.

Центр ядерной медицины и онкологии г. Семей, г. Семей, Казахстан

Прогресс в области лечения онкологических заболеваний в последние десятилетия во многом связан с успехами лучевой терапии, с ее коренным техническим перевооружением.

В Центре ядерной медицины и онкологии (ЦЯМиО) г. Семей в 2007 году были введены в эксплуатацию гамма-терапевтические аппараты Teragam и Terabalt, которые являются представителями генерации в мегавольтовой кобальтовой терапии.

На смену гамма-терапевтическим установкам в современно оснащенных модулях пришли линейные ускорители элементарных частиц.

В 2015 году в ЦЯМиО г.Семей был введен в эксплуатацию линейный ускоритель модели TrueBeam, который представляет собой один из самых совершенных механизмов проведения лучевой терапии.

Благодаря высокоспециализированным методам лечения повысилось качество лучевого лечения, увеличены сроки безрецидивного периода. На рисунке 1 приведена диаграмма частоты лучевых реакций. Красной сплошной линией указан период времени лучевого лечения с использованием гамма-терапевтических аппаратов, синей сплошной линией период времени с использованием линейного ускорителя. Как видно из диаграммы частота лучевых реакций снизилась с 20% до 14,2%. Тем самым значительно снизились осложнения и реакции.

С каждым годом идет значительное снижение доли пациентов с расщепленным курсом лечения (рисунок 2). Пик приходится на 2014 год, так как для лучевого лечения использовалась гамма терапия. С момента начала использования линейного ускорителя сократилось количество расщепленных курсов.

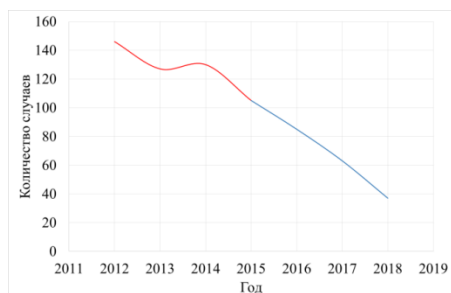


Рисунок 1 – Частота лучевых реакций

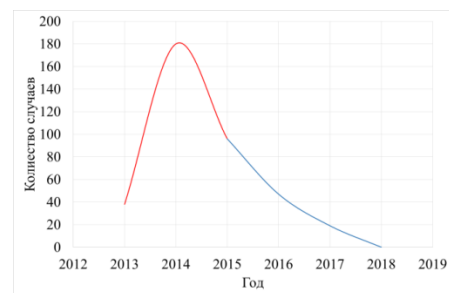


Рисунок 2 –Расщепленный курс лечения

С внедрением новых методик лучевой терапии расширились показания, стало возможным использование более высоких доз. Современные методики лечения позволяют сохранить критические органы и ткани. На рисунке 3 представлена гистограмма зависимости дозы от объема на органы риска и на планируемый объем мишени (PTV). Пунктирными линиями изображены изодозные кривые гамма-терапевтического аппарата Terabalt, сплошными линиями изодозные кривые линейного ускорителя TrueBeam.

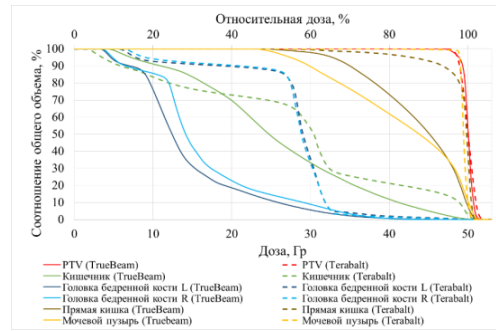


Рисунок 3 – Гистограмма доза-объем

Из гистограммы зависимости дозы от объема видно, что при использовании высокоспециализированных методик наблюдается уменьшение дозы на критические органы.

Обновление парка лучевых аппаратов позволило применить новые современные методики лечения, использовать более высокие дозы, расширить показания для лучевой терапии. Высокоспециализированные методики лечения позволяют сохранить критические органы и ткани, тем самым повысить качество лучевого лечения, увеличить сроки безрецидивного периода.

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ГРИБКОВЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Цыгвинцев П.Н., Санжарова Н.И., Васильева Н.А., Гусева О.А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
г. Обнинск, Россия.

Богатые углеводами и водой ботва и клубни представляют собой благоприятную среду для развития возбудителей заболеваний и вредителей. Важной особенностью картофеля является и то, что вследствие вегетативного размножения большинство поражающих его болезней передается через семенные клубни, которые являются первичным источником инфекции для последующего заражения посадок [1].

Цель исследования - изучить влияние γ -облучения на грибковых возбудителей, поражающих клубни картофеля, в разных дозах.

Чистые культуры трех возбудителей болезней картофеля – фузариоза (*Fusarium solani*), антракноза (*Colletotrichum coccodes*) и фитофтороза (*Phytophthora infestans*) были получены в ФГБНУ НИИКХ им. А.Г. Лорха и облучались на γ -установке ГУР-120 для определения ингибирующих доз. Облучение проводили при мощности дозы 100 Гр/час, фактические дозы по вариантам: 1 - 400±50, 2 - 680±40, 3 - 1530±50, 4 - 2200±70, 5 - 2820±70, 6 - 3580±80, 7 - 4300±110 Гр.

Анализ радиочувствительности изучаемых фитопатогенов показал, что возбудители фузариоза и антракноза проявили значительную радиостойчивость. Только дозы облучения свыше 4,3 кГр оказались летальными для зооспор антракноза и 99,9 % зооспор фузариоза (рисунок). В то же время, гифы мицелия этих грибов оказались устойчивы к данной дозе. Для фузариоза и антракноза спустя 7 суток произошло образование новых спор во всех вариантах облучения. Схожие данные по γ -облучению возбудителей антракноза и фузариоза были получены и другими исследователями [3-5]. Так полная остановка роста *Colletotrichum gloeosporioides* после облучения наступала при дозах 4-5 кГр, а замедление роста наблюдалось при 0,4-2 кГр. Гибель *Fusarium moniliforme* была зафиксирована при дозе в 5 кГр, а замедление роста гриба при облучении в 1-2 кГр.

В противоположность этому, возбудитель фитофтороза проявил слабую радиорезистентность, во всех вариантах облучения высев смывных зооспор на среду в чашках Петри не образовал колоний. В варианте 1 с дозой 440 Гр произошло образование новых спор в облученной пробирке, а уже в вариантах 2-7, с дозой 680 Гр и выше, новые споры не образовались. Следовательно, летальная доза для зооспор фитофторы составила менее 500 Гр, для гифов ее же мицелия – 700 Гр. В самой ранней работе по изучению влияния γ -облучения на возбудителей фитофтороза были получены схожие результаты, гибель наблюдалась при дозах от 500 Гр, а доза 100 Гр сдерживала рост и развитие гриба [2].

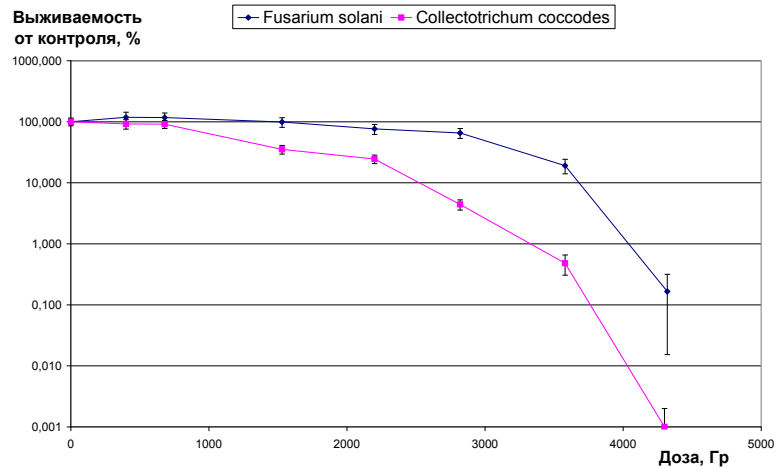


Рисунок 1 – Выживаемость спор возбудителей фузариоза и антракноза при γ -облучении

Литература:

1. К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, С.Н. Еланский, С.В. Мальцев / Технологии хранения картофеля. - М: «Картофелевод», 2007, 192 с.
2. А.С. Воловик, В.С. Серебrenников Возбудители заболеваний устойчивы к ионизирующим излучениям // Защита растений, 1976, № 12, С.25.
3. Cheon, W., Kim, Y.S., Balaraju, K. et. al. Postharvest disease control of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium expansum* on stored apples by gamma irradiation combined with fumigation. *The Plant Pathology Journal*, v. 32(5), 2016, p. 460-468.
4. Cia, P., Pascholati, S. F., Benato, E. A., Camili, E. C., Santos, C. A. Effects of gamma- and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. *Postharvest Biology and Technology*, v. 43(3), 2007, p. 366–373.
5. Mansur, A.R., Yu, C.C., Oh, D.H. Efficiency of gamma irradiation to inactivate growth and fumonisin production of *Fusarium moniliforme* on corn grains. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 24(2), 2014, p. 209-216.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОГО γ - ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН НА СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО БЕЛКА В *CICER ARIETINUM L.*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА

Велиджанова М.З., Оруджева Дж.Р., Джафаров Э.С.

Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан
e-mail: jamala.orujova@gmail.com

Работы по биохимическому анализу растений, выросших из облученных семян, и по сей день актуальны. Показано, что γ -облучение семян облепихи приводит к повышению индекса ненасыщенности липидов и концентрации линоленовой кислоты в проростках [1]. Отмечалось также повышение содержания пролина и хлорофилла в проростках пшеницы, выросших из семян, облученных дозой 100 Гр [2]. Установлено, что γ -облучение семян сои дозой 20 Гр частично уравнивает разрушительные последствия дефицита влаги на начальных этапах онтогенеза как за счет ускорения темпов развития корневой системы, так и за счет увеличения активности ферментных систем организма, и как следствие, приводит к увеличению концентрации растворимых сахаров, белков и пролина [3].

Целесообразно использовать предпосевное облучение не только как агроприем для увеличения урожая, использовать и для улучшения его качественных характеристик. Отметим, что на сегодняшний день внедрено много сортов культурных растений, обладающих повышенной урожайностью и высокой устойчивостью к повреждающим агентам. Исходя из таких соображений, в представленной работе мы попытались выяснить роль предпосевного облучения семян в накоплении общего белка в солевых условиях для *Cicer arietinum L.* (нут бараний). Был использован довольно широкий интервал, как дозы облучения, так и концентрации соли. Влияние радиации и соли изучали как в отдельности, так в их сочетании.

Семена нута бараньего перед посевом были подвержены предпосевному облучению в дозах 1, 5, 10, 50, 100, 200, 300 Гр (во всех случаях мощность дозы облучения была 0,048 Гр/с) на установке «RUXUND», с использованием источником излучения ^{60}Co . Как облученные, так и необлученные (контрольные) семена были посажены в растворы NaCl с концентрациями 1, 5, 10, 50, 100, 200 и 300 мМ.

Содержание белка определили методом, разработанным Седмаком и Гроссбергом [4].

Радиационный стресс. Полученные нами данные по доза-зависимому изменению содержания общего белка в листьях нута бараньего показывают, что с увеличением дозы облучения семян от 1 до 10 Гр содержание общего белка заметно увеличивается. Дальнейшее увеличение дозы облучения не приводит к увеличению, а наоборот, к постепенному уменьшению содержания белков.

Солевой стресс. В условиях солевого стресса динамика изменения содержания белка отличается от динамики доза-зависимого изменения. При этом в слабых солевых растворах (1 мМ NaCl) не наблюдается изменения содержания белка. Однако при больших концентрациях (больше 1 мМ) солевой стресс сопровождается существенным уменьшением содержания белка.

Отличительными признаками этих двух стрессовых факторов являются то, что масштаб изменений не одинаков. Солевой стресс при больших концентрациях по сравнению с радиацией в больших дозах приводит к более крупномасштабному уменьшению содержания белков.

Совместный радиационный и солевой стресс. Результаты по определению содержания общего белка для облученных семян, произрастающих в солевых растворах при разных концентрациях NaCl показали, что при низких дозах в листьях растения, выросшего в низко концентрированных солевых растворах, содержание общего белка примерно столько, сколько контрольные. Однако в высоко концентрированных солевых растворах высокие дозы облучения приводит к постепенному, а низкие дозы облучения – к резкому уменьшению содержания белка.

Итак, в отдельности более высокие дозы облучения и более высокие концентрации NaCl приводят к уменьшению содержания белка, а в случае двойного стресса соль при малых концентрациях (до 1 мМ) для облученных в малых дозах семян не вызывает изменений в содержании белка, для облученных в больших дозах замечается уменьшение белка.

Литература:

1. Ozerinina, O. V. Effect of Pre-Sowing γ -Irradiation of sea buckthorn Seeds on the Content and Fatty Acid Composition of Total Lipids in the Seeds of the First Plant Generation / O. V. Ozerinina, V. D. Tsydendambaev // Russian Journal of Plant Physiology. – 2011. – V. 58, № 2. – P.370–374.
2. Borzouei, A. Effects of gamma radiation of germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings / A. Borzouei, M. Kafi, H. Khazaei et al. // Pakistan Journal of Botany. – 2010. – V. 42, № 4. – P. 2281–2290.
3. Moussa, H.R. Low Dose of Gamma irradiation enhanced drought tolerance in soybean / H.R. Moussa // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2011. – V. 17, № 1. – P. 63–72.
4. Sedmak J.J., Grossberg S.E. A rapid, sensitive, and versatile assay for protein using Coomassie Brilliant Blue G-250 // Analytical Biochemistry. – 1977. – V.79. – № 1-2. – P.544-552.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО γ -ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА НА НЕКОТОРЫЕ
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Агаева А.В., Мамедова Г.А., Гусейнова Ш.А.

Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
e-mail: asmat@inbox.ru

Исследования закономерностей формирования биологических эффектов при γ -облучении семян является актуальной задачей радиобиологии. Показано, что облучение семян сельскохозяйственных культур в оптимальной дозе ускоряет прохождение первых фаз онтогенеза растений, сокращает сроки созревания и, в конечном итоге, приводит к увеличению урожая растительных культур. Для практического использования радиостимуляции в сельском хозяйстве и селекции наиболее приемлемы методы предпосевного облучения семян извне и облучение вегетирующих растений на гамма-полях.

В нашем случае был выбран метод предпосевного γ -облучения семян.

В качестве объекта исследований выбран подсолнечник (*Helianthus Annuus L.*) сорта Лакомка.

Облучение семян проводили на установке "RUXUND" с облучателем ^{60}Co .

Для возможности сопоставления ингибирующих и стимулирующих эффектов облучения, был исследован широкий диапазон доз от 1–300 (1, 5, 10, 50, 100, 200, 300 Гр) Гр. Контролем служили необлученные семена растения.

Согласно рекомендациям по предпосевному облучению, семена сразу после радиационного воздействия проращивали в термостате в чашках Петри, застеленных фильтровальной бумагой.

Влияние предпосевного γ -облучения семян на некоторые биометрические показатели подсолнечника для двухнедельных проростков, выращенных в водной среде, указаны в нижеприведенной таблице 1.

Таблица 1 - Биометрические показатели для подсолнечника, семена которого перед посевом были обработаны γ -лучами в разных дозах

Дозы облучения, Гр	Площадь листовой поверхности, см ²	Длина корней, см	Длина наземной части, см	Длина междоузлий, см
Контроль	2	9	20	2,8
1	2,5	9	21	3
5	3	10	23	2,9
10	2,7	9	22	2,8
50	2	10	22	2,8
100	2	9	19	2,7
200	1,8	9	8	2
300	1,5	7	9	2

Из результатов, представленных в таблице 1 видно, что в диапазоне доз от 1 до 10 Гр длина корня, длина ростка, площадь листовой поверхности, длина междоузлий превышают контрольный уровень. Максимальное увеличение этих показателей зафиксировано при дозе 5 Гр. В интервале доз от 10 до 100 Гр не наблюдаются заметные изменения в длине корней, длине наземной части и в длине междоузлий. Однако при этих дозах облучений площадь листовой поверхности заметно уменьшается. Начиная с 100 Гр, наблюдается уменьшение по всем параметрам.

Предполагаем, что увеличение биометрических показателей в какой-то мере повлияют на урожайность этого растения. Исходя из этого мы преднамерены провести исследования по влиянию предпосевного γ -облучения на урожайность подсолнечника.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПЭТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОТРЕЙСЕРОВ КЛАССА
АМИНОКИСЛОТ, МЕЧЕННЫХ ФТОРОМ-18**

Красикова Р.Н.

ФГБУ науки Институт мозга человека Российской академии наук (ИМЧ РАН),
ак. Павлова 9, 197376, Санкт-Петербург, Россия

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) - быстро развивающийся метод ядерной медицины, позволяющий получать *in-vivo* информацию о нарушениях физиологических и биохимических процессов на молекулярном уровне. В состав радиофармпрепаратов (РФП) для ПЭТ входят короткоживущие циклотронные радионуклиды с позитронным типом распада (^{15}O , ^{13}N , ^{11}C , ^{18}F). Наиболее востребованными являются радиотрейсеры на основе фтора-18, которые, благодаря высокому периоду полураспада изотопа (110 мин), могут поставляться в ПЭТ центры централизованно из циклотронно-радиохимического комплекса. В более 80% ПЭТ исследований используется 2- ^{18}F -фтор-2-дезоксид-Д-глюкоза (ФДГ), уникальный радиотрейсер гликолиза. ФДГ имеет ряд ограничений, в частности, при визуализации опухолей мозга, где глюкоза является основным энергетическим субстратом, и в диагностике опухолей с низкой скоростью гликолиза (рак легких, рак предстательной железы (РПЖ)). Для решения этих диагностических задач используют радиотрейсеры класса аминокислот, меченные фтором-18 (ФАА), однако их синтез представляется более сложным по сравнению с ФДГ.

Оптимальным методом получения РФП является нуклеофильное фторирование с использованием ^{18}F фторида, производимого по реакции $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ в водной мишени циклотрона. Синтез включает реакцию нуклеофильного замещения «уходящей» группы в молекуле фтором-18 в составе комплекса с криптофиксом, $[\text{K/K2.2.2}]^{+18}\text{F}$, непосредственно в молекулу субстрата с последующим «снятием» защиты (гидролизом) функциональных групп с подвижными атомами водорода. Для радиотрейсеров класса ФАА этот метод успешно применен к синтезу *O*-(2'- ^{18}F фторэтил)-*L*-тирозина (ФЭТ) (опухоль мозга и дифференциация очага воспаления); 4- ^{18}F фтоглутаминовой кислоты и ее аналогов (рак груди и мелкоклеточный рак легкого); *транс*-1-амино-3- ^{18}F фтор циклобутиловой кислоты (РПЖ) (рак предстательной железы). Вместе с тем для получения наиболее широко востребованного РФП класса аминокислот - 6-*L*- ^{18}F ФДОФА (болезнь Паркинсона, нейроэндокринные опухоли, церебральные глиомы), где метка фтор-18 находится в ароматическом кольце, необходим сложный многостадийный асимметрический синтез, плохо поддающийся автоматизации. Новейшими разработками в химии фтора-18 является создание новых методов прямого радиофторирования «неактивированных» аренов с использованием новых типов предшественников, мезитиларил йодониевых солей или *пинаколин производных арилбороновых эфиров (arylBPin)* при катализе комплексами меди. Использование этих методов открывает новые возможности для прямого нуклеофильного синтеза новых радиотрейсеров, в том числе ароматических аминокислот, легко адаптируемых к современным автоматизированным модулям синтеза.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА РАДИОФАРМПРЕПАРАТА «ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗА¹⁸F, РАСТВОР ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ»

Медведева З.В., Чакрова Е.Т., Гурин А.Н.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан
zoamedvedeva@yandex.ru

В работе представлены экспериментальные данные по выбору оптимальных условий разделения ¹⁸F-фтордезоксиглюкозы и ¹⁸F-фтордезоксиманнозы с использованием рефрактометрического и радиометрического детекторов и сильноосновной колонки CarboPac PA10 при разработке аналитической методики определения радиохимической чистоты и идентификации радиофармпрепарата «Фтордезоксиглюкоза¹⁸F, раствор для инъекций» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Представлены результаты валидационных испытаний хроматографической системы, определения ¹⁸F-фтордезоксиманнозы и идентификации ¹⁸F-фтордезоксиглюкозы в радиофармпрепарате.

Данная аналитическая методика успешно применяется для контроля качества радиофармпрепарата.

ГИДРОГЕЛЕВЫЕ РАНЕВЫЕ ПОВЯЗКИ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, ПОЛУЧЕННЫЕ РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Абилова Г.К.¹, Ирмухаметова Г.С.¹, Тумабаева А.М.², Бексултанов Ж.И.³, Хуторянский В.В.⁴

¹ Казахский национальный университет имени аль – Фараби, Алматы, Казахстан

² Национальный центр экспертизы лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники, Алматы, Казахстан

³ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

⁴ Университет Рединга, Рединг, Великобритания

Гидрогелевые раневые повязки в сравнении с тканевыми обладают такими преимуществами как способность создавать оптимальную влажную среду, собирать и удерживать раневые выделения, кроме того легко и безболезненно удаляется с поверхности раны и без повреждений ткани[1,2].

Целью исследования была разработка рецептуры и технологии получения гидрогелевой раневой повязки путем радиационной сшивки гидрофильных полимеров.

Гидрогелевые раневые повязки на основе хитозана, получали путем смешивания водных растворов полимеров, и затем предварительно упакованная полимерная масса подвергалась радиационному сшиванию под действием γ – излучения. Для получения раневой повязки использовали водные растворы хитозана, поливинилпирролидона, агара в качестве загустителя, полиэтиленгликоля в качестве пластифицирующего агента и раствор нитрата серебра.

Радиационное сшивание и стерилизация смеси проводили с помощью ускорителя электронов ЭЛВ – 4 с дозой облучения в интервале от 14 до 22 кГр в Институте ядерной физике (г. Алматы, Казахстан). Разрабатывая рецептуру гидрогеля варьировали концентрацию хитозана (1,2- 2,2 масс. %) и концентрацию агара от 0,05 до 5 масс.%. Также исследованию подверглись образцы без содержания хитозана.

При изучении равновесной степени набухания гидрогелей выявлено уменьшение набухающей способности с увеличением содержания агара и дозы облучения. При увеличении концентрации хитозана в составе повязке приводит к увеличению степени набухания. Образцы повязок без содержания хитозана показали низкую степень набухания.

Микроструктура гидрогелей была проанализирована с помощью сканирующей электронной микроскопии. Присутствие полисахарида в структуре гидрогеля приводит к образованию сетки с большей пористостью. Однако более плотная структура наблюдалась для образцов с большим содержанием агара.

Механические свойства гидрогелевых повязок были оценены с использованием испытания на растяжение. Модули упругости увеличились для образцов гидрогеля, облученных в более высоких дозах. Механические свойства раневых повязок также были улучшены благодаря присутствию ионов Ag⁺.

Во время исследования адгезивных свойств на свиной шкуре сила отрыва и работа адгезии гидрогелей варьировались в интервале 0,045-0,068 Н и 0,078-0,022 Н * мм соответственно.

Исследованию антимикробных свойств подверглись образцы повязок на основе хитозана с содержанием Ag⁺ и без него. Раневые повязки без ионов серебра не показали антимикробную активность возможно из-за высокого рН раствора полимеров, а присутствие нитрата серебра в гидрогеле показывает антимикробную активность раневой повязки.

Таким образом, использование хитозана в составе раневой повязки улучшает их биоадгезивные свойства, обеспечивает лучший дренажный эффект благодаря более высокой степени набухания гидрогеля, кроме того большее содержание агара приводит к образованию гидрогелей с меньшим размером пор, более высокими модулями упругости и меньшей способностью к набуханию.

Литература:

- [1] О.С. Мохова, Современные методы лечения гнойных ран, Журнал Анатомии и гистопатологии. 2 (2013) 15–21.
[2] О.А. Легонькова, А.А. Алексеев, Современные раневые покрытия: их свойства и особенности, (2015) 66–68.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ БРАХИТЕРАПИИ С ТРЕХМЕРНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЕМ В ПРОГРАММУ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ

*Адылханов Т.А.¹, Сандыбаев М.Н.², Атантаева Б.Ж.², Адильбаев Д.Н.², Мусина А.Д.²,
Тусупова А.Д.², Андреева О.Б.¹*

¹ Некоммерческое акционерное общество «Медицинский университет Семей»;

² Центр ядерной медицины и онкологии г. Семей, Казахстан

Актуальность. Рак шейки матки (РШМ) в женской популяции продолжает занимать одно из ведущих мест, и лучевая терапия (ЛТ) остается базисным методом в арсенале специализированного лечения РШМ. Поэтому дальнейшее улучшение результатов терапии зависит во многом от разработки и освоения новых методик, так как возможности эффективной ЛТ данной локализации еще не исчерпаны. Создается и внедряется в практику принципиально новое оборудование для дистанционного и контактного облучения, появляется целый спектр аппаратов для высокоточной визуализации тканей и органов, разрабатываются компьютерные технологии для обработки и визуализации данных, все это обеспечивает техническую возможность достижения стойкого излечения пациенток с местно-распространенными формами РШМ.

Цель: проанализировать дозиметрические параметры при планировании брахитерапии с использованием трехмерного изображения и стандартного плана на основе 2D технологий.

Материалы и методы: данная работа проводится при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН АР05130960) на базе Центра ядерной медицины и онкологии города Семей. Объектом исследования явились 15 женщин с РШМ, которым ЛТ была спланирована с применением 3D технологий, тогда как группа контроля была подобрана ретроспективно с учетом критериев включения и исключения и состояла из 30 пациенток, которым было проведено лечение, используя 2D-планирование. Планирование с 2D-изображением проводилось с использованием пары ортогональных рентгенограмм: переднезадний и боковой снимки, на которых отчетливо визуализированы баллончик катетера Фолея, сам аппликатор (метростат и кольпостат) и ректальный маркер с дальнейшей реконструкцией в системе планирования с помощью метода оцифровки. 3D планирование выполнялось с помощью КТ-симуляции с шагом сканирования 0,5 см для виртуальной имитации процесса облучения. Дозы нормировались по манчестерской методике на точки А (точка, находящаяся на расстоянии 2 см латеральнее и 2 см краниальнее боковой поверхности аппликатора и анатомически соответствующая месту пересечения маточной артерии и мочеочника) и В (расположенная на 3 см латеральнее точки А и соответствующая боковым отделам таза) с расчетами дозного распределения облучаемой мишени с минимальной лучевой нагрузкой на здоровые ткани и критические органы, не превышающей 70-80% дозы в точке А.

Результаты. Предварительная оценка проявлений острой токсичности показала, что гематологическая токсичность и развитие гастроинтестинальных побочных явлений встречались одинаково часто в исследуемых группах, однако метод 3D контроля брахитерапии продемонстрировал преимущество в сравнении со стандартной схемой лучевой терапии при оценке проявлений острой токсичности со стороны

органов риска. Была оптимизирована дозовая нагрузка на опухоль с подведением при брахитерапии разовой дозы 6-7 Гр и суммарной очаговой дозой – 24-28 Гр, снижением общей суммарной дозы сочетанной лучевой терапии ($D_{90}/Gy_{\alpha\beta10}/HR-CTV$) с 80-85 Гр до 74-78 Гр с сохранением изодозы идентичного клиническому объему опухоли. Трехмерная брахитерапия на основе изображений обеспечивает адекватное покрытие дозы для HR-CTV с приемлемой дозой для OARs у большинства пациентов ($D_{2cc}/\alpha\beta3$).

Заключение. При лечении местно-распространенных форм РШМ эффективность ЛТ повышается благодаря применению брахитерапии, которая позволяет подвести высокие дозы ионизирующего излучения непосредственно к опухоли с минимальным при этом воздействием на окружающие здоровые органы и ткани. Метод 3D планирования внутриволостного облучения источниками Иридий-192 высокой активности при сочетанной ЛТ у больных с местно-распространенными формами РШМ позволяет адекватно оптимизировать дозное распределение для подведения заданной терапевтической дозы ко всему объему мишени и максимально снизить нагрузку OAR. Метод трехмерной визуализации позволяет просмотреть и использовать все возможности системы планирования, учитывая тип используемых аппликаторов, изодозные «облака», поверхностные дозы, интересующий объем и анатомические структуры. 3D-брахитерапия обеспечивает снижение частоты возникновения и тяжести лучевых осложнений и улучшает качество жизни больных с РШМ.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭТАЛОННЫХ МЕР ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ

Донченко С.И., Лесков А.С., Кувыкина М.Б., Тенишев В.П.

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Россия, tenishev@vniiftri.ru

Стремительное развитие применения ядерных технологий в народном хозяйстве [1] требует новых и точных способов как контроля над воздействием радиационного излучения на вещество, так и обеспечения качества продукции без его ухудшения в результате обработки ионизирующим излучением. Основным средством такого контроля является измерение поглощенной дозы (ПД) путем картирования в изделии с точным определением минимальной и максимально допустимых значений ПД непосредственно сразу же после радиационного воздействия. Правильное и точное измерение ПД обеспечивает также надлежащее решение поставленной технологической цели при радиационной обработке, например, стерилизация медицинских изделий, сохранение качества пищевой продукции при их радиационной обработке, обеспечение радиационной стойкости материалов и т.п.

В настоящей работе предлагается новый способ измерения ПД, хранения и передачи единицы мощности и единицы ПД от государственного эталона мощности поглощенной дозы ГЭТ209-2014 [2] в области радиационных технологий.

Сущность способа заключается в использовании метода ЭПР-спектрометрии с применением эталонных мер количества парамагнитных центров:

- выбор ЭПР чувствительного материала;
- облучение этого материала на Госэталоне ГЭТ209-2014 строго определенными дозами для выбранного диапазона поглощенных доз;
- измерение ЭПР сигнала в облученных образцах на ЭПР спектрометре, калиброванного с помощью эталонных мер количества парамагнитных центров, аттестованных на Государственном первичном эталоне единицы количества парамагнитных центров ГЭТ 83-2017 [3].

Значение поглощенной дозы D будет пропорционально числу парамагнитных центров N в облученном ионизирующим излучением ЭПР чувствительном образце, определяемого из соотношения

$$D \sim k \cdot N = k \cdot \frac{A_D \cdot (\Delta H_D)^2}{A_{ref} \cdot (\Delta H_{ref})^2} \cdot N_{ref}$$

где N - количество парамагнитных центров в облученном образце;

A_D - амплитуда линии ЭПР облученного образца;

A_{ref} – амплитуда линии ЭПР эталонной меры;

N_{ref} - количество парамагнитных центров в эталонной мере;

ΔN_D , ΔN_{ref} - ширины линий ЭПР облученного образца и эталонной меры соответственно, мТл;
 k – коэффициент пропорциональности, определяемый из градуировочной функции.

Количество парамагнитных центров, и, тем самым, и значение поглощенной дозы определяются амплитудой ЭПР-спектра и шириной ΔN линии ЭПР как облученного образца, так и эталонной меры. Следовательно, разные материалы будут проявлять разный ЭПР-отклик на поглощенную дозу. Это обстоятельство приводит к необходимости калибровки ЭПР-спектрометров для обеспечения единства результатов измерений с обеспечением прослеживаемости к государственным эталонам.

В настоящей работе приводятся результаты исследований различных ЭПР чувствительных материалов для различных диапазонов поглощенных доз, пригодных для дозиметрии при радиационной обработке материалов для различных областей науки и техники.

Литература:

1. Донченко С.И. и др. Метрологическое сопровождение научных разработок и промышленных технологий с применением интенсивных источников ионизирующих излучений (в настоящем сборнике).
2. Генералова В.В. и др. Государственный первичный специальный эталон единицы мощности поглощённой дозы интенсивного фотонного, электронного и бета- излучений для радиационных технологий ГЭТ 209-2014. Альманах современной метрологии, №5, 2015 стр.54-74.
3. А.С. Лесков. Государственный первичный эталон единицы количества парамагнитных центров: вчера, сегодня, завтра. Альманах современной метрологии № 1 (17) 2019, стр. 35–43.

ИМПУЛЬСНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ОБРАБОТКА ГРИБНЫХ ИНФЕКЦИЙ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

*Исемберлинова А.А.¹, Нужных С.А.², Чубик М.В.¹, Покровская Е.А.¹, Полосков А.В.¹,
Серебренников М.А.¹, Егоров И.С.¹, Ремнев Г.Е.¹*

¹Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

²Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация

Обеззараживание зерен злаковых культур является актуальной задачей в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Широко распространенными грибами-патогенами, встречающимися повсеместно на семенах пшеницы, являются *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Helminthosporium sp.* Наличие грибов в пищевых продуктах может привести к снижению количества, потере питательной ценности продукции и к загрязнению микотоксинами. В результате зерно становится непригодным для использования в пищу и на корм животным, что является значимой проблемой в сельском хозяйстве.

В последние десятилетия радиационная обработка выходит на уровень коммерческого применения для микробиологического обеззараживания пищевых продуктов, стерилизации либо уничтожения вредителей сельскохозяйственных культур, устранения, уменьшения загрязнения плесенью, грибными инфекциями (и микотоксинами), для предотвращения перезревания, а в случае появления клубней и луковиц – прорастания, улучшая срок хранения сельхозпродуктов [1].

В данной работе мы исследовали возможность использования тормозного рентгеновского излучения для подавления грибных заболеваний. В качестве объекта были выбраны семена пшеницы сорта Ирень, инфицированные распространенными болезнями: фузариоз, гельминтоспориоз, альтернариоз. Обработка зерен производилась импульсным рентгеновским источником [2] в диапазоне доз от 0,4 до 1,5 кГр. Для контроля доз использовали ионизационные камеры РС40 и радиохромные дозиметрические пленки ЕВТ-3. Зараженность контрольных и облученных семян пшеницы грибами и всхожесть зерен определяли по общепринятым методикам (ГОСТ 12044-93, ГОСТ 12038-84).

Влияние импульсной рентгеновской обработки на грибные заболевания семян пшеницы и их всхожесть показано на рис. 1. В диапазоне доз от 0,4 до 1 кГр, происходило увеличение общей зараженности семян грибами. При дозе 1 кГр процент зараженности альтернариозом увеличился до 44,7 %, тогда как на контроле он составлял 17,3 %, процент гельминтоспориоза уменьшился с 8% до 3,3 %. Увеличение меланинсодержащих грибов *Alternaria* объясняется радиостойкостью их структуры и родовой конкуренцией.

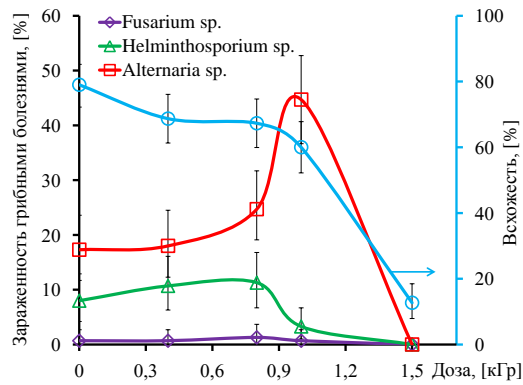


Рисунок 1 - Зараженность грибными болезнями семян пшеницы и их всхожесть

Летальная доза для всех грибов при обработке импульсным рентгеновским излучением составила 1,5 кГр, при этом происходило значительное снижение всхожести с 79,0% до 12,7 % по сравнению с контролем. Таким образом, показана возможность применения тормозного рентгеновского излучения для устранения грибных инфекций в семенах пшеницы. Данная обработка может быть применима для решения проблем сохранности сырья и дальнейшего его применения в пищевой промышленности.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 18-79-00261.

Литература:

1. Calado T., Venâncio A., Abrunhosa L. Irradiation for mold and mycotoxin control: a review //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2014. – Т. 13. – №. 5. – С. 1049-1061.
2. Egorov I.S., Remnev G.E., Kaikanov M.I. и др. Repetitive source of pulsed electron beams // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2012. - Т. 55. - № 10-3. - С. 58-60.

КОНВЕЙЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ СШИВКИ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Ташметов М.Ю., Исмаилов Н.Б.

Институт ядерной физики АН РУз, 100214, г.Ташкент, Узбекистан

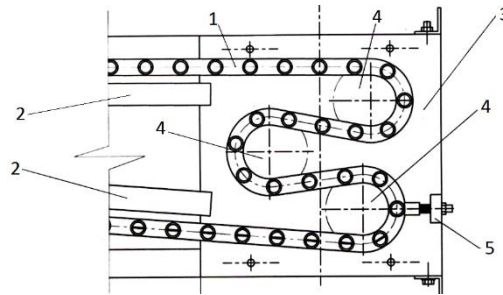
В настоящее время для улучшения свойств и придания нового качества полимерным материалам и изделиям широко применяется радиационная технология. Во многих странах мира радиационная обработка полимерных изделий осуществляется на ускорителях электронов с одно-, двух- и четырёхсторонним облучением. Двух и четырёхстороннее облучение, в основном, осуществляется с переворачиванием изделий на 180° и 90°, после чего изделия возвращаются в зону облучения. Такая процедура обычно осуществляется на ускорителях с высокой мощностью пучка электронов (>10 кВт) [1]. Одним из таких полимерных изделий являются термоусаживаемые муфты, трубы, пленки из полимерного материала, в которых при радиационной обработке происходит поперечная сшивка, повышается термостойкость и механическая прочность, появляется «эффект памяти формы» [2-4].

Исходя из характеристик пучка ускоренных электронов, размера ускорительного зала облучения и эффективности использования пучка электронов разработана и установлена подвесная конвейерная система для обработки полимерных трубок в радиационно-технологическом комплексе на базе ускорителя электронов «Электроника У-003». На комплексе будет возможность осуществлять радиационную стерилизацию медицинских изделий, фармацевтических препаратов, а также радиационную сшивку полимерных изделий без внесения изменений в транспортную линию.

Управление подвесной конвейерной линией осуществляется в двух режимах:

- дистанционное управление осуществляется с пульта управления транспортной линией;
- местное управление осуществляется из ускорительного зала.

Исполнительный механизм подвешенного конвейера, который обеспечивает равномерность облучения полимерных трубок, приведен на рисунке 1.



1 – цепь конвейерной системы; 2 – поддерживающее устройство; 3 – подставка; 4 – натяжитель; 5 – поворачивающее устройство.

Рисунок 1 - Принципиальная схема исполнительного механизма подвешенной конвейерной системы (вид сверху)

Форма исполнительного механизма позволяет эффективно использовать пучок электронов, то есть за один цикл движения конвейера, облучаемые трубки 4 раза проходят через зону облучения. В нем предусмотрено поворачивающее устройство, обеспечивающее на каждом цикле оборота поворачивать трубки на 90 градусов.

Наличие технологии радиационной сшивки и подвешенной конвейерной линии даст возможность осуществить радиационную сшивку полимерных изделий на базе ускорителя электронов «Электроника У-003» в ИЯФ АН РУз и обеспечить часть потребности республики в сшитых полимерных изделиях.

Работа выполнена в рамках проекта ФА-И тех- 2018-31 Министерства инновационного развития Республики Узбекистан.

Литература:

1. Гурин А. Г., Корнилов Е. А., Ложкин Р. С. Перспективы применения сильнофокусированных электронных пучков для радиационной сшивки полиэтилена. *Электротехника и электромеханика*. №4, 2013. - С. 47-51.
2. Glough R.L. High energy radiation and polymers: A review of commercial processes and emerging application // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 2001. – vol.185.- pp.8-33.
3. *Industrial Electron Beam Processing*. International Atomic Energy Agency (IAEA), DRAFT 11a, 23 June 2009. p.112.
4. Seguchi T., Yagi T, Ishikawa S.6 Sano Y. New material synthesis by radiation processing at high temperature – polymer modification with improved irradiation technology // *Radiation Physics and Chemistry*, 2002. – Vol. 63.- pp.35-40.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Айткалиев С.М.¹, Амантаева Б.Ж.¹, Степанова О.А.²

¹ Центр ядерной медицины и онкологии г. Семей, Республика Казахстан

² Государственный университет им. Шакарима г. Семей, Республика Казахстан

Современная медицинская физика включает в себя системы, использующие физическое и радиационное воздействие, организм человека и его болезни, медицинское и диагностическое оборудование, технологии, а также физику, математику, методики и инструменты для диагностики и лечения пациентов. Радиотерапия имеет высокую дозу назначенного лекарства с целью его полной и высокой точности доставки, и уменьшение дозы для основных органов в опухоли является основным принципом в лучевой терапии. Планирование лечения, пациента с раком, в лучевой терапии вкупе со сложным высокотехнологичным оборудованием, используемом на каждом этапе лечения, дают определенный процент ошибок при расчете дозы, а также погрешность измерительного инструмента. Другие факторы в этой цепочке лечения онкологических заболеваний (личная чувствительность пациента к облучению, медикаментозное лечение) не позволяют достичь клинического эффекта.

Гарантия качества - это уверенность в том, что все запланированные и систематические действия соответствуют установленным стандартам качества.

Обеспечение качества в лучевой терапии - это комплексная программа контроля терапевтических режимов, оптимальных уровней производительности терапевтического оборудования, физических, технических, дозиметрических, клинических, кадровых и организационных мер. Эта программа предоставляет высококачественные специализированные услуги пациентам только в случае единой системной интеграции в соответствии с международными стандартами и национальными протоколами стран, а не только на уровне частных онкологических учреждений.

Отделения лучевой терапии являются ключевым элементом в процессе лучевого лечения, и качество их работы является одной из ключевых мер для достижения успешного результата. Контроль качества - это, прежде всего, оценка функциональных характеристик, которая влияет на геометрию и точность дозиметрии введения дозы.

Выполнение контроля качества лучевой терапии, согласно единого утвержденного протокола, во всех онкологических учреждениях обеспечит стандартизацию всего этапа лучевого лечения и повысит его эффективность.

В настоящее время в Республике Казахстан отсутствуют утвержденные протокола контроля качества лучевых терапевтических аппаратов. Клиники в данном вопросе опираются на международные рекомендации либо на опыт зарубежных клиник. Поэтому важно стандартизировать документы и протоколы, описывающие основные эксплуатационные параметры средств лучевой терапии, а также на всех уровнях лучевой терапии на государственном уровне.

КОНЦЕНТРАЦИЯ Gd В ОПУХОЛЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ GdNCT

Кулабдуллаев Г.А.¹, Абдуллаева Г.А.¹, Ким А.А.¹, Джураева Г.Т.¹, Кадырбеков Р.Т.², Кадырбеков Н.Р.²,
Бекназаров Х.Ж.², Алимов Ж.М.³, Мавлянов И.Р.⁴

¹ Институт Ядерной Физики АН РУз, Ташкент

² Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр нейрохирургии МЗ РУз

³ Республиканский научный онкологический центр МЗ РУз

⁴ Ташкентская Медицинская академия, Ташкент, Узбекистан

Нейтрон-захватная терапия с гадолинием (Gd-NCT) обладает большим терапевтическим потенциалом, из-за хорошей изученности кинетики Gd-контрастных веществ в магнитно-резонансной томографии (МРТ). Подсчитано, что при опухолях головного мозга можно достичь концентрации до 300 микрограмм ¹⁵⁷Gd/г опухоли с помощью некоторых контрастных агентов МРТ, таких как Gd-DTPA и Gd-DOТА, и до 800 микрограммов ¹⁵⁷Gd / г опухоли в опухолях костей с Gd-EDTMP. Для достижения более высокой концентрации Gd в опухоли были разработаны различные биосовместимые макромолекулярные и наночастичные соединения. В последнее время более высокие показатели регрессии опухоли были достигнуты с помощью систем доставки Gd, направленных на опухоль. По результатам МРТ нагруженные гадолинием (Gd) хелатные наночастицы позволяют достигать больших концентраций в опухолях, достаточных для проведения Gd-NCT опухолей. В работе [1] представлены разработанные мицеллы фосфата кальция, гибридные с блок-сополимерами ПЭГ, которые были связаны с клиническим МРТ-контрастным агентом Gd-диэтилентриаминпентауксусной кислотой (Gd-DTPA/CaP). Gd-DTPA/CaP соединения были нетоксичны для раковых клеток в концентрации 100 мкМ в пересчете на Gd-DTPA, в то время как более 50% раковых клеток были убиты облучением тепловых нейтронов при этой концентрации. Также были предложены наночастицы в качестве системы для селективной доставки Gd в опухоли для последующего облучения тепловыми или эпитепловыми нейтронами [2]. Предлагается использовать восстановленную наноземлю хиломикровов для доставки Gd к солидным опухолям путем модификации поверхности эмульсии. Другие исследования с липосомами [3] с гадолинием в качестве агента NCT в эксперименте in vivo на мышах с опухолями толстой кишки показали возможность обеспечения концентрации 40,3 мкг/г опухоли. При этом подавление роста опухоли в группе облученной с гадолинием оказалось примерно в четыре раза выше по сравнению с контрольной группой, и после лечения не наблюдалось значительной потери веса, свидетельствующей о низкой системной токсичности этого соединения. Липосомы с захваченным гадолинием могут быть перспективными для доставки Gd в опухоли при NCT. В работе [4] была проведена оценка пределов и преимуществ гадолиния в NCT с использованием расчетов с ¹⁰B или ¹⁵⁷Gd в фантомах. При этом учитывались предлагаемые концентрации этих нуклидов в опухолях для проведения NCT, которые равны 35 ppm для ¹⁰B and 100 ppm для ¹⁵⁷Gd. Результаты показывают, что концентрация 10 ppm ¹⁰B мало влияет как на флюенс тепловых нейтронов, так на дозу гамма-излучения. Напротив, концентрация 28,6 ppm ¹⁵⁷Gd значительно снижает флюенс тепловых нейтронов и существенно увеличивает дозу гамма-излучения. В данной работе в экспериментах по облучению эпитепловыми нейтронами [5] биопсийных образцов глиомных опухолей головного мозга человека нами была изучена зависимость процента некроза от концентрации Gd в опухоли. Результаты показывают, что процент некроза линейно зависит от концентрации Gd до 1000 ppm, а при дальнейшем повышении концентрации процент некроза не меняется. Это свидетельствует о том, что существует определенная оптимальная концентрация Gd для облучения глиомных опухолей человека, а дальнейшее увеличение концентрации Gd может отрицательно влиять на результаты Gd-NCT.

Литература:

- 1 Protti N, Geninatti-Crich S, Alberti D, Lanzardo S, Deagostino A, Toppino A, Aime S et al, Evaluation of the dose enhancement of combined ¹⁰B + ¹⁵⁷Gd neutron capture therapy (NCT). Radiat Prot Dosimetry. 2015 Sep;166(1-4), 369- 73.
- 2 Mi P, Dewi N, Yanagie H, Kokuryo D, Suzuki M, Sakurai Y, Li Y, Aoki I, Ono K, Takahashi H et al. Hybrid Calcium Phosphate-Polymeric Micelles Incorporating Gadolinium Chelates for Imaging-Guided Gadolinium Neutron Capture Tumor Therapy. ACS Nano. 2015 Jun 23;9(6), 5913-21. .
- 3 Dewi N, Yanagie H, Zhu H, Demachi K, Shinohara A, Yokoyama K, Sekino M et al. eTumor growth suppression by gadolinium-neutron capture therapy using gadolinium-entrapped liposome as gadolinium delivery agent, Biomedicine & Pharmacotherapy Volume 67, Issue 6, July 2013, 451-457 ,
- 4 Gambarini G, Kulabdullaev G.A., Kim A.A. et. al. Evaluation of limits and advantages of gadolinium in NCT X - International Topical Meeting on Industrial Radiation and Radioisotope Measurement Applications (IRRMA-X) Chicago, Illinois, USA July 9-13, 2017, Book of abstracts, 18-20.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО БУТИЛРЕГЕНЕРАТА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Долгополов М.А.¹, Карманова О.В.², Тихомиров С.Г.², Карманов А.В.³

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Резиновые изделия, полученные на основе бутилкаучука и вышедшие из эксплуатации, представляют собой ценное органическое сырье. Однако в настоящее время они не находят применения, поскольку отсутствует механизм их утилизации. Известно [1], что бутилрегенерат можно получать различными способами. Одним из наиболее перспективных способов является получение регенерата с использованием ионизирующих излучений. В качестве источника облучения могут гамма-кванты/

Механизм воздействия ионизирующего излучения на сшитую полимерную матрицу недостаточно изучен. Поэтому представляется актуальным исследование процесса деструкции вулканизатов бутилкаучука с использованием методов математического моделирования для обоснования выбора условий облучения, обеспечивающих получение регенерата с заданными свойствами.

В качестве объектов исследования использовали вулканизаты резиновых смесей на основе бутилкаучука, полученные в присутствии вулканизирующего агента фенолформальдегидной смолы. Вулканизаты подвергали облучению тормозными гамма-квантами, возникающими вследствие взаимодействия пучка ускоренных электронов с вольфрамовой мишенью (энергия электронов -10 МэВ, ток импульса - 400 мА, газовая атмосфера при обработке - воздух, доза за один проход - 10 кГр) и получали радиационные бутилрегенераты.

Пласто-эластические свойства полученных бутилрегенератов оценивали по показателю вязкости, который определяли на вискозиметре Муни при температуре 100°C. Эффективность действия радиационного облучения на пространственную сетку вулканизата оценивали по изменению содержания гель-фракции методом золь-гель анализа, а также структурных параметров образцов, которые определяли методом равновесного набухания в толуоле.

В работе предложен алгоритм моделирования процессов структурирования (сшивки) полиизобутилена в процессе его вулканизации и деструкции сшитой полимерной матрицы под действием радиационного облучения, который основан на методе Монте-Карло. В основе подхода лежит имитация структурирования и деструкции каждой молекулы полимера и отслеживания всех процессов, происходящих с ними.

Модель позволяет исследовать физико-механические свойства резин и регенерата, полученного под воздействием ионизирующего излучения, проводить расчет молекулярно-массового распределения и молекулярных характеристик регенерата, а также прогнозировать концентрацию полимерных связей в зависимости от поглощенной дозы. При моделировании процессов приняты допущения, что исследуемые случайные процессы подчиняются равномерному закону распределения.

На основе представленной модели разработан программный комплекс, который позволяет проводить расчет процесса получения радиационного бутилрегенерата. При проведении вычислительного эксперимента исследованы свойства получаемого регенерата в зависимости от поглощенной дозы, при этом показано, что молекулярно-массовое распределение полученного регенерата подчиняется экспоненциальному закону распределения.

Литература:

1. Хаккимуллин Ю.Н. Структура, свойства и применение радиационных регенератов резин на основе бутилкаучука: монография. Казань: КГТУ. 2010. 188 с.
2. Михайлов Г. А., Войтишек А. В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Учебное пособие для студентов вузов. М.: Академия, 2006. 368 с.
3. Tikhomirov S.G., Polevoy P.S., Semenov M.E., Karmanov A.V. Modeling of the destruction process of butyl rubber// Radiation Physics and Chemistry. 2019. V.158. P. 205-208.

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА В КАЗАХСТАНЕ

Атантаева Б.Ж., Айткалиев С.М., Тусупова А.Д., Адильбаев Д.Н., Мусина А.Д.

Центр ядерной медицины и онкологии г. Семей, Республика Казахстан

Медицина с использованием современных высокотехнологичных методов диагностики и лечения невозможна без квалифицированных подготовленных кадров. Чем выше техническая сложность оборудования, тем больше внимания должно уделяться контролю качества оборудования, процессу эксплуатации и обслуживающему персоналу. На сегодняшний день в Казахстане бурное развитие получили отделения лучевой терапии и ядерной медицины. С развитием высокотехнологичных методов диагностики и лечения в онкологической помощи остро встает вопрос о специалистах немедицинского профиля, которые участвуют в лечебном процессе на новейших и в то же время сложных установках. К ним относятся медицинские физики.

Современная медицинская физика занимается изучением систем, состоящих из физических излучений, организма человека и его болезней, лечебных и диагностических аппаратов, препаратов, материалов и технологий, а также использованием физических излучений и приборов для профилактики и диагностики заболеваний, для лечения больных с помощью методов и средств физики, математики и техники.

Современные медицинские аппараты и технологии настолько усложнились, что требуют огромного научного потенциала во всех отраслях медицины. Поэтому медицинские физики непосредственно участвуют в лечебно-диагностическом процессе совместно с врачами, совмещая физико-математические, медицинские и технические знания.

В данное время медицинская физика в Казахстане развивается не на должном уровне. Причиной этого является нехватка квалифицированных медицинских физиков и инженеров по обслуживанию оборудования, средне оснащённость оборудования центров. Чем сложнее оборудование, тем больше ответственности уделяется к контролю качества и работающему персоналу. Для работы на таких высокотехнологичных оборудованьях нужны обученные и квалифицированные сотрудники. Основной проблемой недостатка медицинских физиков в онкологических центрах является в том, что нет должности медицинского физика в номенклатуре должностей ни в одной Министерстве РК, низкая заработная плата, отсутствие системы повышения квалификации и присвоения соответствующей категории.

Медицинский физик должен быть достаточно независим и авторитетен. Без медицинской физики не будет высокотехнологичной, эффективной и точной медицины. Следовательно, необходимо в каждом медицинском учреждении и в стране в целом создать вокруг медицинских физиков такую атмосферу и так организовать систему медико-физической службы, чтобы она была достаточно независимой, авторитетной и таким образом максимально полезной. То есть отделения медицинской физики, центры с одной стороны должны обладать достаточной самостоятельностью, а с другой – не отрываться от клиники.

Прогнозируемые темпы и масштаб развития радиологии и ядерной медицины в республике обещают устойчивый рост потребности в специалистах немедицинского профиля.

В связи с вышесказанным, остро встает вопрос подготовки медицинских физиков, которые будут обладать всеми необходимыми знаниями для качественного оказания онкологической помощи населению.

**МЕТОДЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Быстрыков Ю.К., Медведева З.В., Чакрова Е.Т.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, bystryakov_yuriy@mail.ru

Радиофармацевтические препараты относятся к особой группе фармацевтических препаратов, которые нуждаются в обеспечении такого же качества и микробиологической безопасности, как и любой другой медицинский препарат. Более того, из-за короткого срока годности радиофармпрепаратов уровень микробиологической безопасности и надежность результатов анализов должны быть еще выше.

В работе представлены основные методы микробиологического контроля и условий производственной среды, такие как испытание на стерильность, контроль поверхностей на микробиологическую обсемененность, контроль воздушной среды на микробиологическую обсемененность, определение эндотоксинов и контроль концентрации аэрозольных частиц. Раскрыты вопросы валидации процесса производства, а также основные трудности, связанные с микробиологическим контролем радиофармпрепаратов.

Качественное внедрение микробиологического контроля при производстве радиофармпрепаратов минимизирует риск возникновения различных заболеваний у пациентов, связанных с использованием загрязненной продукции.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК И
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕНСИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Донченко С.И., Коваленко О.И., Тенишев В.П.

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Россия, tenishev@vniiftri.ru

В настоящее время как в научных исследованиях, так и в различных областях техники и промышленности широко применяются источники ионизирующего излучения большой активности. Наиболее востребованными являются источники гамма-излучения на основе радионуклида ^{60}Co и источники электронов и тормозного гамма-излучения на основе ускорителей электронов с энергией в диапазоне от 0,1 до 10 МэВ. Область применения таких источников чрезвычайно широка и включает стерилизацию медицинских изделий, промышленную обработку ионизирующим излучением пищевой и сельскохозяйственной продукции, испытания различных материалов и изделий электронной промышленности на радиационную стойкость и др.

Основным контролируемым и измеряемым параметром в процессах радиационной обработки материалов и продукции является поглощенная в облучаемом объекте доза (ПД). Обеспечение единства измерений в области использования радиационных технологий в Российской Федерации, контроль качества продукции и валидация процесса радиационной обработки невозможны без надлежащей дозиметрии, средств измерений поглощенной дозы с обеспечением прослеживаемости к национальному эталону. С этой целью в ФГУП «ВНИИФТРИ» создан государственный первичный специальный эталон мощности поглощенной дозы интенсивного фотонного, электронного и бета излучений ГЭТ 209-2014, а также методы и средства воспроизведения и передачи единиц мощности поглощенной дозы и поглощенной дозы интенсивных потоков ионизирующего излучения (табл.1).

Метрологическое обеспечение процессов измерений в радиационных технологиях осуществляется с применением стандартных образцов поглощенной дозы утвержденного типа на основе полимерных радиохромных пленок СО ПД(Ф), СО ПД(Э) и на основе активированного никелем силикатного стекла СО ПД(ДТС) (табл.2).

Таблица 1 - Основные характеристики ГЭТ 209-2014

Характеристики	Гамма-излучение	Электронное излучение	Бета-излучение
Энергия излучения, МэВ	0,66 (¹³⁷ Cs), 1,25 (⁶⁰ Co)	от 3 до 10	до 2,26 (⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y)
Мощность поглощенной дозы, Гр/с	от 0,3 до 10 ³	от 10 ² до 2·10 ⁵	от 0,3 до 10 ²
СКО, отн.ед.	2·10 ⁻³	5·10 ⁻³	4·10 ⁻³
НСП, отн.ед.	6·10 ⁻³	2,5·10 ⁻²	1,2·10 ⁻²
Расширенная неопределенность при K=2	8·10 ⁻³	2,4·10 ⁻²	1,4·10 ⁻²

Примечание: СКО - относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при воспроизведении единицы при 20 независимых измерениях; НСП - относительная неисключенная систематическая погрешность.

Таблица 2 - Серийно выпускаемые ФГУП «ВНИИФТРИ» стандартные образцы поглощенной дозы

СО ПД	Диапазон, кГр	Вид излучения	Погрешность, %
СО ПД(Ф)Э-5/50 (ГСО 7904-2001, МСО № 1757:2012)	5 – 50	γ, β, e-	3 – 7
СО ПД(Ф)Р-5/50 (ГСО 7865-2000, МСО № 1735:2011)	5 – 50	γ, β, e-	7 – 12
СО ПД(Ф)Р-30/200 (ГСО 7903-2001)	30 – 200	γ, β, e-	7 – 15
СО ПД(Э)-1/10 (ГСО 8916-2007, МСО №51:2017)	1 – 10	γ, β, e-	7 – 15
СО ПД (ДТС)-0,05/10 (ГСО 9447-2009)	0,05 – 0,6 1 – 10	γ	3 – 7 7 – 15
Индикаторы поглощенной дозы ЦВИД	1 – 50	γ, β, e-	30

Примечание: ГСО – государственный стандартный образец, МСО – международный стандартный образец.

Перечисленные в таблице 2 средства более двадцати лет широко применяются для измерения ПД гамма- и электронного излучений при стерилизации медицинских изделий, при исследованиях радиационной стойкости материалов и электронных изделий и т.д. Гарантируя наивысшую достигнутую степень воспроизводимости результатов измерений, представленные в табл.2 средства обеспечивают измерение ПД и ее распределение по объему при стерилизации медицинских изделий в транспортных коробках, измерение параметров ускоренных электронных пучков: энергии, развертки, равномерности сканирования электронного пучка. ФГУП «ВНИИФТИ» руководствуется правилами стандартов ISO/ASTM по процедуре калибровки средств измерения ПД и обеспечению их прослеживаемости к государственному эталону ГЭТ 209-2014.

ФГУП «ВНИИФТРИ» проводит научно-исследовательские работы как по совершенствованию существующих средств измерений ПД, применяемых в радиационных технологиях, так и по созданию новых средств на основе перспективных радиационно-чувствительных композиций. Основной задачей является расширение диапазона измерений ПД до 10³ кГр. Перспективным направлением также является разработка методов и средств передачи единицы мощности ПД от ГЭТ 209-2014 с применением методов электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

**МОЩНЫЕ УСКОРИТЕЛИ ЭЛЕКТРОНОВ СЕРИИ ИЛУ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Безуглов В.В.¹, Брызгин А.А.^{1,2}, Власов А.Ю.¹, Воронин Л.А.^{1,2}, Коробейников М.В.^{1,2}, Сидоров А.В.¹,
Ткаченко В.О.^{1,2}, Штарклев Е.А.¹*

¹Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Мощные высокочастотные импульсные ускорители электронов серии ИЛУ разрабатываются и выпускаются в Институте ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук с 70-х годов XX века. Эти ускорители генерируют интенсивные пучки релятивистских электронов, которые применяются для модификации различных веществ и материалов в исследовательских организациях и промышленных предприятиях многих стран. ИЯФ является одной из немногих организаций в мире, которые завоевали доверие промышленности стабильной работой своих ускорителей в условиях промышленного производства.

Ускорители ИЛУ-8 с диапазоном энергии 0,8-1 МэВ и мощностью пучка до 20 кВт используются для модификации полимерной изоляции проводов, производства термоусаживаемых трубок и плёнок, а также для производства вспененных полимерных материалов, которые используются в качестве тепло- и звукоизоляции в автомобилестроении и строительстве, а также для производства бытовых изделий (туристических ковриков, шлёпанцев, ...) и детских игрушек.

Ускорители ИЛУ-10 с диапазоном энергии 4-5 МэВ и мощностью пучка до 50 кВт используются для модификации полимерной изоляции проводов и кабелей, производства термоусаживаемых трубок большого диаметра и термоусаживаемых разделочных электротехнических изделий (муфт и перчаток для разделки высоковольтных кабелей), стерилизации медицинских изделий, производства лекарственных средств, деконтаминации фиточаев и обработки драгоценных и полудрагоценных камней.

Ускоритель ИЛУ-14 с диапазоном энергии 7,5-10 МэВ и мощностью пучка до 100 кВт используется для обработки полимерных изделий и контрактного облучения медицинской продукции.

Для ускорителей ИЛУ-10 и ИЛУ-14 разработаны и выпускаются конверторы для генерации тормозного излучения. Проникающая способность тормозного излучения существенно выше, чем у электронного пучка. В режиме генерации тормозного излучения мощные ускорители электронов являются альтернативой изотопным источникам. После выключения ускорители являются электротехническим оборудованием, поэтому к ним не относятся многие ограничения, накладываемые на работы с изотопными источниками.

**НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ
ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА И ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА**

Санжарова Н.И., Кобялко В.О., Полякова И.В., Чиж Т.В.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Обнинск, Россия

Система технического регулирования в странах Европейского Союза (ЕС) рассматривается как эффективная модель для международного сотрудничества, т.к. создавалась для формирования единого экономического пространства. Техническое законодательство ЕС представлено постановлениями, директивами, гармонизированными европейскими стандартами. Существует три вида обязательных законодательных актов: Регламенты – обязательные акты, прямо применяемые во всех государствах-членах ЕС; Директивы – директивы подлежат имплементации в национальном законодательстве; Решения – акты, обязательные для тех, кому они адресованы, не требуют имплементации в национальном законодательстве.

Разработка документов по облучению пищевой продукции базируется на подходах и рекомендациях международных организаций ФАО ООН, МАГАТЭ и ВОЗ. В Директивах и Решениях ЕС в области радиационной обработки пищевых продуктов установлены механизмы контроля облученных продуктов, маркировка, импорт; определяется список продуктов, разрешенных для радиационной обработки и продажи в государствах-членах ЕС, дозиметрические нормы. Большинство государств-членов ЕС не допускают облучение пищевых продуктов, кроме тех, которые включены в список ЕС. Однако, любому государству-члену разрешается сохранять ранее предоставленные разрешения или добавлять новые разрешения.

В Директиве 1999/2/ЕС (Directive 1999/2/EC of the European parliament and of the council of 22 February 1999) ставится вопрос о сближении законов государств-членов ЕС в отношении облученных продуктов питания. Директива применяется к производству, сбыту и импорту облученных продуктов, определяет граничные условия радиационной обработки, требования к источникам ионизирующего излучения, а также правила маркировки, требования к упаковке и др. Для идентификации факта облучения продуктов разработано 9 стандартов. Существующие документы закрепляют возможность применения ионизирующего излучения для обработки пищевых продуктов в ЕС, а также позволяет осуществлять ее выход на рынки не только странам ЕС, но и другим участникам международного сотрудничества.

Европейский опыт был использован при создании Таможенного Союза и, впоследствии, Евразийского экономического сообщества. С 2011 года для технического регулирования в рамках Таможенного союза принята европейская система «нового подхода», которая предусматривает возможность установления в технических регламентах обобщенных требований безопасности, а конкретных требований — в стандартах. Нормативно-техническое регулирование производства и оборота пищевой продукции на территории ЕАЭС осуществляется в соответствии с требованиями Технических регламентов, которые устанавливают обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования.

Анализ документов ЕАЭС в области регулирования применения ионизирующего излучения (ИИ) для обработки пищевой продукции показывает, что нормативная база разработана недостаточно и практически не гармонизирована с международными рекомендациями. Из основополагающих регламентов только в ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» радиационное воздействие включено как способ обеззараживания зерна. Не определив позицию в области применения ионизирующего излучения в основополагающих технических регламентах, ЕАЭС, тем не менее, ввел запрет использования ИИ при производстве и обороте отдельных видов продукции, в частности: в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» введен запрет для 6 видов продукции; в ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» указано, что консервирование «может быть осуществлено только с использованием физических способов, за исключением обработки ионизирующим излучением»; в ТР ТС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» указано: «Маркировка упакованной пищевой рыбной продукции должна содержать следующие сведения - и) информация об использовании ионизирующего излучения (при использовании)».

Принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 августа 2014 г. №69-П) ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» является первым документом, который соответствует международным рекомендациям. Этот документ послужил основанием для разработки в РФ серии стандартов по облучению отдельных видов продукции. Нечеткость позиции ЕАЭС по вопросу применения ИИ, сложившаяся практика запретов, а не определения условий и границ его использования, препятствуют развитию эффективной и безопасной технологии, создает неоправданные затруднения, как для стран-участниц Союза, так и при обороте товаров на международных рынках, в частности, при торговле со странами Юго-Восточной Азии, где радиационные технологии развивается быстрыми темпами.

ОПТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА НА БИОТКАНЬ

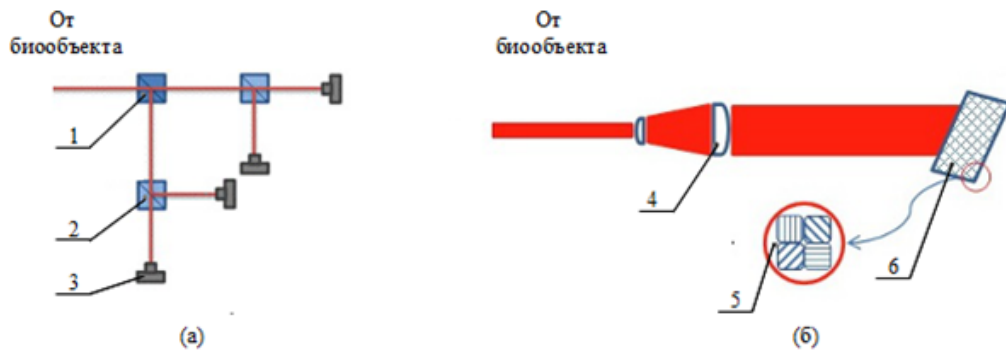
Зильгараева А.К., Нурпеисова Д.А., Авелбекова С.Ш.

Университет «Туран», г. Алматы

Метод разделения пучков для одновременного измерения всех четырех элементов векторов Стокса был введен Азамом [1]. Поляриметры, работающие по этому методу, состоят из нескольких детекторов и светоделителей. Одновременная регистрация изображений уменьшает нежелательные эффекты размытия в образце. Недостатком такого метода может быть то, что фотодетекторы регистрируют разные уровни интенсивности (рис.1. а).

Поляриметры, основанные на разделении изображения в фокальной плоскости диафрагмой, используют набор линз для фокусировки излучения сначала в различных поляризационных фильтрах, а затем в различных фотодетекторах (рис.1б). Они включают набор фотодетекторов, оснащенных микрополяризационными фильтрами (фотодетекторы регистрируют линейное состояние поляризации ОИ для каждого пикселя) [2].

Наиболее чувствительными являются фотоэлектрические Стокс-поляриметры локального типа с оптико-механическими преобразователями поляризации. Такие устройства сегодня обеспечивают разрешающую способность по углу оптического вращения порядка $0,001^\circ$ с точностью $\pm 0.0005^\circ$. Для визуального и количественного анализа биологических структур наиболее подходят компьютеризированные панорамные Мюллер-поляриметры [3,4], являющиеся, однако наиболее габаритными и дорогостоящими, а также требующие специализированного программного обеспечения.



1 – светоделитель, 2 – поляризационный светоделитель, 3,6 – фотодетектор, 4 – коллиматор, 5 – микрофильтр.

Рисунок 1 – Схемы поляриметров: а) с разделением интенсивности; б) с разделением изображения в фокальной плоскости

Рассмотренные устройства могут быть использованы как для классических измерений и контроля качества оптических изделий и кристаллов (линейный и круговой дихроизм, линейное и круговое двулучепреломление), оптически активных растворов (оптическое вращение и концентрация сахара в растворе), так и для исследования широкого спектра образцов химической и биологической природы [5].

Литература:

1. Оптическая и квантовая электроника: Учебное пособие / В. И. Светцов; Иван. гос. хим.-техн. ун-т; Иваново, 2014. 122 с. ISBN No5-9616-0024-6.
2. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика Т.1: М.: Наука. 2016. 559 с.
3. Optical coherence tomography of the human retina / M. Hee, J. Izatt, E. Swanson [et al.] // Archives of ophthalmology. – 2012. – P. 325–332.
4. <https://www.researchgate.net/publication/301712562>.
5. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М.Б. Использование когерентных волн в медицине и биологии // «МИС-РТ», 1998г, сборник №2-2. С. 1216.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ УСКОРИТЕЛЯ ИЛУ-10

¹Бексултанов Ж.И., ¹Данько И.В., ¹Глуценко Н.В., ¹Муқан Ж.Т., ¹Рухин А.Б., ¹Сушкова Н.С. ²Мухамадиев Н.С.,
²Есимов У.О., ²Низамдинова Г.К., ²Куванбаева Б.А.

¹РГП «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:dankoiv@mail.ru

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева»,
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:nurzhan-80@mail.ru

В настоящее время в мире остро стоит вопрос о повышении качества и безопасности пищевой продукции [1]. Специалистами РГП «Институт ядерной физики» совместно со специалистами ТОО «Казахстанский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева» проведены исследования по облучению тормозным излучением семян свеклы сахарной, семян пшеницы на ускорителе ИЛУ-10. Облучение семян производилось через танталовый конвертер. Целью исследования являлось изучения влияния ионизирующего излучения на развитие семян сахарной свеклы и семян пшеницы на ранних этапах онтогенеза. Произведена оценка диапазона поглощенных доз, в котором наблюдается стимуляция развития и роста растений. Оценка результатов производилась по следующим показателям: энергия прорастания семян, всхожесть семян [2], [3]. Облучение произведено в диапазоне доз от 2,1 до 70,7 Гр. Поглощенную дозу ионизирующего излучения оценивали с помощью аланиновых дозиметров на ЭПР-спектрометре ESP-300E фирмы Bruker.

Литература:

1. Technical report by the Bureau of the United Nations Statistical Commission (UNSC) on the process of the development of an indicator framework for the goals and targets of the post-2015 development agenda (Working draft) (англ.). Sustainable Development Knowledge Platform. United Nations (19 March 2015).
2. Семена и посадочный материал сельскохозяйственных культур. Издательство стандартов. Москва 1973 г.
3. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.– М.: Изд-во стандартов, 1986.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ КАКАО-ПОРОШКА

Морозова А.И., Васильева Н.А., Пименов Е.П., Санжарова Н.И.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиэкологии», г. Обнинск, Россия

Для производства какао-порошка используют жмых, оставшийся после отжима масла, который подвергается ряду технологических процедур, таких как прессовка, дробление, измельчение. Таким образом, на каждом этапе технологического процесса идет дополнительное обсеменение какао-порошка микроорганизмами. Какао-порошок содержит в среднем 10-18 г какао-масла на 100 г продукта. Какао-масло очень стойко к окислению кислородом, поэтому для снижения микробной нагрузки готового к реализации продукта целесообразно использовать обработку ионизирующим излучением.

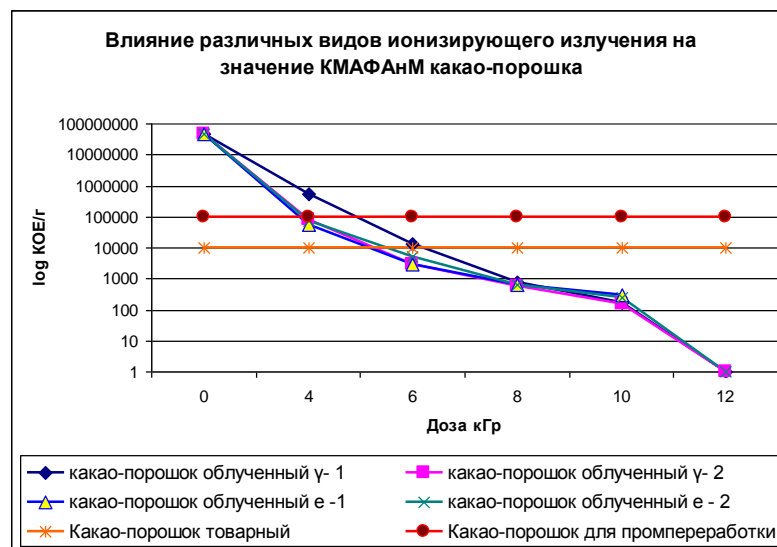
Цель исследований – изучение влияния различных видов излучения на количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в какао-порошке и подбор оптимальных режимов облучения для получения продукта, отвечающего нормам ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Облучение какао-порошка проводили на гамма-установке ГУР-120 в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» и ускорителе электронов УЭЛР–10-15-С-60-1 с максимальной мощностью пучка 15 кВт (ООО «Теклеор»). Для гамма установки мощность дозы излучения

составляла 300 и 1850 кГр/ч. Электронное облучение проводилось при мощности пучка 6 и 10 кВт. Дозы облучения составляли 4 кГр; 6 кГр; 8 кГр; 10 кГр; 12 кГр.

Микробиологический контроль образцов какао-порошка осуществлялся до облучения и сразу после облучения. Посевы культивировались при 30°C в течение 48 часов, далее производился подсчет всех видимых колоний. Полученные результаты обрабатывались статистически с помощью программы Microsoft Excel. Ошибка среднего арифметического не превышала 8%.

Значения КМАФАнМ какао-порошка до облучения превышали допустимые нормы для товарного какао-порошка в 490 раз и какао-порошка для промпереботки в 4880 раза. Для достижения показателей микробиологической безопасности, определенных ТР ТС 021/2011, необходимая доза гамма облучения составила 6 кГр для какао-порошка для промпереботки и 7 кГр для товарного какао-порошка (обработка гамма-облучением с мощностью дозы 300 кГр/ч). Гамма облучение с мощностью дозы 1850 кГр/ч и электронное облучение с мощностью пучка 6 и 10 кВт обеспечили достижение показателей микробиологической безопасности при дозе 5 кГр для какао-порошка для промпереботки и 6 кГр для товарного какао-порошка. На рисунке представлены дозовые зависимости для различных видов облучения, которые показывают снижение показателя КМАФАнМ до значений, которые позволяют использовать какао-порошок для промпереботки или в качестве товарного продукта.



Применение ионизирующего излучения для обеспечения микробиологической безопасности какао-порошка является высокоэффективной технологией, которая обеспечивает соблюдение требований ТР ТС 021/2011. Необходимый эффект достигается в диапазоне доз от 5 до 7 кГр. Облучение на ускорителе электронов показало, что мощность пучка электронов (6 кВт и 10 кВт) существенно не влияет на значения снижения КМАФАнМ. Гамма-облучение мощностью дозы 1850 кГр/ч в дозах от 4 до 6 кГр было в 5 раз эффективней, чем гамма-облучение мощностью 300 кГр/ч.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА МЕДИ ДЛЯ СОРБЦИИ РАДИОНУКЛИДА КОБАЛЬТ-60

Егамедиев С.Х., Хужаев С., Нурбаева Д.А., Нурбаев Б.Б.

Институт Ядерной Физики АН РУз, г.Ташкент, Республика Узбекистан

Кобальт является наиболее радиационно-опасным элементом, который активируется с образованием изотопа кобальт-60, отличающегося высокой энергией гамма-квантов (~1,2 МэВ) и большим периодом полураспада ($T_{1/2}=5,272$ года). Образование радиоактивного изотопа ^{60}Co из ^{59}Co происходит в ядерном реакторе под действием нейтронного излучения.

Например, содержание ^{59}Co в хромоникелевых нержавеющей сталях типа 18-10 составляет около 0,1%. Кобальт, как трудно удаляемая примесь к никелю, всегда содержится в рудах и при любых металлургических процессах переработки попадает в никелевую сталь. Активность радионуклида ^{60}Co после начала эксплуатации АЭС постоянно растёт и достигает равновесного значения примерно через 30 лет. На практике при длительной работе реактора активность ^{60}Co составляет не менее 90% общей активности отложений. Таким образом, имея большой период полураспада, радионуклид ^{60}Co совместно с радионуклидом ^{137}Cs определяют радиационный фон при демонтаже выводимых энергоблоков АЭС после останова работы ядерного реактора [1].

Сульфиды двухвалентных металлов рассматриваются как перспективные материалы для создания селективных сорбентов для извлечения ионов тяжелых металлов и радионуклидов из водных объектов. Так субмикронные частицы сульфидов ZnS и CuS успешно использовали для извлечения меди, кадмия, европия, церия и кобальта из модельных растворов [2,3].

Известно, что функциональные свойства материалов во многом определяются размером и формой частиц, поэтому большое внимание уделяется получению частиц с заданными морфологическими характеристиками. Наиболее простой способ синтеза сульфидов металлов – осаждение из водных растворов солей металлов с помощью сульфида натрия. Однако этот способ получения сульфидов представляет экологическую опасность вследствие образования сероводорода. Поэтому в качестве сульфидирующего реагента, как правило, лучше использовать тиомочевину, которая при нагревании в водном растворе легко гидролизует с образованием S^{2-} , CO_3^{2-} и NH_3 . Образовавшиеся ионы S^{2-} взаимодействуют с катионами металлов с образованием соответствующих тонкодисперсных сульфидов. Однако промышленное применение этих сорбентов сдерживается сложностью их гранулирования с получением зёрен, обладающих достаточной механической прочностью без потери их сорбционной активности и ёмкости. Поэтому для иммобилизации тонкодисперсных сульфидов металлов необходимо использовать в качестве сорбционной матрицы крупнопористые силикагели, которые характеризуются высокой удельной поверхностью и относительной дешёвизной.

Целью настоящей работы является получение и изучение сорбционных свойств сорбента на основе сульфида меди нанесённого на крупнопористый силикагель КСКГ. Изучен способ приготовления сульфидного сорбента на основе $\text{CuS} / \text{SiO}_2$ для селективной сорбции радионуклида ^{60}Co . Изучена зависимость сорбции радионуклида ^{60}Co на силикагеле модифицированным сульфидом меди от мольного соотношения меди и тиомочевины при синтезе сорбентов. Показано, при мольном соотношении тиомочевины и меди 5,5-7,8 в реакционной смеси позволяет получать сорбенты с хорошими характеристиками.

Установлено, что термическая обработка сорбента CuS/SiO_2 после синтеза при температуре 200-220 °С и размол полученного сорбента до радиуса частиц 0,1-0,3 мм обеспечивают количественную адсорбцию радионуклидов кобальта из реальных сточных вод объекта СОРО и при этом степень адсорбции в течение 24 часов достигает 90-93 %.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства Инновационного Развития Республики Узбекистан, грант ФА-Атех-2018 (175+170).

Литература:

1. Ремез В.П., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е, Иошин А.А., Кузнецов С.Б. Повышение эффективности локализации радионуклидов кобальт-60 и цезий-137 из жидких радиоактивных отходов в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности АЭС // Ядерная физика и инжиниринг. -2016. –Т. 7, №2. –С. 129-137.
2. Софронов Д.С., Беликов К.Н., Камнева Н.Н., Брылёва Е.Ю., Булгакова А.В., Чебанов В.А. Получение субмикронных частиц ZnS и их сорбционные свойства. // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2014. –Т.14, вып. 1. – С. 159-165.
3. Булгакова А.В., Софронов Д.С., Брылёва Е.Ю., Беликов К.Н., Чебанов В.А. Извлечении металлов из водных растворов частицами CuS . // Сорбционные и хроматографические процессы. -2015. –Т.15, вып. 3. – С.366-372.

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОЦИФРАТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ
ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ**

Стрекаловский О.В.¹, Каманин Д.В.², Пятков Ю.В.³, Стрекаловский А.О.², Жучко В.Е.²

¹Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

³Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

Начало XXI характерно все ускоряющимися темпами изменения электроника. Улучшение технологических процессов приводит к росту быстродействия, увеличению степени интеграции, уменьшению габаритов, увеличению числа каналов. Возросшая вычислительная мощность позволяет в реальном времени реализовать сложные цифровые методы обработки данных.

Появление многоканальных оцифраторов со скоростями до 5 Г отсчетов в секунду открывает новые возможности, позволяя регистрировать форму сигналов, лежащих в наносекундной области.

Преимущества регистрации формы исследуемого сигнала следующие:

- возможность выделить ситуацию с наложением импульсов и отличить наводки и шумы от сигналов, что является актуальным при поиске редких событий;
- оцифрованные и сохраненные данные могут быть в дальнейшем проанализированы с помощью различных цифровых алгоритмов;
- в многодетекторной установке уменьшается количество соединительных кабелей, разъемов и т.п., что приводит к увеличению надежности, облегчению обслуживания и в целом снижению стоимости на канал;
- длина плеча времяпролетной системы ограничена рабочим диапазоном оцифратора. Применяемые в нашей вакуумной камере длины плеч в десятки мм (время пролета регистрируемого фрагмента лежит в наносекундной области) хорошо согласуются с диапазоном оцифратора 200 нс;
- низкочастотные наводки практически не влияют на определение амплитуды (энергии) короткого наносекундного сигнала детектора;
- применяемые к оцифрованному сигналу алгоритмы позволяют получить временное и энергетическое разрешение не хуже, чем аналогичные разрешения, полученные методами классической аналоговой электроники.

Типичная последовательность операций для обработки оцифрованных сигналов заключается в фильтрации, определении нулевой линии, определении амплитуды или расчете площади сигнала для определения энергии, определение момента временной привязки. Опыт применения оцифраторов DT5742 фирмы CAEN (Italy) показал, что требуется аккуратность в выборе фильтров. Простой медианный фильтр приводит к уменьшению амплитуды и ухудшению временной привязки. Особое внимание требуется при совместной работе нескольких регистраторов.

При переходе к работе со скоростными оцифраторами необходимо быть готовым к существенному увеличению объемов накапливаемых данных. В качестве решения можно рекомендовать терабайтные хранилища и использование сетевой инфраструктуры.

Рассмотрены алгоритмы цифровой обработки сигналов, применяемые в нашей группе в ЛЯР ОИЯИ.

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНА ПРИ ХРАНЕНИИ

Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Чиж Т.В., Сулова О.В.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиозэкологии», г. Обнинск, Россия

Для обеспечения надежной дезинсекции семян при хранении в нашей стране традиционно используют химические средства – контактные инсектициды. Применение химических веществ не всегда эффективно против внутренней зараженности продуктов, а массовое применение фумигантов ведет к появлению форм вредителей, резистентных к используемым химическим веществам [1].

Применение новых альтернативных методов, такого как радиационная дезинсекция сельскохозяйственной продукции, оказалось эффективным для обеззараживания семян без применения ядохимикатов [2-4].

Целью данного исследования являлось изучение влияния ионизирующих излучений на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна.

Объектом исследований являлись насекомое-вредитель – мукоед суринамский (*Oryzaephilus surinamensis*) из семейства Cuscidae и яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сортов Нур и Владимир. Зерно, зараженное вредителем, облучали на установке ГУР-120 в диапазоне доз 150-1000 Гр, мощность дозы излучения 100 и 1800 Гр/ч и на электронном ускорителе (электронное излучение) в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность излучения 100 Гр/имп).

Зараженность зерна определяли по ГОСТ 13586.4-83, качество зерна (содержание золы, протеина, жира, клетчатки, сухого вещества) после облучения - методом диффузной отражательной спектроскопии в ближней ИК-области спектра на ИК-анализаторе «Инфрарид-61». Результаты проведенных экспериментов обработаны с применением пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2003.

В результате исследований установлено, что гамма-облучение *Oryzaephilus surinamensis* (стадия имаго), заселяющего зерно ярового ячменя, в интервале доз 150-1000 Гр (мощность дозы 100 и 1800 Гр/ч), и электронное облучение в диапазоне доз 200-1000 Гр (мощность дозы 100 Гр/имп) приводили к полной гибели насекомого-вредителя через 15 суток после облучения.

Скорость отмирания *Oryzaephilus surinamensis* после облучения зависела от величины дозы и мощности дозы излучения. Показано, что при дозе облучения 250 Гр гибель насекомых-вредителей наступала через 15 сут, при дозах 400-550 Гр – через 9 сут (мощность 100 Гр/ч), при облучении дозами 900-1000 Гр (мощность дозы 1800 Гр/ч) гибель мукоеда суринамского наступала через 6 сут.

Гамма-облучение в дозах 200-600 Гр (мощность дозы 1800 Гр/ч) вызвало увеличение содержания золы в зерне ячменя сорта Нур на 4-6%, а при дозе 800 Гр, напротив, снижение показателя на 5,3% и не оказало влияния на качество зерна ярового ячменя сорта Владимир при облучении в интервале доз 150-1000 Гр (мощности дозы 100 Гр/ч).

Применение электронного излучения в изученном интервале доз статистически значимого снижало содержание жира в зерне ячменя сорта Нур на 14,6% при облучении дозой 750 Гр и повышало на уровне тенденции содержание жира на 11,4% при дозе 1000 Гр.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что различные виды ионизирующего излучения (гамма-излучение и электронное) в интервале доз от 150 до 1000 Гр подавляют жизнеспособность *Oryzaephilus surinamensis*, не снижая при этом существенно качество зерна, и могут быть использованы для дезинсекции зерна и зернопродуктов перед закладкой на хранение.

Литература:

1. Champ, B.R., Dyte, C.E. 1976. Report of the FAO global survey of pesticides susceptibility of stored grain pests. // FAO Plant Production and Protection Series. No. 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 297 pp.
2. Н.Н. Лой, Н.И. Санжарова, С.Н. Гулина, Н.И. Щагина, М.П. Миронова, О.С. Губарева. Влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность насекомых-вредителей и качество зерна и зернопродуктов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки, 2016. – № 6. – С. 53-55.
3. Лой Н.Н. Радиационная дезинсекция / В кн.: Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. - Обнинск, ВНИИРАЭ, 2015. С. 153-171.
4. Chizh, T.V., Loy, N.N., Pavlov, A.N., Vorobyev, M.S. and Doroshkevich, S.Yu. 2018. Low-energy electron beams for protection of grain crops from insect pests and diseases. // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1115 022025 doi :10.1088/1742-6596/1115/2/022025.

ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ НА БАЗЕ ЦИКЛОТРОНА CYCLONE - 30

Сильнягин А.П.

РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан
г. Алматы, Республика Казахстан

В доклад представлено развитие производственной площадки радиоактивных изотопов на территории Института ядерной физики Республики Казахстан на базе ускорителя CYCLONE - 30. Приведена краткая информация о технических характеристиках, производительности и расположения циклотрона и технологического оборудования в корпусе производства радиофармпрепаратов. Циклотрон CYCLONE-30 введен в эксплуатацию в 2016 году. Основными направлениями развития производственной площадки радиоактивных изотопов на базе ускорителя CYCLONE-30 являются: производство изотопа ^{18}F для производства РФП «ФДГ- ^{18}F » и изотопа ^{57}Co для производства балк раствора.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ ТИПА ИЛУ

*Брызгин А.А., Безуглов В.В., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А.,
Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Штарклев Е.А.*

Институт Ядерной Физики СО РАН им. Г.И. Будкера, г. Новосибирск, Россия

ИЯФ разрабатывает и изготавливает для промышленности и исследовательских организаций линейку промышленных ускорителей электронов ИЛУ. Ускорители имеют энергию до 10 МэВ и мощность пучка до 100 кВт. Для создания ускоряющего напряжения до 5 МВ используются одиночные ВЧ резонаторы радиочастотного диапазона. Для ускорителей с энергией более 5 МэВ несколько резонаторов соединяются последовательно. Для ускорителей с энергией 5-7.5 МэВ разработан конвертер тормозного излучения. Эти ускорители широко применяются в промышленности для модификации полимеров и стерилизации одноразовых медицинских исследований. В ближайшем будущем ожидается применение ускорителей ИЛУ для холодной электронной пастеризации пищевых продуктов.

РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВОЙ К
УПОТРЕБЛЕНИЮ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Кобялко В.О., Санжарова Н.И., Полякова И.В., Саруханов В.Я.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск,
Россия

Обеспечение микробиологической безопасности и хранимоспособности мясных полуфабрикатов и готовой к употреблению рыбной продукции одна из наиболее актуальных задач пищевой промышленности. Продукты из измельченного мяса сельскохозяйственных животных и птицы (мясные фарши), а также рыбная продукция (например, рыбные пресервы) вследствие особенностей технологий изготовления (отсутствие тепловой обработки и наличие факторов, способствующих быстрому распространению микроорганизмов в объеме продукта) характеризуются высоким уровнем микробиологического загрязнения, риском для здоровья потребителя и непродолжительными сроками годности. Температурные режимы хранения (охлаждение до +6 °С) слабо препятствуют размножению микроорганизмов, в том числе и опасных возбудителей желудочно-кишечных инфекций, а контроль всех образцов упакованной продукции не представляется возможным. По данным различных экспертных организаций до 20% такой продукции, протестированной на этапе реализации, не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям. Одним из наиболее эффективных инструментов решения этой задачи является радиационная обработка (РО), которая может осуществляться на последнем этапе изготовления продукции, после упаковки. При этом, целостность упаковки, обеспечивающей сохранность достигаемого антимикробного эффекта, не нарушается и обрабатывается весь объем продукта без нагревания. Использование для облучения определенного типа установок с параметрами, которые установлены для пищевой продукции нормативными документами, обеспечивает отсутствие в продукте любой наведенной радиационной активности и опасных концентраций продуктов радиолитиза. В то же время, достижение оптимального антимикробного эффекта при сохранении сенсорных и физико-химических показателей для конкретных видов мясной и рыбной продукции требует максимально точного определения режимов облучения как на гамма-установках, так и электронных ускорителях.

Исследования применения ионизирующего излучения для обработки мясного фарша (говядина + свинина), герметично упакованного в воздушной среде, модифицированной газовой среде (МГС) и вакууме, а так же рыбных пресервов (герметично упакованные кусочки филе рыбы в заливке со специями) показали:

- Для обработки данной продукции можно использовать как гамма-установки, так и электронные ускорители с энергией электронов от 5 до 10 МэВ. В первом случае необходимо поддерживать температуру (до +6°С) в камере облучения продукции в течение времени обработки (до 3 часов в зависимости от мощности гамма-установки и дозы облучения). Во втором – строго соблюдать геометрические размеры упаковок с продуктом (толщина продукта – до 4 см при энергии электронов 10 МэВ) для обеспечения равномерности облучения. В обоих случаях требуются охлаждающие камеры для поддержания условий хранения продукции до и после обработки.

- Снижение уровня микробиологического загрязнения (в 100-1000 раз) отмечается при дозах облучения выше 1,5 кГр, которые так же позволяют инактивировать большинство патогенов и в 2 раза увеличить сроки хранения продукции. РО мясного фарша, герметично упакованного в воздушной среде или МГС, содержащих кислород (обеспечивает потребительский цвет говядины), нельзя проводить в дозах более 2 кГр из-за нарушения сенсорных свойств (происходит изменение окраски, наиболее интенсивно при обработке на электронных ускорителях).

- При РО мясного фарша, упакованного в вакууме и рыбных пресервов, можно использовать дозы облучения до 3 кГр, обеспечивающие надежный антимикробный эффект и гарантированную инактивацию наиболее устойчивых патогенов (микроорганизмов родов *Listeria* и *Salmonella*) при отсутствии нарушения сенсорных показателей и увеличении сроков хранения в 3 раза.

- При использовании указанных режимов РО нарушение физико-химических показателей продукции отсутствует, а пищевая ценность полностью сохраняется.

- РО рыбных пресервов позволяет снизить концентрацию или полностью устранить химические консерванты при изготовлении продукции.

Таким образом, РО мясной и рыбной продукции представляется одним из наиболее эффективных методов обеспечения микробиологической безопасности и увеличения сроков хранения, способствует улучшению снабжения населения качественными продуктами питания. Подобная технология крайне актуальна для организации питания военнослужащих, личного состава МЧС и др. контингентов, осуществляющих профессиональную деятельность в удаленных регионах и экстремальных условиях.

РАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БУТИЛРЕГЕНЕРАТА

Кадменский С.Г.¹, Карманова О.В.², Тихомиров С.Г.², Карманов А.В.³

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

В настоящее время радиационные технологии являются одними из наиболее перспективных, где Российская Федерация имеет существенный научно-технический задел [1]. Их использование находит все большее применение в различных отраслях промышленности, в том числе, ставшей традиционной обработке полимеров и пластиков, обеспечивая получение материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками [2].

При воздействии излучений энергии в полимерах протекают процессы, приводящие к изменению их химического состава и свойств. В зависимости от типа полимера могут протекать процессы структурирования за счет образования химических связей между макромолекулами или деструкция вследствие разрыва связей, приводящая к образованию макромолекул с меньшей молекулярной массой. Реакции деструкции преимущественно преобладают в полимерах (в том числе изделий из них), у которых имеется четвертичный атом углерода. Одним из представителей таких полимеров является наполненный вулканизацией бутилкаучука (БК).

В связи с бурным развитием автомобилестроения в настоящее время в России и других странах резко возросло производство пневматических шин, что неизбежно приводит к образованию отходов резиновых изделий, в том числе резиновых комплектующих оборудования - диафрагм форматоров-вулканизаторов. Полимерной основой диафрагменных резин является бутилкаучук, который обладает уникальным комплексом свойств. Ежегодно в мире образуется около 1 млн. т отходов резин на основе бутилкаучука, в России и странах СНГ около 100 тыс.т. При обработке резин на основе бутилкаучука ионизирующими излучениями и в процессе термомеханообработки благодаря протеканию процессов деструкции можно получать материалы с заданными пласто-эластическими свойствами.

Цель работы – исследование влияния условий получения бутилрегенерата на его свойства для осуществления регулируемой деструкции вулканизатов бутилкаучука.

Технологический процесс получения регенерата радиационным методом из резин на основе бутилкаучука, вулканизованного смолой включает ряд операций: дробление резиновых изделий на частицы размерами не более 5 мм, девулканизация резиновой крошки с помощью ионизирующего излучения, механическая обработка девулканизата.

Для прогнозирования, контроля и управления процессом получения радиационного бутилрегенерата с заданными свойствами осуществлено математическое моделирование процесса деструкции [3]. Получено математическое описание зависимостей изменения вязкости по Муни бутилрегенерата от условий облучения и продолжительности термомеханообработки.

Бутилрегенераты, полученные при дозах 30-50 кГр испытаны в рецептуре герметизирующего слоя грузовых шин. Показано, что при введении до 20 % бутилрегенерата обеспечивается требуемый уровень свойств резин. При испытании бутилрегенератов, полученных при дозах 70-150 кГр в кровельных материалах получены также положительные результаты [4].

Таким образом, разработанная технология получения бутилрегенерата позволяет вернуть в новый технологический цикл ценное углеводородное сырье. Предложенное математическое описание позволяет оценить необходимую дозу облучения и условия термомеханообработки, которые обуславливают требуемые пласто-эластические свойства бутилрегенерата, а также позволяет обеспечить рациональное расходование энергоресурсов.

Литература:

1. Дроздовский В. Ф. Переработка и использование невосстанавливаемых изношенных шин. ООО НПКЦ «Веском». 2018. 370 с.
2. Хаккимуллин Ю.Н. Структура, свойства и применение радиационных регенератов резин на основе бутилкаучука: монография. Казань: КГТУ. 2010. 188 с.
3. Tikhomirov S.G., Karmanova O.V., Podvalny S.L., Khvostov A.A., Karmanov A.V. Research into Kinetics of Radiation Destruction of Elastomers // Advanced Materials & Technologies. No. 2, 2018. P. 9-17.
4. Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Kayushnikov S.N., Shashok Zh.S., Polevoy P.S. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation // Radiation Physics and Chemistry. 2019. V.159. P.154-158.

РАДИОНУКЛИДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ^{228}Ra - ^{228}Ac И ^{140}Ba - ^{140}La ПО РЕВЕРСНО-ТАНДЕМНОЙ СХЕМЕ РАЗДЕЛЕНИЯ

Философов Д.В.¹, Баймуханова А.Е.^{1,2}, Величков А.И.^{1,3}, Дадаханов Ж.А.^{1,4}, Караиванов Д.В.^{1,3}, Маринова А.П.¹, Маринов Г.М.^{1,5}, Темербулатова Н.Т.^{1,2}

¹Объединенный Институт Ядерных Исследований, Лаборатория ядерных проблем им. В.П. Джелепова, 141980, ул. Жолио–Кюри 6, г. Дубна, Россия

²Институт ядерной физики Республики Казахстан, 050032, ул. Ибрагимова 1, Алматы, Казахстан

³Институт ядерных исследований и ядерной энергетики (Болгарская академия наук), 72 Цариградское шоссе, бул. БГ – 1784, София, Болгария

⁴Институт ядерной физики АН Республики Узбекистан, 100214, Ташкент, пос. Улугбек

⁵Кафедра неорганической химии, Софийский университет, София, Болгария

dmitry_filosofov@rambler.ru

Радионуклидные генераторы весьма удобный способ получения радиоактивных изотопов. Дочерние нуклиды из генераторов применяются во многих областях науки и промышленности, особое место занимает их применение в ядерной медицине. Использование такого способа получения радионуклидов позволяет проводить исследования вдали от ядерных установок. Препараты из генераторов отличаются высокой удельной активностью, хорошей радиохимической чистотой.

В данной работе описываются генераторы ^{228}Ra - ^{228}Ac и ^{140}Ba - ^{140}La с организацией разделения по реверсно-тандемной схеме [1,2].

В данных парах радионуклидов материнские изотопы имеют меньшую валентность по отношению к дочерним. В таком случае обычно достаточно сложно подобрать химическую схему выделения для генератора. Реверсная схема работы радионуклидного генератора предполагают прежде всего возможность пропускания элюирующего раствора через колонку в двух направлениях, что препятствует перемещению материнского радионуклида по генераторной колонке. В таком случае удастся использовать химическую систему с меньшим фактором разделения элементов. Дополнительная колонка (тандем) для сорбции дочернего радионуклида позволяет получить химическую форму удобную для непосредственного использования.

Определен оптимальный вариант работы генераторов ^{228}Ra - ^{228}Ac и ^{140}Ba - ^{140}La на основе реверсно-тандемной схемы с периодическим переводом материнского радионуклида в жидкую фазу. В качестве сорбента основной колонки выбран катионит Dowex (50x8), в качестве сорбента тандемной колонки выбрана экстракционная смола DGA (TODGA). В качестве элюирующих сред используются смешанные растворы CH_3COOH - $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, а также растворы минеральных кислот.

Литература:

[1] Filosofov D. V., Loktionova N. S. and Rösch F. *Radiochimica Acta*, 2010, Vol. 98. No.3, pp. 149–156.

[2] Dadakhanov Zh. A., Lebedev N. A., Velichkov A. I. et al. *Radiochimiya*, 2018, Vol. 60, No. 4, pp. 356-366.

РАДИОНУКЛИДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ И $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$

Хужаев С.

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Радионуклиды с коротким периодом полураспада имеют важное практическое значение. Больше всего они используются в медицинской практике. Обеспечение потребностей ядерной медицины в короткоживущих радионуклидах является весьма сложной задачей из-за быстрого их распада. Частично эта задача решается путем производства и использования генераторов короткоживущих радионуклидов.

В Институте ядерной физики АН РУз разработаны технологии получения радионуклидных генераторов $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ и $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$. Если первый генератор используется в основном для диагностических исследований в ядерной медицине, то второй с успехом используется для терапевтических целей. Близость химических и ядерно-физических характеристик дочерних радионуклидов названных генераторов (значение энергии гамма-излучений, 140 кэВ у $^{99\text{m}}\text{Tc}$ и 155 кэВ у ^{188}W) позволяет использовать единую аппаратуру при визуализации органов после введения в организм радиофармацевтического препарата на основе радионуклидов.

Генератор $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$. Радионуклид $^{99\text{m}}\text{Tc}$ является наиболее широко используемым радионуклидом в ядерной медицине. В настоящее время более 85% всех диагностических исследований ядерной медицины выполняется с помощью радионуклида $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Причиной такого широкого применения радионуклида в клинических исследованиях являются его ядерно-физические характеристики, энергия гамма-излучения – 140 кэВ и период полураспада – 6 часов.

Генератор $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ является сорбционным, хроматографического типа со специально приготовленным сорбентом для материнского радионуклида ^{99}Mo на основе сорбента оксида алюминия. Материнский радионуклид ^{99}Mo получали облучением обогащенного изотопа ^{98}Mo нейтронами в реакторе ВВР-СМ (Ташкент). Специфическая активность ^{99}Mo достигала более 5,0 Кюри на грамм молибдена. Выходы $^{99\text{m}}\text{Tc}$ из генераторов оставались высокими (80-85%) в период их использования. Налажена технология регенерации обогащенного изотопа ^{98}Mo из отработанных генераторов и из отходов производства с целью его возврата в процесс производства генераторов $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Генератор $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$. Радионуклид ^{188}Re с периодом полураспада 16,9 час, в настоящее время является привлекательным радионуклидом для радиотерапевтических применений в ядерной медицине. ^{188}Re может быть использован для терапии злокачественных новообразований, костных метастазов, ревматоидных артритов. Радионуклид ^{188}Re получается при распаде материнского радионуклида ^{188}W с периодом полураспада 69,4 д. Материнский радионуклид получается облучением обогащенного изотопа ^{186}W в реакторе нейтронами по реакции поэтапного двойного захвата нейтронов.



При разработке технологии генератора материнский радионуклид ^{188}W получали облучением обогащенного изотопа ^{186}W на реакторах МИР и РБТ-10 в ГНЦ НИИАР (Димитровград РФ). Специфическая активность радионуклида ^{186}W достигала, при этом, до 1,0 Кюри на грамм вольфрама. Генератор $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ является сорбционным, хроматографического типа на оксиде алюминия. Выход дочернего радионуклида ^{188}Re при элюировании из генераторной колонки составлял 70-75%.

РАДИОНУКЛИДЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Кодина Г.Е., Ларенков А.А., Малышева А.О.

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Москва, Россия

Исторически на различных этапах становления и развития ядерной медицины в литературе можно найти сведения о диагностическом применении таких гамма-излучающих радионуклидов как ^{134}La ($T_{1/2} = 6,5$ мин; $E_{\gamma} = 605$ кэВ); ^{139}Ce ($T_{1/2} = 138$ сут; $E_{\gamma} = 166$ кэВ); ^{140}Pr ($T_{1/2} = 3,4$ мин; $E_{\gamma} = 307$ кэВ); ^{144}Pr ($T_{1/2} = 17,3$ мин; $E_{\gamma} = 697$ кэВ); ^{157}Dy ($T_{1/2} = 8,1$ ч; $E_{\gamma} = 326$ кэВ); ^{167}Tm ($T_{1/2} = 9,3$ сут; $E_{\gamma} = 208$ кэВ); ^{169}Yb ($T_{1/2} = 32$ сут; $E_{\gamma} = 63-300$ кэВ); ^{172}Lu ($T_{1/2} = 6,7$ сут; $E_{\gamma} = 1094$ кэВ) и некоторых других. Реально применение в радионуклидной диагностике в 1970-80-е годы нашли только ^{169}Yb и ^{167}Tm . ^{169}Yb использовали в виде комплекса ^{169}Yb -ДТПА для определения скорости клубочковой фильтрации почек при различных заболеваниях, а также для диагностики опухолей головного мозга методом скintiграфии. Некоторые комплексы ^{167}Tm предлагали в качестве основы для остеотропных радиофармпрепаратов (РФП). Однако с появлением аналогичных РФП на основе $^{99\text{m}}\text{Tc}$ использование этих препаратов было прекращено.

В отличие от диагностических процедур радионуклиды РЗЭ оказались весьма эффективными в различных схемах терапии открытыми источниками. Ниже перечислены наиболее полезные из них.

Таблица 1 - Радионуклиды РЗЭ для радионуклидной терапии (РНТ) открытыми источниками

Радионуклид	$T_{1/2}$	Тип распада	Средняя энергия β -излучения и энергии наиболее интенсивных α - и γ -излучений, кэВ
^{47}Sc	3,35 сут	β^-	162; γ 159
^{90}Y	2,7 сут	β^-	980
^{149}Tb	4,1 ч	ЭЗ; β^+ ; α	α 3967; γ 165, 362,3
^{161}Tb	6,9 сут	β^-	593; γ 46, 49, 75
^{153}Sm	46,7 ч	β^-	223,2; γ 103,2
^{159}Gd	18,6 ч	β^-	254; γ 363,3
^{166}Ho	26,8 ч	β^-	668; γ 80,6
^{169}Er	9,4 сут	β^-	99,1
^{170}Tm	128,6 сут	β^-	315,5; γ 84,3
^{175}Yb	4,2 сут	β^-	142; γ 396,3
^{177}Lu	6,7 сут	β^-	136,8; γ 208,4

Наибольший интерес среди терапевтических радионуклидов РЗЭ исследователи проявляют к ^{177}Lu , которому посвящено наибольшее количество современных публикаций в области радионуклидной терапии. Этот радионуклид имеет достаточно «выгодные» с точки зрения РНТ ядерно-физические и химические свойства. Так относительно низкая энергия β^- -излучения обуславливает его невысокую проникающую способность в биологических тканях (пробег < 1 мм), что позволяет использовать ^{177}Lu в терапии опухолей небольшого размера. Значимый выход γ -квантов с энергией около 208 кэВ дает возможность визуализировать биологическое распределение радионуклида и выполнить корректный расчет требуемых и полученных доз облучения органов и тканей. Период полураспада ^{177}Lu (6,6 сут) позволяет осуществлять доставку РФП на достаточно большие расстояния от места их производства. Химические свойства лютеция (Lu^{3+}) хорошо изучены, высокая устойчивость его комплексных соединений с бифункциональными хелатирующими агентами, химическое и биологическое поведение, аналогичное в некоторых случаях таковому для соединений галлия и иттрия, дает возможность применять разработанные ранее методики синтеза меченых соединений, входящих в состав РФП ^{68}Ga и ^{90}Y .

В публикациях последних лет в области ядерной медицины появился термин «Тераностика» (*Theranostics*), применяемый для технологий диагностики и лечения заболевания индивидуального пациента (персонализированная медицина). На основе мультимодальной визуализации (ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ) патологического очага определяются стадия заболевания, тактика лечения и дозировки РФП. Далее мониторинг лечения обуславливает целесообразность применения дополнительных терапевтических инъекций. В радионуклидных тераностических схемах наиболее часто предлагается на основе ПЭТ/КТ исследований, выполненных с ^{68}Ga , проводить РНТ с ^{177}Lu и/или ^{90}Y , что уже успешно использовано в

лечении целого ряда онкологических заболеваний. В настоящее время большие надежды возлагают на РФЛП, содержащие изотопы скандия и тербия: $^{43,44}\text{Sc}$ (ПЭТ) \rightarrow ^{47}Sc (β^- -РНТ, ОФЭКТ); ^{152}Tb (ПЭТ, Оже-электроны) \rightarrow ^{155}Tb (γ , Оже-электроны) \rightarrow ^{161}Tb (β^- -РНТ, Оже-электроны) \rightarrow ^{149}Tb (ПЭТ, α -РНТ). Эти радионуклиды позволяют реализовать тераностические схемы без изменения химического состава РФЛП.

В докладе рассматриваются основные методы получения этих радионуклидов и РФП на их основе. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-03-00262\19).

РАЗВИТИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ИЛУ-10

Данько И.В.

РГП «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:dankoiv@mail.ru

В докладе представлено развитие радиационных технологий в Научно-производственном центре радиационных технологий Института ядерной физики Республики Казахстан на базе ускорителя ИЛУ-10. Приведена краткая информация о технических характеристиках и производительности ускорителя. Ускоритель электронов ИЛУ-10 введен в эксплуатацию в 2018 году. Основными направлениями развития радиационных технологий на базе ускорителя ИЛУ-10 являются [1]: оказание услуг по радиационной обработке изделий медицинского назначения однократного применения в групповой таре с целью стерилизации, разработка технологии радиационной обработки пищевых продуктов, сухих специй, а также радиационная обработка сельскохозяйственной продукции и кормов.

Литература:

1. Брызгин А.А., Безуглов В.В., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А., Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Факторович Б.Л. Промышленные ускорители ИЛУ для облучения пищевых продуктов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – 127-131 с.

**РАЗРАБОТКА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
АГРЕССИВО-УСТОЙЧИВЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Ахундзаде Г.Н., Мамедов Ш.М., Мамедов Д.Ш., Азадалиев А.И.

Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Радиационных Проблем
E-mail: hacivahidd@gmail.com

Способность эластомеров образовывать пространственную сетку под действием излучения высокой энергии была положена в основу метода радиационной сшивании, который используется в эластомерной промышленности.

Рассматривается применение и технологические аспекты радиационно-химической вулканизации бутадиен-нитрильных каучуков в присутствии хлорсодержащих, малеимидов и оксид металлов с использованием γ излучения Co^{60} .

На новых вулканизирующих системах из ароматических хлорсодержащих и малеимидных соединений при радиационно-химическом способе вулканизации подтверждено положение о влиянии определенного сочетания разных типов связей на оптимальный комплекс свойств, показаны пути получения желательных структур и влияние их на свойства.

Вулканизацию изделий осуществляли в прессформах и контейнерах в воздушной среде при комнатной температуре до 500 КГр. Оценка работоспособности уплотнительных деталей проводилась стендовому испытанию и по результатам измерения химической релаксации напряжения, накопления остаточной деформации сжатия и физико-химических характеристик.

Установлено, что наилучшим комплексом свойств обладают терморрадиационная изделия. Показано, что эластомерных материалы, (ЭМ) полученные комбинированным способом превосходят серые ЭМ по сопротивлению тепловому старению на воздухе и в агрессивных средах.

ЭМ полученные по предложенной технологии, могут быть успешно использованы в качестве уплотнительных элементов машин и агрегатов, эксплуатируемых в воде и нефтеносных растворах и при повышенных температурах в сложных динамических режимах нагружения.

Радиационный способ дает возможность легко осуществлять вулканизацию синтетических каучуков, сшивание которых термическим способом затруднено из-за отсутствия двойной связей.

**РАЗРАБОТКА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ
ОКТРЕОТИДА, МЕЧЕНОГО ТЕХНЕЦИЕМ-99М, ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ
ОПУХОЛЕЙ**

*Нестеров Е.А.¹, Стасюк Е.С.¹, Скуридин В.С.¹, Шелихова Е.А.¹, Варламова Н.В.¹, Садкин В.Л.¹,
Рогов А.С.¹, Ларькина М.С.²*

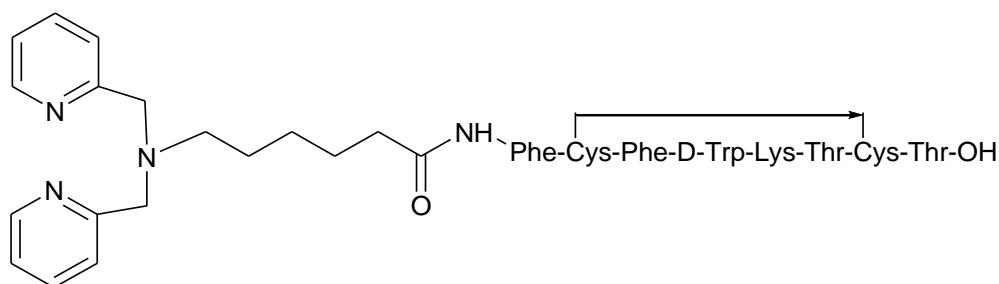
¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский
государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, г. Томск, Россия

Нейроэндокринные опухоли все чаще диагностируются, «как случайные», как часть процессов скрининга, так и симптомов, которые обычно ошибочно принимались за другие расстройства. Диагностическая работа для характеристики поведения и прогноза опухоли ориентирована на гистологические, анатомические и функциональные оценки изображений. Для диагностики и терапии нейроэндокринных опухолей все чаще используют радиоактивно меченые аналоги соматостатина, наиболее успешно у пациентов с рецепторами соматостатина (SSTR) - экспрессирующие нейроэндокринные опухоли.

Для диагностики нейроэндокринных опухолей нами предложен метод создания фармацевтических композиций для диагностики НЭО. Настоящая композиция относится к новым соединениям, включающим октреотид, октреот или другой аналог соматостатина, для целевой доставки в клетки или ткани, экспрессирующие рецепторы соматостатина, а также радиоактивный изотоп технеций-99м. Соединения могут использоваться для доставки диагностических агентов для обнаружения, диагностики или визуализации или терапевтических агентов для лечения пораженных клеток или тканей, которые экспрессируют рецептор соматостатина, таких как нейроэндокринные опухоли. Соединения дополнительно содержат одну или несколько фрагментов хелатора, которые могут быть использованы для прикрепления диагностических или терапевтических радионуклидов, парамагнитных ионов или других диагностических или терапевтических агентов.

Согласно изобретению октреотид модифицируют хелатирующим агентом сукцинимид-1-ил 6-(бис(пиридин-2-илметил)амино)гексаноатом в среде диметилформамида в присутствии триэтиламина при комнатной температуре в течение не менее 24 ч при перемешивании. Полученный раствор очищают полупрепаративно, используя жидкостную хроматографию. Выход ДРАН-модифицированного октреотида (ДРАН-Октреотид) составляет более 80 %, структура которого имеет вид:



При получении комплекса технеция-99м с ДРАН-модифицированным октреотидом для диагностики нейроэндокринных опухолей при взаимодействии семивалентного технеция-99м с двухвалентным оловом в водной среде происходит образование технеция четырех и пятивалентного, для прочного связывания которого пригодны хелатные группы N_2S_2 , N_3S_1 , N_1S_3 , и т.д. Тридентантный (N_3) хелатирующий агент ДРАН не способен прочно связывать технеций-99м указанной валентности, и комплекс будет разрушаться при разбавлении его водой, физиологическим раствором, буферными растворами и т.д., что делает его не пригодным для дальнейшего применения для биологических исследований *in vitro* / *in vivo*. Устранение этого существенного недостатка достигнуто путем применения карбонильного технеция-99м $[^{99m}Tc(H_2O)_3(CO)_3]^+$.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего просвещения Российской Федерации и Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН

Салямов Р.Р.¹, Ирмухаметова Г.С.¹, Бексултанов Ж.²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
пр. аль-Фараби 71, г. Алматы, Казахстан, 050040, rr_salyamov@mail.ru

²Институт ядерной физики Министерства энергетики РК, г. Алматы, Казахстан

В настоящее время в связи с ухудшением климатической ситуации и увеличением численности населения Земли, перед человечеством все острее стоит продовольственная проблема, решение которой позволило бы предотвратить высокую смертность в связи с голодом в таких странах как Китай, Индия, страны Африки и Азии [1].

Пути решения этой проблемы требуют увеличения пищевой базы, а также рациональное потребление в различных регионах. В ряде случаев продовольственная проблема сталкивается с острым дефицитом воды в различных регионах, что подчеркивает необходимость нахождения путей повышения урожайности на территориях аграрного земледелия. Использование полимерных составов позволяет решать проблему с увеличением пищевой базы. Суммарный комплекс свойств самих полимеров вызывает интерес в возможности их применения в самых различных промышленных направлениях. В частности, в аграрной промышленности полимерные гидрогели применяются в качестве наполнителей при дражировании семян, что позволяет более экономично подходить к водообеспечению и уходу за семенами благодаря интенсификации процесса транспортирования воды к семенам и корням растений. Это дает возможность повышения урожайности с рациональным водопотреблением [2].

Целью данной работы является радиационный синтез и характеристика гидрогеля на основе природных и синтетических полимеров: хитозан, крахмал, агар-агар, поливинилпирролидон (ПВП) и разработка технологии дражирования семян в качестве их предпосевной обработки. В работе изучены закономерности радиационного синтеза гидрогелей. Исследована эффективность применения радиационно-сшитой системы хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар в качестве полимерного наполнителя в технологии дражирования семян.

Достоинства радиационной сшивки включают в себя совокупность нескольких технологических процессов в 1 стадии: сшивка полимера, отсутствием остаточных мономеров и низкомолекулярных олигомеров, стерилизации геля (при применении в медицинских целях).

В качестве объектов исследования применялись семена сахарной свеклы, сшитая система хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар и дражированные семена свеклы импортного производства. Радиационно-сшитая система хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар была охарактеризована с точки зрения влияния дозы облучения на степень набухания гидрогеля, выход золь и гель фракций. Также изучалось влияние различных параметров геля и технологии дражирования на влагоудерживающую способность и всхожесть семян.

Изучение степени набухания радиационно-сшитой системы полимерного геля на основе хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар показало, что с увеличением дозы облучения с 25 до 45 кГр степень набухания полимерного геля закономерно уменьшается. При этом выход гель фракции уменьшался с возрастанием дозы облучения.

Разработана технология дражирования семян, основанная на использовании полимерных гидрогелей и комбинированных составов по циклической схеме.

В результате проведенных опытов, было установлено, что наибольшую значимость, с точки зрения дражирования, несет система хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар в минимальной пороговой дозе облучения, с максимально возможной степенью набухания. Система хитозан-ПВП-крахмал-агар-агар также демонстрирует простоту получения, что делает ее более эффективной и экономически целесообразной.

Литература:

1. Роста Д.П., Мира Ч.Н. Историческая демография. 2010.
2. Pedrini S. et al. Seed Coating : Science or Marketing Spin ? // Trends Plant Sci. Elsevier Ltd, 2017. Vol. 22, № 2. P. 106–116.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОГЕЛЕВЫХ ПОВЯЗОК,
АРМИРОВАННЫХ НЕТКАНЫМ МАТЕРИАЛОМ**

Глуценко Н.В., Бексултанов Ж.И., Банных В.И.

РГП «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: Gluchshenko.nikolay@gmail.com

Доклад посвящен разработке технологии производства перевязочных материалов, на основе радиационно-сшитых гидрогелевых полимеров, армированных нетканым материалом. В результате выполненных работ были изготовлены образцы гидрогелевых композиции на нетканой основе (материалы основы - СМС, вискоза и полимерная сетка). Полученные образцы исследовались на водопоглотительные свойства и механические характеристики. На основе данных исследований были выбраны образцы с армирующим материалом - вискоза. Для улучшения водопоглотительных свойств повязок были проведены эксперименты, в ходе которых были определены оптимальные режимы облучения композиций. Была изготовлена опытная партия повязок гидрогелевых стерильных «AQUA DRESS» на нетканой основе и разработан регламент производства этих повязок.

**РЕАКЦИЯ SOLANUM LYCOPERSICUM НА ПРЕДПОСЕВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ
СЕМЯН В РАЗНЫХ ДОЗАХ**

¹Джафаров Э.С., ¹Кареева К.Г., ²Бабаев Г.Г.

¹Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку,
Азербайджан, e-mail: elimkhan.jafarov@gmail.com

²Институт Молекулярной биологии и биотехнологии Национальной Академии Наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан

В работе в общей форме представлены результаты исследований реакции *Solanum lycopersicum* (томат) и его первого поколения к предпосевному γ -облучению семян. При этом семена растения перед первым посевом обрабатывались γ -лучами в дозах от 1 до 400 Гр с применением источника Co^{60} . Мощность дозы во всех случаях составляла 0,048 Гр/сек. Облученные семена вместе с их контрольными образцами выращивались на опытном участке Института растениеводства. Измерения проводились в экстрактах свежесобранных листьев в фазе цветения. В конце вегетационного периода плоды растений собраны и сохранены в специальных условиях для последующего посева (эти семена не облучались). Аналогичные измерения проводились также для растения первого поколения.

Реакция растения и его первого поколения к предпосевному облучению исследовалась на основе изменения, как биометрических показателей растения, так и активностей антиоксидантных ферментных компонентов, таких как супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ) и аскорбатпероксидаза (АРО). При этом исследовалось также содержание антиоксидантного пролина.

Учитывая, что липиды мембран являются одной из мишеней активных форм кислорода, перекисное окисление липидов могут вызывать значительное структурное повреждение мембран, что, несомненно, приведет к нарушениям функции мембранных белков. Известно, что окисление и повреждение мембран вызывает образование нескольких конечных продуктов, а малоновый диальдегид (МДА) является одним из них. При этом степень структурных повреждений определяется уровнем этого продукта. Исходя из таких соображений, исследовали также уровень продукта перекисного окисления липидов мембран клеток – МДА. Предположили, что подобные работы позволят понимать сущность ответных защитных реакций растительных организмов в неблагоприятных для них условиях.

Результаты показали, что для родительского растения *Solanum lycopersicum* γ -облучение семян не вызывает заметных изменений в биометрических показателях. Так как, если не учесть незначительные разбросы, как в размерах, так и в массе продукта не существует доза-зависимых изменений.

Установлено, что для родительского растения с увеличением дозы облучения семян от 1 до 10 Гр в листьях увеличивается содержание МДА, а при больших дозах его высокий уровень остается почти постоянной.

Предположено, что большие дозы облучения вызывают масштабные «разрушения» в липидах мембран клеток, и как следствие этого увеличивается содержание продукта «разрушения».

Еще одним важным результатом наших исследований является то, что предпосевное облучение семян в больших дозах способствует накоплению антиоксидантного пролина, что несомненно играет ключевую роль в защите растения от вредоносного γ -облучения при больших дозах.

Исследование функционирования антиоксидантных ферментов в условиях радиационного стресса показали, что γ -облучение семян вызывает активацию антиоксидантной системы защиты, что сопровождается изменением активности антиоксидантных ферментов. Установлено, что антиоксидантные ферменты в условиях радиационного стресса, в какой-то мере, функционируют координированно и взаимосвязанно. Другими словами, увеличение активности одного фермента происходит на фоне уменьшения другого и наоборот.

Результаты исследований по первому поколению *Solanum lycopersicum* вызывают определенный интерес. Так как, продукты первого поколения этого растения по биометрическим показателям отличается от продукта родительского. Точнее, как размеры, так и массы продуктов для первого поколения несколько (~1,3 раза) ниже, чем родительского. Кроме того, если для родительского растения не существует ярко выраженной зависимости размеров и массы продуктов от дозы облучения, в то время для растения первого поколения размеры и массы продуктов при дозе 50 Гр имеет определенный максимум.

Доза зависимое изменение уровня МДА для первого поколения почти не отличается от тех показателей, что для родительского растения. При этом, как и для родительского, увеличение дозы облучения способствует увеличению уровня МДА. Пролин для первого поколения не имеет заметную роль. Это позволяет предположить, что у родительского растения формируются адаптивные признаки, которые передаются следующему поколению. Такое же поведение характерно и для антиоксидантных ферментов.

РОЛЬ ПЭТ/КТ В НЕЙРООНКОЛОГИИ

Скворцова Т.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мозга человека Российской академии наук им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) позволяет прижизненно неинвазивно изучать различные аспекты патофизиологии опухолей и активно используется в качестве дополнительного, часто решающего, метода диагностики опухолей головного мозга (ОГМ), главным образом, глиального гистогенеза. Внедрение гибридных технологий в виде совмещения ПЭТ с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), значительно повысило диагностические возможности метода. ПЭТ-исследования ОГМ с аналогом глюкозы, меченной фтором 18 – 2-[¹⁸F]-фтор-2-дезоксид-глюкозой (ФДГ), стали первым клиническим применением метода в онкологии, однако, в отличие от других структур, головной мозг обладает физиологически высоким уровнем потребления глюкозы, что порождает определенные ограничения в использовании ФДГ как основного РФП для визуализации ОГМ. С практической точки зрения наиболее информативным оказалось исследование транспорта и метаболизма аминокислот с радиофармпрепаратами (РФП) класса аминокислот, в частности, L-[¹¹C-метил]метионином ([¹¹C]Мет). Основным недостатком этого РФП является необходимость наличия циклотрона в едином комплексе с позитронно-эмиссионным томографом вследствие короткого периода полураспада углерода -11 (20 минут). По этой причине в мире наблюдается активное внедрение аминокислот, меченых фтором-18. В недавних рекомендациях Европейской рабочей группы по ПЭТ-диагностике глиальных опухолей головного мозга [Albert N.L., 2016] в качестве основных агентов в дополнение к ([¹¹C]Мет) были указаны O-(2'-[¹⁸F]фторэтил)-L-тирозин ([¹⁸F]ФЭТ) и 6-[¹⁸F]-фтор-L-3,4-дигидроксифенилаланин ([¹⁸F]ФДОПА). Высокий уровень захвата аминокислот в опухоли происходит за счет усиления их транспорта, что позволяет визуализировать различные виды ОГМ в виде очага гиперфиксации ([¹¹C]Мет или аналогичных РФП, и на этой основе разграничивать опухолевое поражение головного мозга от других заболеваний ЦНС. Накопленный нами опыт практического применения ПЭТ/КТ в нейроонкологии позволил детализировать метаболическую характеристику церебральных глиом разной гистоструктуры и определить информативность ПЭТ/КТ с [¹¹C]Мет в уточнении степени их злокачественности и оценке прогноза. Кроме того, сам по себе повышенный захват ([¹¹C]Мет как бы маркирует опухоль, отделяя её от перифокального отёка и иных изменений, которые не всегда отличимы при традиционной магнитно-резонансной томографии (МРТ), что дает возможность распознать метаболическую неоднородность и геометрическое распространение глиомы, точно очертить границы опухолевого роста и вовлечение в процесс функционально значимых мозговых структур, что считается критически важными моментами при выборе мишени для биопсии, планировании нейрохирургического вмешательства и лучевой терапии. Следовательно, предоперационное представление о виде опухоли, ее биологической агрессивности и величине по данным ПЭТ/КТ имеет первостепенное значение для лечебной тактики, её оперативной, консервативной или комбинированной направленности.

ПЭТ/КТ с [¹¹C]Мет также успешно внедрена для оценки эффективности лечения нейроонкологических больных. При высокой чувствительности МРТ, составляющей около 87,2%-95%, этот метод недостаточно надежен из-за низкой специфичности (23%-62,5%) после проведенных операции, лучевой терапии, радиохимиотерапии, химиотерапии либо различных комбинаций этих методов лечения. Использование комплексного подхода с оценкой структурной основы патологического процесса по результатам МРТ и его патофизиологической составляющей – по данным ПЭТ/КТ с [¹¹C]Мет позволяет успешно дифференцировать рецидив опухоли от побочных эффектов химиолучевой терапии с высокой специфичностью до 98%. Разработанные метаболические критерии ответа опухоли на лечение дали возможность оценить эффективность терапии в более ранние сроки, чем стандартная МРТ. У 65% больных результаты ПЭТ/КТ кардинально повлияли на выбор дальнейшей тактики лечения, что удлинит среднюю продолжительность жизни больных и способствовало снижению неоправданных финансовых расходов и побочных эффектов от неэффективных химиопрепаратов.

Таким образом, применение мультимодального подхода к диагностике ОГМ с подключением к стандартному МРТ-обследованию анализа патофизиологии поражения по данным ПЭТ/КТ с РФП класса аминокислот позволяет точно диагностировать базовый патологический процесс, лежащий в основе развития поражения мозга у больных с опухолями ЦНС при проведении онколитического лечения, что обеспечивает объективные критерии для его своевременной коррекции и повышения эффективности.

**СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЕРЕНОСНЫХ И
СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ООО ЛСРМ**

*Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Кувыкин И.В., Соловьева С.Л., Скубо Ю.В.,
Демина Н.С., Пономаренко Р.А., Федоровский С.Ю.*

Общество с ограниченной ответственностью «Лаборатория спектрометрии и радиометрии»,
141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, р.п. Менделеево

Представлены разработки ООО «ЛСРМ» в области спектрометрического программного обеспечения для переносных и стационарных систем радиационного контроля.

Многофункциональное спектрометрическое ПО семейства SpectraLine предназначено для работы в составе спектрометров альфа, бета и гамма-излучения. Программное обеспечение построено на базе оригинальных алгоритмов обработки. Модульная структура ПО позволяет использовать его в составе измерительных комплексов как инструмент спектрометрического анализа.

Программные комплексы Diogen и LSRM Sporo Stereo для проведения паспортизации РАО, основанные на моделировании эффективности регистрации методом Монте-Карло с помощью ПО EffMaker, позволяют производить контроль радиоактивных отходов как в стандартных защитных контейнерах (200 литровые бочки, невозвратные защитные контейнеры типа НЗК), так и в контейнерах произвольной формы с неравномерным распределением активности. Алгоритмы обработки и проведения измерения подтверждены аттестованной методикой измерения.

Программное обеспечение SpectraLine Heraclitus для спектрометрического и радиометрического мониторинга выполнено в виде надстройки над стандартным программным обеспечением SpectraLine и позволяет выполнять циклические измерения мощности дозы и активности, отслеживать изменение радиационной обстановки в течение времени, задавать уровни срабатывания сигнала тревоги. ПО SpectraLine Heraclitus может быть использовано в системах радиационного контроля АЭС (системы контроля герметичности ТВЭЛов, контроля активности сточных вод) и может быть встроено в АСКРО станции.

GIS LSRM – геоинформационная система радиационного мониторинга территорий позволяющая определять радионуклидный состав исследуемых объектов и производить привязку результатов к картографическим данным.

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ И ВЫВОДОМ ПУЧКА В АТМОСФЕРУ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Шин В.И., Дорошкевич С.Ю., Воробьев М.С., Коваль Н.Н., Сулакшин С.А.

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Приведены возможные применения широкоапертурного (750×150 mm) ускорителя электронов с сетчатым плазменным эмиттером на основе дугового разряда низкого давления и выводом генерируемого пучка большого сечения в атмосферу через выпускное фольговое окно. Сетчатая (слоевая) стабилизация границы эмиссионной плазмы в ускорителях с такими эмиттерами позволяет осуществлять генерацию электронного пучка в широком диапазоне его параметров при слабой их зависимости друг от друга (энергия пучка до 200 кэВ, ток пучка в атмосфере до 30 А, длительность импульсов до 100 мкс, частота следования импульсов до 50 с⁻¹). В частности, проведены предварительные эксперименты по использованию такого пучка с целью облучения сельскохозяйственной продукции, а в частности, зерен кукурузы, ячменя и подсолнечника.

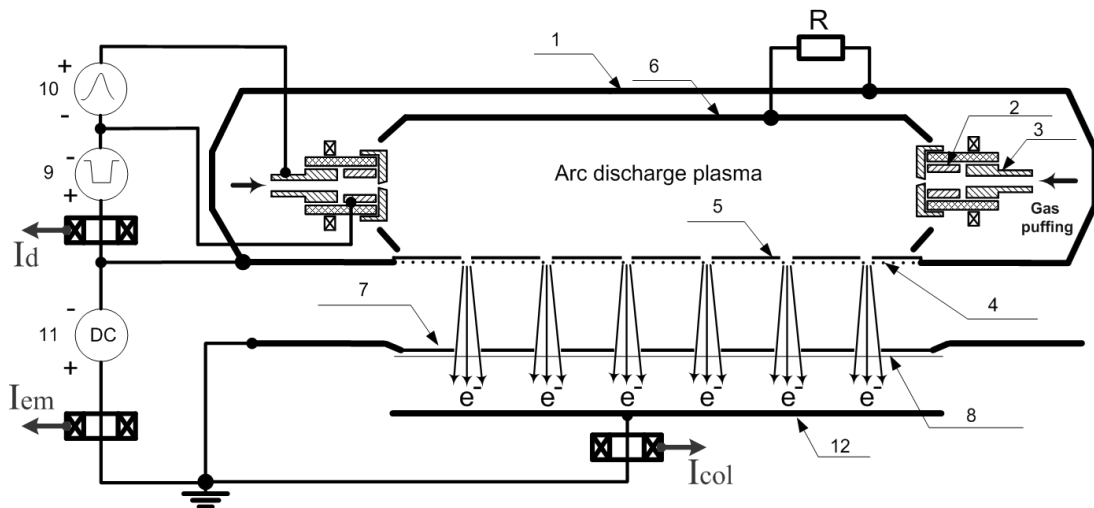


Рисунок 1- Схема источника электронов: 1 – плазменный эмиттер; 2 – катод; 3 – поджигающий электрод; 4 – мелкаясетчатая сетка; 5 – маска; 6 – полый анод; 7 – опорная решетка; 8 – выводная фольга; 9 – источник питания разряда; 10 – источник питания поджига; 11 – высоковольтный источник; 12 – коллектор.

Было замечено, что низкоэнергетические электронные пучки могут использоваться не только для обеззараживания такой продукции от насекомых-вредителей и различных заболеваний, типа, пенициллума или гельминтоспориоза, но и для предпосевного облучения зерна с целью стимуляции его роста, что связано с радиационным воздействием на зародыш этого зерна.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-08-00627.

**ЭНДОМЕТАЛЛОФУЛЛЕРЕНЫ ЛАНТАНОИДОВ И 3D-МЕТАЛЛОВ, РЕНТГЕНО-
ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ Gd, Tb, Pr, Fe, Sc**

*Зиновьев В.Г., Лебедев В.Т., Митропольский И.А., Шуляк Г.И., Сушков П.А.,
Тюкавина Т.М., Окунев И.С., Ершов К.В.*

НИЦ «Курчатовский Институт» - ПИЯФ, г. Гатчина, Россия

Разработана РФА методика определения Fe, Co, Ni, Mn, Mo, Sc, Gd, Tb, Pr в эндофуллерегах. Синтез эндофуллеренов проведен в дуге постоянного тока в среде гелия в лаборатории нейтронных физико-химических исследований, ПИЯФ. В качестве электродов использованы пустотелые графитовые стержни заполненные пиролизатом фталоцианина 3d-металла или порошкообразной смесью оксида лантаноида Ln.

Анализ образцов водных растворов эндофуллеренов 3d-металлов и лантаноидов проведен с помощью рентгеновского спектрометра, состоящего из детектора PGT1000-13 (GmbH) с энергетическим разрешением 200 эВ по Ka излучению Fe 6.4 эВ и спектрометрической системы Ortec. В качестве внешнего источника возбуждения рентгеновского спектра исследуемых образцов использовали источник рентгеновского излучения Xcd9.233 на основе радионуклида кадмий-109 (0.36 ГБк) и закрытого источника гамма-излучения ИГИА-5м-1 с радионуклидом америций-241 ($8.3 \cdot 10^{10}$ Бк). Методика обеспечивает пределы обнаружения 3d-металла и лантаноидов на уровне 1–10 мкг.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Nuclear Physics – Ядерная физика

ABOUT AVERAGE TRANSVERSE FLOW VELOCITIES AND GLOBAL FREEZE-OUT TEMPERATURES IN HIGH-ENERGY CENTRAL CU+CU, AU+AU, AND Pb+Pb COLLISIONS AT RHIC AND LHC <i>Olimov Kh.K., Kanokova Sh.Z.</i>	9
ABOUT THE AVERAGE TRANSVERSE FLOW VELOCITY AND KINETIC FREEZE-OUT TEMPERATURE IN CENTRAL HEAVY-ION COLLISIONS AT HIGH ENERGIES AT RHIC AND LHC EXPERIMENTS <i>Olimov Kh.K., Kanokova Sh.Z., Olimov K., Yuldashev B.S.</i>	10
ALPHA PARTICLE INDUCED FISSION OF ACTINIDES AT INCIDENT ENERGY OF 29 MeV <i>Pan A.N., Kozulin E. M., Kvochkina T.N., Burtebayev N.T., Kovalchuk K.V., Zholdybayeva S.Kh</i>	11
ASYMPTOTIC THEORY OF CHARGED-PARTICLE TRANSFER REACTIONS AND NUCLEAR ASTROPHYSICS <i>Yarmukhamedov R., Tursunmakhatov K.I., Burtebayev N.</i>	11
BRAKE-UP OF FISSION FRAGMENTS AT CROSSING OF METAL FOILS <i>Strekalovsky A.O., Kamanin D.V., Pyatkov Yu.V., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Goryainova Z.I., Malaza V., Kuznetsova E.A., Strekalovsky O.V., Zhuchko V.E.</i>	12
COMBINED PHENOMENOLOGICAL ANALYSIS OF TRANSVERSE MOMENTUM SPECTRA OF PARTICLES IN CENTRAL HEAVY-ION COLLISIONS AT RHIC AND LHC ENERGIES <i>Olimov Kh.K., Kanokova Sh.Z.</i>	13
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COULOMB BARRIER IN HEAVY-ION COLLISIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE MODIFIED DOUBLE-FOLDING MODEL <i>Ganiev O.K., Nasirov A.K.</i>	13
CONTRIBUTION OF AKDENIZ UNIVERSITY TO EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS RESEARCH AND APPLICATION IN TURKEY <i>Boztosun I.</i>	14
DETERMINATION OF THE ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT (NUCLEAR VERTEX CONSTANT) FOR $\alpha+d\rightarrow{}^6\text{Li}$ FROM THE NEW DIRECT MEASURED $d(\alpha,\gamma){}^6\text{Li}$ DATA AND ITS IMPLICATION FOR EXTRAPOLATING THE $d(\alpha,\gamma){}^6\text{Li}$ ASTROPHYSICAL S FACTOR AT EXTREMELY LOW ENERGIES <i>Tursunmakhatov K.I., Yarmukhamedov R.</i>	15
EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN REACTIONS (γ,n) AND $(n,2n)$ ON ${}^{45}\text{Sc}$, ${}^{82}\text{Se}$ AND ${}^{81}\text{Br}$ NUCLEI <i>Palvanov S.R., Kajumov M., Egamova F., Palvanova G.S., Мамаюсупова М.И.</i>	16
EXFOR COMPILATION IN CNDC AND EVALUATION OF PHOTONUCLEAR REACTION CROSS SECTIONS FOR ${}^{90,91,92,94,96}\text{Zr}$ <i>Wang J.M., Tao X., Xu R.R., Tian Y., Jin Y.L., Qian J., Liu L.L., Yu B.S., Ge Z.G., Cai C.H.</i>	16
EXPERIMENTAL STUDIES OF COSMIC RAYS AT THE LABORATORY OF COSMIC RAYS VARIATIONS OF AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY <i>Saduyev N.O., Kalikulov O.A., Oskomov V.V., Shepetov A.L., Mukhamejanov Y.S., Yerezhep N.O., Shinbulatov S.K., Zhumabayev A.I., Utey Sh.B., Baktoraz A.E.</i>	17
FINE STRUCTURE OF β-DECAY STRENGTH FUNCTION $S_{\beta}(E)$, SU(4) REGION AND QUENCHING OF AXIAL-VECTOR WEAK INTERACTION CONSTANT IN HALO NUCLEI <i>Izosimov I.N.</i>	18
HIGH ENERGY COSMIC RAYS <i>Dyusembekova A.S., Tulekov E.A., Morzabayev A.K.</i>	18
INTERACTION OF 30 MeV ENERGY PROTONS WITH NUCLEI OF MASS $A=27-209$ <i>Zholdybayev T.K.</i>	19
INVESTIGATION OF ELASTIC SCATTERING AND NUCLEON TRANSFER IN THE INTERACTION OF DEUTERONS WITH THE ${}^{24-25}\text{Mg}$ NUCLEI <i>Artemov S.V., Burtebayev N., Ergashev F.Kh., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R.</i>	20

INVESTIGATION OF THE ELASTIC SCATTERING OF ^{15}N IONS ON 1-p SHELL NUCLEI	
<i>Burtebayev N., Morzabayev A.K., Amangeldi N., Kerimkulov Zh. K., Mauyey B., Yergaliuly G., Alimov D.K.</i>	21
MEASUREMENT OF THE NEUTRON TOTAL CROSS SECTIONS AT 14 MeV IN WIDE A REGION	
<i>Ergashev F.Kh., Abdullaeva G.A., Artemov S.V., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R., Ruziev E.T., Yuldashev B.S.</i>	21
^{21}Ne STRUCTURE IN THE $^{17}\text{O}(\alpha, \alpha)$ RESONANCE REACTION	
<i>Nauruzbayev D.K., Nurmukhanbetova A.K., Goldberg V.Z., La Cognata Marco, Di Pietro Alessia, Figuera Pierpaolo, Golovkov M.S., Cherubini S., Gulino M., Lamia L., Pizzone R.G., Spartà R., Tumino A., Serikov A., Gazeeva E.M.</i>	23
NEW DATA ON THE $^{12}\text{C}(p, \gamma)^{13}\text{N}$ YIELDS	
<i>Ergashev F.Kh., Artemov S.V., Burtebayev N., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R.</i>	24
NEW EVALUATIONS OF PHOTONUCLEAR DATA IN CENDL	
<i>Tao X., Xu R.R., Wang J.M., Ge Z.G., Yu B.S., Cai C.H.</i>	25
PRELIMINARY EVALUATION FOR FITTING PARAMETERS OF OPTICAL POTENTIAL IN $p+^{11}\text{Li}$ SCATTERING AT 60-70 MeV	
<i>Galanina L., Morzabayev A.K., Alibayeva A.G.</i>	25
RECENT NUCLEAR DATA WORK IN CHINA	
<i>Ge Z.G.</i>	26
ROLE OF THE DYNAMICAL POLARIZATION POTENTIAL IN EXPLAINING THE LOW-ENERGY DATA OF $\text{ALFA}+^{12}\text{C}$ SYSTEM	
<i>Kucuk Y.</i>	27
SCATTERING OF π^{\pm} - AND K^+ - MESONES ON NUCLEI $^{9,10}\text{B}$ WITHIN THE FRAMEWORK OF THE GLUBER THEORY	
<i>Imambekov O., Zhubaev S.T., Serikbayev E., Tusupbekova A.</i>	27
SCATTERING PROBLEMS OF TWO-BODY SYSTEMS	
<i>Odsuren M., Khuukhenkhuu G., Davaa S., Usukhbayar B., Zolbayar A., Kato K.</i>	28
STATUS OF EXFOR ACTIVITY IN INDIA AND EVALUATION OF NEUTRON INDUCED CROSS SECTION	
<i>Devi V.</i>	29
STATUS OF THE VEGA-M SETUP AT THE MT-25 MICROTRONE FOR STUDYING CLUSTER EFFECTS IN HEAVY NUCLEI	
<i>Kamanin D.V., Pyatkov Yu.V., Solodov A.N., Strekalovsky A.O., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Goryainova Z.I., Kuznetsova E.A., Strekalovsky O.V., Zhuchko V.E.</i>	29
STUDY OF FISSION DYNAMICS WITH 3D LANGEVIN APPROACH	
<i>Liu L.L., Wu X.Z., Chen Y.J., Shen C.W., Li Z.X., Ge Z.G.</i>	29
THE ROLE OF THE N/Z – RATIO IN COLLIDING NUCLEI DURING THE FUSION OF SULFUR AND LEAD	
<i>Kayumov B.M., Nasirov A.K.</i>	30
THE STRUCTURE OF C^{13}X_i	
<i>Tada T., Kimura M., Isaka M.</i>	31
TIME-OF-FLIGHT MASS-SPECTROMETRY OF HEAVY IONS: SOME FEATURES OF DATA PROCESSING	
<i>Kamanin D.V., Pyatkov Yu.V., Goryainova Z.I., Zhuchko V.E., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Malaza V., Kuznetsova E.A., Strekalovsky A.O., Strekalovsky O.V.</i>	31
UNCERTAINTY OF COINCIDENCE SUMMING CORRECTION IN GAMMA SPECTROSCOPY	
<i>Otuka N., Semkova V.</i>	32
VISUALIZATION OF THEORETICAL CALCULATION OF NUCLEAR DATA BY NDPLT	
<i>Jin Y. L., Tao X., Wang J.M., Ge Z.G., Xu R.R.</i>	32
АНАЛИЗ РАССЕЯНИЯ ИОНОВ ^3He С ЭНЕРГИЯМИ 50-60 МэВ НА ЯДРЕ ^{14}N	
<i>Буртебаев Н.Т., Дүйсебаев Б.А., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б.М., Нассурла М.</i>	32
АНАЛИЗ УГЛОВЫХ t-γ-КОРРЕЛЯЦИЙ В РЕАКЦИИ $^{27}\text{Al}(\alpha, t \gamma)^{28}\text{Si}(2+)$ ПРИ $E_{\alpha} = 30.3$ МэВ	
<i>Галанина Л.И., Зеленская Н.С., Лебедев В.М., Орлова Н.В., Спасский А.В., Алибаева А.Г.</i>	33

ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКА НЕКОТОРЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Зазулин Д.М., Кемелжанова С.Е., Ормантаев О.С., Эзау П.Д......34

ЗАВИСИМОСТЬ ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ π^- -МЕЗОНОВ В $p^{12}C$ - И $\pi^{12}C$ -СОУДАРЕНИЯХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ ОТ СТЕПЕНИ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЙ

Олимов К., Гуламов К.Г., Олимов Х.К., Лутпуллаев С.Л., Фазылов М.И., Олимов А.К......35

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МКП-ДЕТЕКТОРА

Азнабаев Д., Смирнов В.И., Пенионжкевич Ю.Э., Исатов А., Мендибаев К., Исатаев Т......36

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Искаков Б.А., Аргынова А.Х., Аргынова К.А., Бейсенова А., Застрожна Н.Н., Пискаль В.В., Салихов Н.М., Тастанова К., Таутаев Е.М., Хабаргельдина М......36

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ГИБРИДНОГО ИОНИЗАЦИОННОГО КАЛОРИМЕТРА

Садыков Т.Х., Аргынова А.Х., Аргынова К.А., Бейсенова А.Д., Застрожна Н.Н., Искаков Б.А., Пискаль В.В., Рябов В.А., Садыков Ж.Т., Тастанова К., Таутаев Е.М., Хабаргельдина М......37

ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ЭМИССИИ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОНОВ 3He С ЯДРАМИ ^{27}Al , ^{59}Co , ^{112}Sn ПРИ ЭНЕРГИИ 50 МэВ

Усабаева Г., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б.М......38

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ ИЗОТОПОВ ГЕЛИЯ С ЯДРАМИ 9Be

Буртебаев Н., Сакута С.Б., Галанина Л.И., Глуценко Н.В., Буртебаева Д.Т., Насурлла Маулен, Ходжаев Р....39

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ИОНОВ ^{14}N НА ЯДРАХ ^{10}B ПРИ 24.5 – 93.6 МэВ

Алимов Д.К., Буртебаев Н., Бозтосун И., Керимкулов Ж.К., Амангелді Н., Мухамеджанов Е., Жансейтов Д., Насурлла М., Курахмедов А., Ходжаев Р., Сабидолда А......40

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЯНИЯ ДЕЙТРОНОВ НА ЯДРАХ 9Be ПРИ ЭНЕРГИИ $E_{d lab} = 14,5$ МэВ

Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Джансейтов Д.К., Демьянова А.С., Галанина Л.И., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Амангелді Н., Насурлла М., Талпакова К., Ходжаев Р., Сабидолда А......41

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ НА УСТАНОВКЕ ALMARAC

Таутаев Е.М., Аргынова А.Х., Аргынова К.А., Бейсенова А., Застрожна Н.Н., Пискаль В.В., Садыков Ж.Т., Салихов Н.М., Тастанова К., Искаков Б.А., Хабаргельдина М......41

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ (p, α) НА ЯДРЕ ^{58}Ni ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ 30 МэВ

Жолдыбаев Т.К., Садыков Б.М., Насурлла М., Муқан Ж., Дуйсебаев Б.А., Жумадилов И......42

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ (d, t) НА ЯДРАХ ^{11}B ПРИ ЭНЕРГИИ 14,5 МэВ

Насурлла Маулен, Буртебаев Н., Сакута С.Б., Керимкулов Ж.К., Буртебаева Д.Т., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Насурлла Маржан, Сабидолда А., Ходжаев Р......43

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА $p^{12}C$ ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Зазулин Д.М., Буртебаев Н., Петерсон Р.Ж., Артемов С.В., Игамов С., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Насурлла Маржан, Насурлла Маулен, Сабидолда А., Ходжаев Р......44

ОБРАЗОВАНИЕ π^- -МЕЗОНОВ В СОУДАРЕНИЯХ НУКЛОНОВ И ЛЕГКИХ ЯДЕР (d, α, C) С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4.2 ГэВ/с НА НУКЛОН

Юлдашев Б.С., Олимов К., Бозоров Э.Х., Олимов Х.К., Каршиев Д.А., Тожимаматов Ш.Д., Алибаев А.Г......44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРА УСИЛЕНИЯ И ПОТЕНЦИЛА ЭЛЕКТРОННОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ В РЕАКЦИИ $^2He(^3He, p)^4He$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЙТЕРИРОВАННЫХ ТИТАНОВЫХ МИШЕНЕЙ

Быстрицкий В.М., Дудкин Г.Н., Чумаков Д.К., Филипович М., Филипов А.В., Нечаев Б.А., Нуркин А., Падалко В.Н., Пеньков Ф.М., Тулеушев Ю.Ж., Варлачев В.А., Жаканбаев Е.А......45

ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОГО ЦИКЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТ ПИТАНИЯ ДО ОЦИФРОВКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Бредихин И......46

ОСОБЕННОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ЯДЕР	
<i>Федосимова А.И., Абишев М.Е., Кожамкулов Т.А., Лебедев И.А.</i>	47
ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГРАНИЦ ЭФФЕКТА МОДУЛЯЦИИ В УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ РАССЕЯННЫХ АЛЬФА-ЧАСТИЦ ЛЕГКИМИ ЯДРАМИ	
<i>Дюсебаева К.С., Дьячков В.В., Ахметжанова М.М., Юшков А.В., Зарипова Ю.А.</i>	48
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА КАЗАХСТАН – ЦЕРН	
<i>Буртебаев Н., Кожамкулов Т.А., Рамазанов Т.С.</i>	49
ПРИВЕДЕННЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ E1- И E2-ПЕРЕХОДОВ В СПЕКТРЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЧЕТНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ ЯДЕР	
<i>Надирбеков М.С., Кудиратов С.Н., Темиров Ф.Н.</i>	49
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКИ К НЕКОТОРЫМ СИСТЕМАМ, ОПИСАННЫМ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДУАЛЬНОСТЕЙ	
<i>Зазулин Д.М., Кемелжанова С.Е., Ормантаев О.С., Эзау П.Д.</i>	50
РАССЕЯНИЕ α-ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ ^{14}B ПРИ ЭНЕРГИИ 40 МэВ И РОЛЬ ОБМЕННОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРЕДАЧЕЙ ^7Li	
<i>Буртебаев Н., Нассурлла Маулен, Нассурлла Маржан, Садуев Н., Сабидолда А., Зазулин Д., Садыков Т.Х., Сакута С.Б., Трчинска А., Волинска-Цихоска М.</i>	50
СКОРОСТЬ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА $\alpha+d\rightarrow^6\text{Li}+\gamma$ И ПЕРВИЧНАЯ РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТА ^6Li В МОДЕЛИ ТРЕХ ТЕЛ	
<i>Турсунов Э.М., Туракулов С.А.</i>	51
СПЕКТРЫ ПРОТОНОВ И ПОДПОРОГОВЫХ ПИОНОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ С НЕРАВНОВЕСНЫМ УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ	
<i>Дьяченко А.Т., Митропольский И.А.</i>	53
СТАТУС TRC ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА MPD/NICA	
<i>Аверьянов А.В., Бажажин А.Г., Верецагин С.В., Запорожец С.А., Зрюев В.Н., Кирюшин Ю.Т., Колесников А.О., Лукстиньш Ю., Мовчан С.А., Пиляр А.В., Разин С.В., Рыбаков А.А., Самсонов В.А., Фатеев О.В., Чепурнов В.Ф., Чепурнов В.В., Черемухина Г.А.</i>	53
ЭМИССИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ПРОТОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ	
<i>Дьяченко А.Т., Митропольский И.А.</i>	55
ЭМИССИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕАКЦИЯХ С ПРОТОНАМИ НА ЯДРЕ ^{103}Rh ПРИ ЭНЕРГИИ 30 МэВ	
<i>Алиева Г., Кабрахимова Г.Д., Садыков Б.М., Насурлла М., Жолдыбаев Т.К.</i>	55
2. Materials Science and Radiation Solid State Physics – Радиационная физика твердого тела и проблемы материаловедения	
APPLICATION OF THE METHOD OF RAMAN SCATTERING OF LIGHT IN GASE CRYSTALS BEFORE AND AFTER ION IMPLANTATION OF 70 KeV HYDROGEN	
<i>Madatov R.S., Jahangirov M.M., Gadzhiyeva S.A., Isgandarova L.E.</i>	58
APPROACH TO MODELING OF A DETECTOR FROM HIGHLY PURE GERMANY	
<i>Popov Yu.A., Prozorova I.V., Prozorov A.A.</i>	59
EPITHERMAL NEUTRONS ENERGY TRANSFER PROCESS TO NANO-SILICON	
<i>Garibov A.A., Garibli A.A.</i>	60
FEATURES OF PHOTOELECTRIC AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF GaS MONOCRYSTAL WITH DOPED RARE EARTH ELEMENTS (YB, SM)	
<i>Madatov R.S., Tagiyev T.B., Khaliqzadeh A.Sh.</i>	61
HYDROGEN PICK-UP IN Zr-BASED ALLOYS AFTER COMPRESSION PLASMA FLOWS IMPACT	
<i>Shymanski V.I., Uglov V.V., Kislitsin S.B., Skuratov V.A., Neethling J.H., Janse van Vuuren A., O'Connel J.H., Ngongo S., Astashynski V.M.</i>	63

INFLUENCE OF RADIATION DEFECTS ON THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS OF HIGH-INTENSITY PULSED ION BEAM	
<i>Pushkarev A.I., Prima A.I., ZHU X.P., ZHANG C.C., LEI M.K.</i>	64
METAL-INSULATOR TRANSITIONS AND THEIR MANIFESTATION IN VARIOUS HIGH-TC CUPRATE SUPERCONDUCTORS	
<i>Dzhumanov S., Kurbanov U.T.</i>	65
MICROSCOPIC SURFACE INVESTIGATION OF INITIAL, ANNEALING AND IRRADIATED BY γ-QUANTAS OF Cu-Tl-X (x = S, Se)	
<i>Medatov R.S., Baylarov Kh.B., Mamishova R.M.</i>	65
MODERN STATUS OF RADIATION MATERIAL SCIENCE IN UKRAINE	
<i>Voyevodin V., Tolstolutska G., Belous V., Tikhonovsky M.</i>	66
PRODUCTION OF HIGH INTENSE BEAMS OF METALLIC IONS BY MIVOC METHOD	
<i>Ivanov I.A., Kislitsin S.B., Sambayev Y.K., Zdorovets M.V., Koloberdin M.V., Kurakhmedov A.E., Mustafin D.A., Abdigaliyev M.B., Loginov V.N., Bogomolov S.L., Bondarchenko A.E.</i>	67
PSEUDOGAP PHENOMENA AND NOVEL ISOTOPE EFFECTS ON THE PSEUDOGAP FORMATION TEMPERATURE IN HIGH-T_c CUPRATE SUPERCONDUCTORS	
<i>Djumanov Sh.S.</i>	68
ROENTGENDOSIMETRIC CHARACTERISTICS OF AgGaS_{2x}Se_{2-2x} SINGLE CRY STALS	
<i>Asadov S.M., Mustafaeva S.N.</i>	69
SUPERIONIC CONDUCTIVITY OF(TlGaSe₂)1-X(TlInS₂)X MIXED CRYSTALS INDUCED BY γ – IRRADIATION	
<i>Sardarli R.M., Salmanov F.T., Aliyeva N.A., Mammadov R.A.</i>	70
TEMPLATE SYNTHESIS AND THERMAL ANNEALING OF COMPOSITE MEMBRANES PREPARED WITH GREEN CHEMISTRY APPROACHES	
<i>Mashentseva A.A., Krekesheva A.R., Krasnov V.A., Khasen T.G., Zhumazhanova A.T.</i>	71
THE EFFECT OF GAMMA-RAYS ON THE ELECTRICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF THE LAYERED GaSe SINGLE CRYSTALS	
<i>Madatov R.S., Hajiyeva S.A., Mammadov M.A.</i>	72
THE EFFECT OF IRRADIATION WITH SWIFT HEAVY IONS ON THE STRUCTURAL PROPERTIES OF BERYLLIUM OXIDE CERAMICS	
<i>Ryskulov A.E., Kozlovskiy A.L., Kislitsin S.B., Zdorovets M.V.</i>	73
THE OBTAINING AND RESEARCH OF ELECTRODE COATINGS FOR FLEXIBLE SEMICONDUCTOR DEVICES	
<i>Zhantuarov S.R., Chuchvaga N.A., Zholdybaev K.S., Shongalova A.K., Tokmoldin N.S.</i>	73
ВЛИЯНИЕ γ-ОБЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ ВОЛЬФРАМАТА СВИНЦА PbWO₄(PWO)	
<i>Ашуров М.Х., Нуритдинов И., Саидахмедов К.Х., Исмоилов Ш.Х.</i>	74
ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА С ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ И НАНО-α-Fe₃O₄	
<i>Байрамов М.Н., Магеррамов А.М., Нуриев М.А., Алиев Н.Ш., Мамедов Б.А.</i>	75
ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК SnO₂	
<i>Дмитриева Е.А., Грушевская Е.А., Мухамедшина Д.М., Мить К.А., Лебедев И.А.</i>	76
ВЛИЯНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ГАММА-АЛЬФА ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВЫСОКООБЛУЧЁННЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Мережко М.С., Мережко Д.А., Максимкин О.П.</i>	77
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ИРИДИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК	
<i>Бекмурат Ф., Рягузов А.П.</i>	77
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ АМОРФНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПЛЕНОК	
<i>Әсембаева Ә.Р., Рягузов А.П., Немкаева Р.Р., Гусейнов Н.Р.</i>	78

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПЫТАНИЯ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МАРТЕНСИТНОГО $\gamma \rightarrow \alpha$ ПЕРЕХОДА ПРИ ДЕФОРМАЦИИ РЕАКТОРНЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Нурғали Е.Е., Максимкин О.П.</i>	79
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ γ- КВАНТАМИ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ GaS	
<i>Тагиев Т.Б.</i>	80
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЛЕГКИМИ И ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ Zr/WN	
<i>Алдабергенова Т.М., Акаев А.О., Ларионов А.С., Рыскулов А., Кислицин С.Б., Карпиков А.Н.</i>	80
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНАМИ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И СТОЙКОСТЬ К КОРРОЗИИ СТАЛИ 12X18H10T	
<i>Яровчук А.В., Максимкин О.П.</i>	82
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ НА СОСТОЯНИЕ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТ В $BaCe_{0.85}Nd_{0.15}O_{2.925}$	
<i>Хромушин И.В., Аксенова Т.И.</i>	82
ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА ПОВЕРХНОСТИ В СМЕШАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ NANO $Al_2O_3 + CuO$ - В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛЕНИЯ	
<i>Гасанов С.Х., Мустафаев И.И., Махмудов Н.М.</i>	83
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Купчишин А.И., Таипова Б.Г., Тронин Б.А., Шаханов К.Ш., Герасимненко Н.Н.</i>	84
ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПЛЕНОК SnO_2	
<i>Дмитриева Е.А., Грушевская Е.А., Лебедев И.А., Томпакова Н.М., Серикканов А.С.</i>	85
ВЫДЕЛЕНИЕ СИГНАЛА ИЗ ШУМА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПЕКТРОВ НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР	
<i>Федосимова А.И., Байтимбетова Б.А., Дмитриева Е.А., Лебедев И.А., Темиралиев А.Т.</i>	86
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРОЗИЯ УРАН-ГРАФИТОВОГО ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИГР В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРЕВА	
<i>Бочков В.С., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Коянбаев Е.Т., Сапатаев Е.Е., Бельдеубаев А.Ж.</i>	87
ГАММА-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ И СВЕЧЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ЧИСТЫХ $Lu_3Al_5O_{12}$ И АКТИВИРОВАННЫХ $Lu_3Al_5O_{12}:Pr$	
<i>Исламов А.Х., Ибрагимова Э.М., Хайитов И.А., Вильданов Р.Р., Кудратов Х.Н.</i>	87
ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА ОТ СООТНОШЕНИЯ $m(H_2O)/m(SiO_2)$ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ γ-КВАНТОВ НА СИСТЕМУ НАНО- SiO_2/H_2O	
<i>Джафаров Я.Д., Мирзоев В.С., Алиев С.М., Эюбов К.Т.</i>	88
ИЗУЧЕНИЕ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ	
<i>Ермекова А.Е., Козловский А.Л., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i>	89
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В НИТРИДНЫХ КЕРАМИКАХ	
<i>Козловский А.Л., Здоровец М.В.</i>	90
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ НАПРАВЛЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ FeNi НАНОСТРУКТУР	
<i>Боргеков Д.Б., Козловский А.Л., Здоровец М.В.</i>	90
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ YSZ, ОБЛУЧЕННОГО ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ	
<i>Аксенова Т.И., Хромушин И.В.</i>	91
ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЦЕНОСФЕР ЛЕТУЧИХ ЗОЛ ТИПА С	
<i>Шоканов А.К., Верещак М.Ф., Манакова И.А.</i>	92
ИК- СПЕКТРЫ γ-ОБЛУЧЕННЫХ НАНО КОМПОЗИТОВ СВМПЭ/α- SiO_2	
<i>Кулиев М.М., Исмайлова Р.С.</i>	93
ИОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕЙТРОННО-ПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ БОРИДОВ ТИТАНА	
<i>Карпиков А.Н., Кислицин С.Б., Ларионов А.С., Чекушина Л.В.</i>	94

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ И ОБЛУЧЕНИЯ НА СВЕТОВОХОД КРИСТАЛЛОВ YSO:Ce³⁺ И GSO:Ce³⁺ <i>Нурутдинов И., Эсанов З.У., Саидахмедов К.Х.</i>	95
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ Ni НАНОСТРУКТУР <i>Шлимас Д.И., Козловский А.Л., Кадыржанов К.К., Здоровец М.В.</i>	96
ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДАНСНОГО СПЕКТРА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛА TlInS₂ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНАМИ ВОДОРОДА И ГЕЛИЯ <i>Самедов О.А., Самедов С.Ф., Кулик М., Алекперов О.З., Наджафов А.И., Колодйинска Д., Олжсниджас А., Мехтиев Н.М.</i>	97
ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ИОННЫМ ПУЧКОМ В МЕТАЛЛАХ <i>Прима А., Пушкарёв А., Зырянова Р., Передей Н., Медведский В.</i>	98
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ НЕОБЛУЧЕННЫХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ И ОБЛУЧЕННЫХ БИОМАТЕРИАЛОВ <i>Купчишин А. И., Есырев О.В., Ходарина Н.Н., Таипова Б.Г., Ниязов Н.М.</i>	99
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ HF-C <i>Тулешев Ю.Ж., Володин В.Н., Жаканбаев Е.А., Суслов Е.Е., Сарсенбаева К.Б., Оракова М.С.</i>	100
ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ <i>Манакова И.А., Верещак М.Ф., Шоканов А.К.</i>	101
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК АМОРФНОГО УГЛЕРОДА МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ <i>Кудабаева М.А., Рязузов А.П.</i>	102
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ СКАНДАТА ЛАНТАНА <i>Хромушин И.В., Аксенова Т.И.</i>	103
К ВОПРОСУ ГОФРИРОВАННОСТИ ЗОНЫ В КОМПЕНСИРОВАННОМ КРЕМНИИ <i>Ташметов М.Ю., Махмудов Ш.А., Одилова Н.Ж., Сулаймонов А.А., Рафииков А.К., Мирзарайимов Ж.З., Абдурайимов Б.Ж.</i>	104
КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИНЕЙНЫХ ПОЛИМЕРОВ <i>Воронова Н.А., Купчишин А.И., Ниязов М.Н., Кирдяшкин В.И., Герасименко Н.Н.</i>	106
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ГРАФЕНА <i>Тулегенова М.А., Ильин А.М., Гусейнов Н.Р., Куанышбеков Т.К.</i>	107
МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В УГЛЯХ КАЗАХСТАНА <i>Верещак М.Ф., Манакова И.А., Шоканов А.К.</i>	108
МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 304 СТАЛИ, ОБЛУЧЕННОЙ ИОНАМИ ⁵⁷Fe <i>Бедельбекова К.А., Озерной А.Н., Верещак М.Ф., Манакова И.А., Дегтярева А.С.</i>	109
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УГЛЕРОДА С ВНЕДРЕННЫМИ АТОМАМИ ВОДОРОДА В КЛАСТЕРАХ SI₂₈CH_xH₃₆ И SI₃₃CH_xH₃₆ (X=1÷4) <i>Ташметов М.Ю., Махкамов Ш.М., Умарова Ф.Т., Сулайманов Н.Т., Нормуродов А.Б.</i>	110
МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ РАДИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ, ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ <i>Купчишин А.И., Шафши С.А., Шмыгалева Т.А.</i>	111
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСЫЩЕНИЯ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗОТОПАМИ ВОДОРОДА <i>Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А., Чихрай Е.В., Аскербеков С.К.</i>	112
МОДИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ИНТЕНСИВНЫМ ПУЧКОМ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ <i>Брызгин А.А., Коробейников М.В., Михайленко М.А.</i>	112
НАНОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО ТАНТАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ <i>Тулешев Ю.Ж., Володин В.Н., Жаканбаев Е.А.</i>	113

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$	
<i>Рахманов С.Дж., Хидиров И., Махмудов Ш.А., Джуманов С., Гетманский В.В.</i>	113
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БОРИДА ТИТАНА НА СТАЛИ .	
<i>Кислицин С.Б., Потеев А.И., Клопотов А.А., Ларионов А.С., Алдабергенова Т.М.</i>	115
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА Ni-Ti, МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ АРГОНА МЭВ ЭНЕРГИИ	
<i>Полтавцева В.П., Ларионов А.С., Сатпаев Д.А.</i>	116
ПРЕДЕЛЫ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТВЕРЖДЕННЫХ КОМПАУНДОВ	
<i>Брызгин А.А., Коробейников М.В., Михайленко М.А.</i>	117
РАДИАЦИОННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ИТТЕРБИЕВЫХ ЦЕНТРОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ И НАНОКЕРАМИКАХ НА ОСНОВЕ CaF_2-YbF_3	
<i>Аишуров М.Х., Нурутдинов И., Саидахмедов К.Х., Бойбобоева С.Т.</i>	118
РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Гусев Т.</i>	119
РАДИАЦИОННО-ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДЫ В ПРИСУТСТВИИ НАНО-Zr	
<i>Агаев Т.Н., Гусейнов В.И., Сабзалиев С.А.</i>	120
РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ В ГАММА ОБЛУЧЕННОМ НАНО-ZrO₂	
<i>Агаев Т.Н., Иманова Г.Т., Сабзалиев С.А.</i>	121
РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАНОМАТЕРИАЛАХ НА ПРИМЕРЕ АСБЕСТОВЫХ НАНОТРУБОК ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРЬЕРА ЖИТИКАРА	
<i>Герасименко Н.Н., Купчишин А.И., Жикеев А.А., Медетов Н.А., Шерметова М.А., Петраков Д.С.</i>	122
РАСЧЕТ НА ЭВМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ДЕФЕКТОВ В МАТЕРИАЛАХ	
<i>Купчишин А.И., Ниязов М.Н., Таипова Б.Г.</i>	122
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ РАБОТАЮЩЕГО В ВОДОРОДНЫХ СРЕДАХ	
<i>Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А., Чихрай Е.В., Аскербекев С.К., Габдуллин М.Т.</i>	123
РЕКОМБИНАЦИОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ NaCl И NaCl-Li ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ	
<i>Мясникова Л.Н., Шункеев К.Ш., Убаев Ж.К., Сагимбаева Ш.Ж., Кулбатыр Ж.</i>	124
РОЛЬ ИМИТАЦИОННОГО СТЕНДА С ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКОЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПЛАЗМЕННО-ПОВЕРХНОСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
<i>Туленбергенов Т.Р., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Соколов И.А., Кайырды Г.К.</i>	124
РОЛЬ ПРИГРАНИЧНЫХ ЗОН В ОХРУПЧИВАНИИ И КОРРОЗИИ ВЫСОКООБЛУЧЕННЫХ (БН-350) ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Кудряшов В.В., Максимкин О.П., Цай К.В.</i>	125
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩИХ ПЛЕНОК ZnO:Eu ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ	
<i>Кемелбекова А., Мухамедшина Д.М., Мить К.А., Мошиников В.А.</i>	126
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПУЧКОВ ИОНОВ НА ЦИКЛОТРОНЕ ДЦ-60	
<i>Колобердин М.В., Здоровец М.В., Скуратов В.А., Акилбеков А.Т.</i>	127
СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 12X18H9T, ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В АТМОСФЕРЕ ГЕЛИЯ	
<i>Акаев С.О., Кислицин С.Б., Диков А.С., Хромущин И.В., Васютин В.С., Фирсова В.В.</i>	128
ТЕРМОДЕСОРБЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО ПРОТОННОГО ПРОВОДНИКА LaScO₃	
<i>Аксенова Т.И., Хромущин И.В.</i>	128
ТИП ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ НА КРАЮ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ $TlGaSe_2$ И $TlInS_2$ ПОДВЕРГНУТЫХ γ - ОБЛУЧЕНИЮ	
<i>Сардарлы Р.М., Салманов Ф.Т., Алиева Н.А., Маммадов Р.А.</i>	129

ТСТ ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМАМИ Cu, As, Br, Rb КРИСТАЛЛОВ LiF, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ	
<i>Амонов М.З., Ибрагимова Э.М., Сандалов В.Н.</i>	131
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛАХ GaS ОБЛУЧЕННЫМИ γ-КВАНТАМИ	
<i>Мадатов Р.С., Тагиев Б.Т., Тагиев Т.В., Наджафов А.И.</i>	132
ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ГРАФЕНОВОМ КЛАСТЕРЕ С ДЕФЕКТАМИ СТОУНА-УЭЛЬСА	
<i>Сергеев Д.М., Мясникова Л.Н., Шункеев К.Ш.</i>	133
ЭПР ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИМЕРОВ	
<i>Рябкин Ю.А., Байтимбетова Б.А., Лебедев И.А.</i>	134
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТНЫХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИЕВЫХ p+-n-n+ СТРУКТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ p+ -СЛОЯ ПРИ ПРОТОННОМ ОБЛУЧЕНИИ	
<i>Таиметов М.Ю., Махкамов Ш., Саттиев А.Р., Эрдонов М.Н., Холмедов Х.М.</i>	135
BOSE-EINSTEIN CONDENSATION OF TRIPLONS WITH ANISOTROPY OF THE SYSTEM	
<i>Khudoyberdiev Asliddin</i>	136

3. Atomic Energy – Атомная энергетика

DEMONSTRATION TEST FOR RI FABRICATION WITH WWR-K REACTOR COOPERATED BY INP AND CTC	
<i>Ishii T., Yermakov Ye., Kanazawa H., Bekmuratov T., Shaimerdenov A., Ota A., Kenzhin Ye., Kawamura H</i>	138
SAFETY ANALYSIS FOR THE WWR-K RESEARCH REACTOR CONVERTED TO LEU FUEL	
<i>Koltochnik S.N., Shaimerdenov A.A.</i>	138
SPECIFIC FEATURES OF OPERATION OF PULSED REACTOR IBR-2M	
<i>Vinogradov A.V., Pepelyshev Yu.N.</i>	139
STATUS OF THE ITER PROJECT	
<i>Merola M.</i>	139
STUDY OF THE AXIAL NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN THE IRRADIATION DEVICE WITH A CADMIUM-SCREEN	
<i>Ota A., Aitkulov M., Dyussambayev D., Gizatulin Sh., Kenzhin Ye., Kanazawa H., Romanova N., Shaimerdenov A., Kawamura H.</i>	140
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРОЗИЯ ГРАФИТА В ТЯЖЕЛОЙ ВОДЕ	
<i>Чихрай Е., Аскербекоев С., Гордиенко Ю., Бочков В.</i>	141
ДЕКОМИССИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИИН-3М АО «ФОТОН», УЗБЕКИСТАН	
<i>Байтелесов С.А., Кунгуров Ф.Р., Максумов Н.Р., Юлдашев Б.С.</i>	141
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛУЧЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕАКТОРА ВТГР	
<i>Дюсамбаев Д.С., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Сильнягин П.П., Аханов А.М., Буртебаев Н.Т., Уета Ш., Шибата Т.</i>	142
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ СМЕСИ КОМПОНЕНТОВ МАТЕРИАЛОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ	
<i>Гречаник А.Д., Кукушкин И.М., Барбатенков Р.К.</i>	142
НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН	
<i>Умархалинова А.Ж., Тулегенов М.Ш., Нуртазина Э.Р., Бейсебаев А.О.</i>	143
О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «IBUS»	
<i>Хасанов М, Абишев М.</i>	144
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ИЗОТОПОВ В ПРОДУКТАХ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА	
<i>Байтелесов С.А., Кудиратов С.Н., Кунгуров Ф.Р.</i>	145

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЦИОННОГО РАЗОГРЕВА ГРАФИТА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛАХ РЕАКТОРА ИРТ-Т	
<i>Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г., Варлачев В.А.</i>	145
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОПРИМЕСЕЙ В ОБРАЗЦАХ БЕТОННЫХ БЛОКОВ ИТЭР МЕТОДОМ ГАММА СПЕКТРОМЕТРИИ	
<i>Попов Ю.А., Прозорова И.В., Прозоров А.А., Медетбеков Б.С.</i>	146
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫГОРАНИЯ БОРА-10 В СТЕРЖНЯХ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОСТИ РЕАКТОРА ВВР- К НА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	
<i>Сайранбаев Д.С., Колточник С.Н., Шаймерденов А.А., Кенжсин Е.А., Tsuchiya K.</i>	147
ОЦЕНКА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЫХОДЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КАНАЛА РЕАКТОРА ВВР-К	
<i>Бауыржан А.Б., Шаймерденов А.А., Буртебаев Н.Т.</i>	148
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НТЛ КРЕМНИЯ ДИАМЕТРОМ 8 ДЮЙМОВ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т	
<i>Лебедев И.И., Аникин М.Н., Смольников Н.В., Варлачев В.А., Наймушин А.Г.</i>	148
РАЗРЕШЕНИЕ КОЛЛИЗИЙ ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ	
<i>Зима Г.В.</i>	149
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛАХ РЕАКТОРА ИРТ-Т	
<i>Аникин М.Н., Смольников Н.В., Лебедев И.И., Наймушин А.Г., Варлачев В.А.</i>	150
РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХЗОННОЙ БЫСТРО-ТЕПЛОВОЙ ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ С ЕСТЕСТВЕННЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ УРАНОМ В БЫСТРОЙ ЗОНЕ И С UO₂ 10%-НОГО ОБОГАЩЕНИЯ ПО ²³⁵U В ТЕПЛОВОЙ ЗОНЕ	
<i>Фоков Ю.Г., Рутковская К.К., Корнеев С.В., Куликовская А.В., Едчик И.А.</i>	151
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОПТОВОЛОКНА И ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЕАКТОРЕ ИТЭР	
<i>Понкратов Ю.В., Кульсартов Т.В., Барсуков Н.И., Бакланова Ю.Ю., Гордиенко Ю.Н., Иркимбеков Р.А., Сураев А.С., Витюк Г.А., Кашайкин П.Ф., Бендер С.Е.</i>	152
ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ОБРАЗЦОВ ГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВТГР ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ	
<i>Аскербеков С.К., Чихрай Е.В., Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А., Қабулбек Е.Б., Кенжсин Е.А.</i>	153
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОТВОДА РЕАКТОРА ПИК	
<i>Большаков В.В., Олексюк Д.А.</i>	154
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ ЯЧЕЙКОВЫХ КОДОВ	
<i>Киреева Д.Р., Олексюк Д.А., Кобзарь Л.Л.</i>	155
ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ SiC-ПОКРЫТИЯ ГРАФИТА	
<i>Кенжсина И.Е., Чихрай Е.В., Аскербеков С.К., Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А.</i>	156
4. Radiation Ecology and Methods of Analysis – Радиационная экология и методы анализа	
APPLICATION OF X-RAY FLUORESCENCE IN INVESTIGATION OF CULTURAL HERITAGE	
<i>Čechák T., Trojek T.</i>	158
MASS SPECTROMETRY AND LASER SPECTROMETRY FOR DETECTION OF ELEMENTAL, ISOTOPE AND MOLECULAR COMPOSITIONS OF SOLID AND LIQUID SAMPLES	
<i>Izosimov I.N., Smith G., Strashnov I.</i>	159
THE USE OF THE CR-39 TRACK DETECTORS FOR MEASUREMENTS OF RADON VOLUME ACTIVITY AND EXHALATION RATES OF THE NEWLY HOUSES IN TASHKENT CITY	
<i>Vasidov A., Vasidova S.O.</i>	160

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТА НЕЙТРОНОАКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА В ИЯФ НА БАЗЕ КИР ВВР-К	
<i>Солодухин В.П., Дмитриев А.Ю., Павлов С.С., Ленник С.Г., Амир Ж.А., Соколенко Е.К.</i>	160
АМПЛИТУДНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ USB АНАЛИЗАТОР ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ	
<i>Небесный А.Ф., Нам И.В., Раджапов С.А., Пиндюрин Ю.С.</i>	161
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
<i>Харкин П.В., Краснощёрова М.В., Матиенко Л.Д., Желтов Д.А., Глуценко Г.М.</i>	162
ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ НА ПРЕДПРИЯТИЕ ГАЗОДОБЫЧИ	
<i>Ашрапов У.Т., Садилов И.И., Ибраимов И.У.</i>	163
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОГО АЗОТА	
<i>Покровский И.В.</i>	164
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ ЭПР ОБРАЗЦОВ ПОЧВ РЕГИОНА ЛИРА	
<i>Рухин А.Б., Середавина Т.А., Муқан Ж.Т., Сушкова Н.С.</i>	165
ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ НА БЫВШЕЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ «САРЫ-УЗЕНЬ» СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	
<i>Ларионова Н.В., Кривицкий П.Е., Айдарханова А.К., Турченко Д.В.</i>	165
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ САМАРИЯ ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ	
<i>Сальменбаев С.Е., Нургайсинова Н.К., Умаров М.А., Макарычев С.В.</i>	166
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДАТИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	
<i>Мамырбаева А.С., Айдарханова А.К.</i>	167
ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЯГОДНЫМИ КУСТАРНИКАМИ В ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ	
<i>Шевченко Ю.С., Ларионова Н.В., Топорова А.В., Айдарханов А.О.</i>	168
К ВОПРОСУ О ТРИТИЕВОЙ ОПАСНОСТИ В Г. ОБНИНСК (КАЛУЖСКАЯ ОБЛ., РОССИЯ)	
<i>Лукашенко С.Н., Курбаков Д.Н., Томсон А.В.</i>	169
КОМПЛЕКС АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УРАНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ	
<i>Глуценко В.Н., Краснощёрова М.В., Желтов Д.А., Мильц О.С., Силачев И.Ю.</i>	170
КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	
<i>Солодухин В.П., Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В., Краснощёрова М.В.</i>	170
КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО И РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ОБРАЗЦОВ ГРУНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ	
<i>Солодухин В.П., Ленник С.Г., Силачев И.Ю., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В., Соколенко Е.К.</i>	171
КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	
<i>Умаров М.А., Айдарханов А.О., Стрільчук Ю.Г.</i>	172
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Краснощёрова М.В., Желтов Д.А., Мильц О.С., Харкин П.В., Глуценко В.Н.</i>	173
КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА «АЗГИР» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>Глуценко В.Н., Полешко А.Н., Моренко В.С., Севериненко М.А., Макарова В.А., Левашов М.А.</i>	174
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АВАРИЙНЫХ ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЗИМЕТРИИ	
<i>Осовец С.В., Азизова Т.В., Василенко Е.К.</i>	175
КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДОНА В ВОДЕ И ПУТИ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ	

Юнусов М.М., Тиллобоев Х.И.....	176
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СВЯЗАННОГО ТРИТИЯ В ПРОБАХ МОЧИ Жамалдинов Ф.Ф., Шатров А.Н.....	177
НАКОПЛЕНИЕ ИЗОТОПА ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВЕ ЗА СЧЁТ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ТАДЖИКИСТАНА Муминов С.В., Мирсаидов И.У., Баротов Б.Б., Бахронов С.М., Мирсаидов У.М.....	177
НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ КУЛЬТУРОЙ LACTUCA SATIVA НА ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА Пономарева Т.С., Поливкина Е.Н., Ларионова Н.В.....	179
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ ЗОЛОТО И УРАНОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА Ахмедов Я.А., Курбанов Б.И., Музафаров А.М., Турдиев С.Ю.....	180
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОЯТ Тимонова Л.В., Ляхова О.Н., Абдигамитов Б.А., Бабешкин С.С.....	181
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Глуценко В.Н., Моренко В.С., Полешко А.Н.....	182
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВЫ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТАХ НА ОБЪЕКТЕ «ЛИРА» Севериненко М.А., Макарова В.А., Полешко А.Н.....	183
ОЦЕНКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИТИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВАХ МЕСТ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ Сержанова З.Б., Айдарханова А.К., Ляхова О.Н., Тимонова Л.В.....	184
ОЦЕНКА МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ТРИТИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА Поливкина Е. Н., Сержанова З.Б.....	185
ОЦЕНКА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ ОБЪЕКТА ЛИРА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ Белуш О.Л., Матиенко Л.Д., Мильц О.С., Кошжанов А.Т., Харкин П.В.....	186
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ДНК И РЕПАРАЦИИ У ЖИТЕЛЕЙ П. ДОЛОНЬ С ПОМОЩЬЮ СОМЕТ-TEST Чередниченко О.Г., Пилюгина А.Л.....	187
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ (ИЯФ МЭ РК, БПИ НАН КР) ПО ИЗУЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В БАССЕЙНАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК «КЫРГЫЗСТАН-КАЗАХСТАН» Солодудин В.П., Дженбаев Б.М., Ленник С.Г., Жолболдиев Б., Кабирова Г.М., Желтов Д.А., Быченко А.Н., Суздальцева Т.В.	188
ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПЛАНАРНОГО МНОГООТРАЖАТЕЛЬНОГО ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА ПРОСТОЙ КОНСТРУКЦИИ Бимурзаев С.Б., Алдияров Н.У., Якушев Е.М.	189
ПРИЗМЕННЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР С МНОГОКРАТНЫМ ПРОХОЖДЕНИЕМ ИОНАМИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ Алдияров Н.У., Мить А.Г.....	190
ПРИМЕНЕНИЕ АЛАНИНОВЫХ ДОЗИМЕТРОВ НА ИЛУ-10 РГП ИЯФ РК В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ДОЗ γ-ИЗЛУЧЕНИЯ Муқан Ж.Т., Рухин А.Б., Середавина Т.А., Сушкова Н.С., Данько И.В., Глуценко Н.В.....	190
РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ БЫВШИХ УРАНОВЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА Эрматов К.А., Бахронов С.М., Махмудова М.М., Назаров Х.М. Мирсаидов У.М.....	191
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС: ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО СЕКТОРА ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ	

<i>Тимохина Н.И., Король Р.А., Спилов Р.К., Никитин А.Н.</i>	192
РАЗВИТИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РГП ИЯФ	
<i>Севериненко М.А., Макарова В.А., Филиппова Л.Н., Леваилов М.А., Сушкова Н.С., Демидова А.О.</i>	193
РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ В РГП ИЯФ	
<i>Глуценко В.Н., Моренко В.С.</i>	194
РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-ПРОЦЕДУРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ПРОБ ПОЧВ ДЛЯ АНАЛИЗА НА СОДЕРЖАНИЕ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ	
<i>Лукашенко С.Н., Эдомская М.А.</i>	195
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ ОТ ПЛОСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ИСТОЧНИКА	
<i>Абдуллаев Х.Ш., Наджафов Б.А., Масимов Е.А., Мамедов Б.А.</i>	196
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВЛИЯНИЮ НАЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ	
<i>Кабдыракова А.М., Кундузбаева А.Е., Меньдубаев А.Т., Байсеркенова Т.Н.</i>	197
РЕЗУЛЬТАТЫ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОСТАНКОВ ЛЮДЕЙ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ	
<i>Дмитриев А.Ю., Борзаков С.Б., Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Быченко А.Н., Желтов Д.А., Эдомская М.А.</i>	198
СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОЙ И ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	
<i>Ляхова О.Н., Айдарханов А.О., Актаев М.Р., Турченко Д.В., Светачева Ю.В.</i>	199
СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОМИНАНТНЫХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ ВОДОТОКА ШТОЛЬНИ 504 ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»	
<i>Шакенов Е.З., Дюсембаева М.Т., Темиржанова А.Е., Мухамедияров Н.Ж.</i>	200
СПЕКТРОМЕТРЫ С РАЗРЕШЕНИЕМ ПШПВ ДО 0,6% НА ОСНОВЕ СЗТ И СЦИНТИЛЛЯТОРОВ	
<i>Бредихин И.</i>	201
СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ¹³⁷CS В ТУШКАХ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (СНІРОРТЕРА) НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВЕЙБУЛЛА	
<i>Дмитриева А.В., Осовец С.В., Смагин А.И.</i>	202
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В РАДИОЭКОЛОГИИ	
<i>Филиппова Л.Н., Сляднева В.Н., Ли Р.А.</i>	203
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ОБЪЕКТЕ «ЛІРА»	
<i>Агеева Т.И., Глуценко В.Н., Моренко В.С., Швырев С.И.</i>	204
УРОВНИ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ «МИРНЫХ» ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	
<i>Айдарханова А.К., Ларионова Н.В.</i>	205
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ УЗБЕКИСТАНА И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ	
<i>Ахмедов Я.А., Кульджанов Б.К., Данилова Е.А., Курбанов Б.И., Осинская Н.С.</i>	206
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ПО ПИЩЕВЫМ ЦЕПЯМ	
<i>Паницкий А.В., Байгазинов Ж.А., Ларионова Н.В., Кабдыракова А.М., Кундузбаева А.Е., Поливкина Е.Н.</i>	207
ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	
<i>Солодучин В.П., Ленник С.Г., Глуценко В.Н.</i>	208

Nuclear and Radiation Technologie in Medicine, Industry and Agriculture – Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве

DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF NUCLEAR MEDICINE IN KAZAKHSTAN <i>Kaidarova D.R., Amankulov J.M.</i>	211
GAMMA STERILIZATION COMPLEX IN AZERBAIJAN <i>Khalilov Z.Z.</i>	212
MAKING USE OF D-SHUTTLE FOR INDIVIDUAL DOSIMETRY CONTROL <i>Kim D.S., Murayama K., Nurtazin Y.R., Koguchi Y., Kenzhin Ye.A., Kawamura H.</i>	212
METHOD FOR MEASURING THE ENERGY OF FAST NEUTRONS BY THE RECOIL DEUTERONS USING A TELESCOPE OF SEMICONDUCTOR SI DETECTORS <i>Artemov S.V., Ergashev F.Kh., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R., Yuldashev B.S.</i>	213
PRECISE DOSIMETRIC MODELS IN RADIATION TECHNOLOGIES <i>Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A.</i>	214
PRODUCTION AND QUALITY CONTROL OF $^{223}\text{RaCl}_2$ and $^{224}\text{RaCl}_2$ <i>Butkaliuk P.S., Butkaliuk I.L., Kupriyanov A.S.</i>	216
PRODUCTION AND THERMOCHROMATOGRAPHIC SEPARATION OF NO-CARRIER-ADDED ^{90}Nb VIA $^{93}\text{Nb}(p,4n)^{90}\text{Mo} \rightarrow ^{90}\text{Nb}$ <i>Chuprakov I. A., Karaivanov D.V., Aksenov N.V., Bozhikov G.A., Steinegger P., Albin Y.V., Filosofov D.V.</i>	216
PRODUCTION OF COBALT-57 RADIONUCLIDE FROM NICKEL CYCLOTRON TARGETS <i>Egamediev S. Kh., Nurbaeva D.A., Khujaev S.</i>	217
RARE EARTHS DOPED FERRITES, CHARACTERIZED BY TIME DIFFERENTIAL $\gamma\gamma$ PERTURBED ANGLE CORRELATIONS METHOD <i>Karaivanov D.K., Filosofov D.V., Milanova M.M., Temerbulatova N.T., Tsvetkov M.P., Velichkov A.I.</i>	217
SPECTRAL AND THERMAL PROPERTIES OF ZINC (II) COMPLEXES WITH TRYPTOPHANE <i>Gahramanova Sh.I., Jalaladdinov F.F., Khudaverdiyev R.A., Abdullaev A.C., Aghayeva A.S., Gahramanov T.O.</i>	218
STUDY OF THE STABILITY OF THE ^{177}Lu-DOTAELA <i>Gurin A.N., Chakrova E.T., Patrick J. Riss</i>	219
TARGET PREPARATION AND COOLING TECHNOLOGY FOR CYCLOTRON BASED ^{99m}Tc PRODUCTION <i>Avetisyan A., Melkonyan A., Dobrovolski N., Dallakyan R., Sarkisyan R., Manukyan A., Elbakyan G.</i>	220
THE ‘GUR-120’ IRRADIATOR OPTIMIZATION <i>Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Pavlov A.N., Kurachenko Yu.A.</i>	221
THE OBTAINING AND X-RAY SPECTRA MAGNETIC OF THORIUM-URANIUM CATALYST <i>Aibassov Ye., Yemelyanova V., Bulenbaev M.</i>	222
THE SIZE AND CONTENT OPTIMIZATION OF THE INTENSIVE $^{nat}\text{U}+\text{Th}$ NEUTRON SOURCE BASED ON D+T NEUTRON GENERATOR <i>Khushvaktov J., Yuldashev B., Kulabdullaev G., Artemov S., Abdullaeva G., Bozorov E., Sitanov H.</i>	223
TIME VARIATIONS OF NATURAL BETA ACTIVE RADIONUCLIDES <i>Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V., Shakirov A.L., Bigeldiyeva M.T., Dyussebayeva K.S., Abramov K.E.</i>	224
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ НА КЛИНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЦЕНТРЕ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ И ОНКОЛОГИИ Г.СЕМЕЙ <i>Идинов М.Т., Атантаева Б.Ж., Байгожина А.А., Токарева О.М.</i>	225
ВЛИЯНИЕ γ-ОБЛУЧЕНИЯ НА ГРИБКОВЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ <i>Цыгвинцев П.Н., Санжарова Н.И., Васильева Н.А., Гусева О.А.</i>	226
ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО γ - ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН НА СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО БЕЛКА В <i>CICER ARIETINUM L.</i>, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА <i>Велиджанова М.З., Оруджева Дж.Р., Э.С.Джафаров</i>	227

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО γ-ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА НА НЕКОТОРЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>Агаева А.В., Мамедова Г.А., Гусейнова Ш.А.</i>	229
ВОЗМОЖНОСТИ ПЭТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОТРЕЙСЕРОВ КЛАССА АМИНОКИСЛОТ, МЕЧЕННЫХ ФТОРОМ-18 <i>Красикова Р.Н.</i>	230
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА РАДИОФАРМПРЕПАРАТА «ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗА¹⁸F, РАСТВОР ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ» <i>Медведева З.В., Чакрова Е.Т., Гурин А.Н.</i>	231
ГИДРОГЕЛЕВЫЕ РАНЕВЫЕ ПОВЯЗКИ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА, ПОЛУЧЕННЫЕ РАДИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ <i>Абилова Г.К., Ирмухаметова Г.С., Тумабаева А.М., Бексултанов Ж.И., Хуторянский В.В.</i>	231
ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ БРАХИТЕРАПИИ С ТРЕХМЕРНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЕМ В ПРОГРАММУ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ <i>Адылханов Т.А., Сандыбаев М.Н., Атантаева Б.Ж., Адильбаев Д.Н., Мусина А.Д., Тусупова А.Д., Андреева О.Б.</i>	232
ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭТАЛОННЫХ МЕР ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ <i>Донченко С.И., Лесков А.С., Кувыкина М.Б., Тенишев В.П.</i>	233
ИМПУЛЬСНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ОБРАБОТКА ГРИБНЫХ ИНФЕКЦИЙ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ <i>Исемберлинова А.А., Нужных С.А., Чубик М.В., Покровская Е.А., Полосков А.В., Серебренников М.А., Егоров И.С., Ремнев Г.Е.</i>	234
КОНВЕЙЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ СШИВКИ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ <i>Таиметов М.Ю., Исматов Н.Б.</i>	235
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ <i>Айткалиев С.М., Атантаева Б.Ж., Степанова О.А.</i>	237
КОНЦЕНТРАЦИЯ Gd В ОПУХОЛЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ GdH₃T <i>Кулабдуллаев Г.А., Абдуллаева Г.А., Ким А.А., Джураева Г.Т., Кадырбеков Р.Т., Кадырбеков Н.Р., Бекназаров Х.Ж., Алимов Ж.М., Мавлянов И.Р.</i>	238
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО БУТИЛРЕГЕНЕРАТА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО <i>Долгополов М.А., Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Карманов А.В.</i>	239
МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА В КАЗАХСТАНЕ <i>Атантаева Б.Ж., Айткалиев С.М., Тусупова А.Д., Адильбаев Д.Н., Мусина А.Д.</i>	240
МЕТОДЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН <i>Быстряков Ю.К., Медведева З.В., Чакрова Е.Т.</i>	241
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕНСИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ <i>Донченко С.И., Коваленко О.И., Тенишев В.П.</i>	241
МОЩНЫЕ УСКОРИТЕЛИ ЭЛЕКТРОНОВ СЕРИИ ИЛУ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Безуглов В.В., Брызгин А.А., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Штарклев Е.А.</i>	243
НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА И ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА <i>Санжарова Н.И., Кобялко В.О., Полякова И.В., Чиж Т.В.</i>	244
ОПТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА НА БИОТКАНЬ <i>Зильгараева А.К., Нурпеисова Д.А., Авелбекова С.Ш.</i>	245

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ УСКОРИТЕЛЯ ИЛУ-10	
<i>Бексултанов Ж.И., Данько И.В., Глуценко Н.В., Муқан Ж.Т., Рухин А.Б., Сушкова Н.С., Мухамадиев Н.С., Есимов У.О., Низамдинова Г.К., Куванбаева Б.А.....</i>	246
ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ КАКАО-ПОРОШКА	
<i>Морозова А.И., Васильева Н.А., Пименов Е.П., Санжарова Н.И.....</i>	247
ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА МЕДИ ДЛЯ СОРБЦИИ РАДИОНУКЛИДА КОБАЛЬТ-60	
<i>Егамедиев С.Х., Хужаев С., Нурбаева Д.А., Нурбаев Б.Б.....</i>	248
ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОЦИФРАТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ	
<i>Стрекаловский О.В., Каманин Д.В., Пятков Ю.В., Стрекаловский А.О., Жучко В.Е.....</i>	249
ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНА ПРИ ХРАНЕНИИ	
<i>Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Чижев Т.В., Сулова О.В.....</i>	250
ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ НА БАЗЕ ЦИКЛОТРОНА CYCLONE - 30	
<i>Сильнягин А.П.....</i>	251
ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ ТИПА ИЛУ	
<i>Брызгин А.А., Безуглов В.В., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А., Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Штарклев Е.А.</i>	251
РАДИАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И ГОТОВОЙ К УПОТРЕБЛЕНИЮ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ	
<i>Кобялко В.О., Санжарова Н.И., Полякова И.В., Саруханов В.Я.....</i>	252
РАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БУТИЛРЕГЕНЕРАТА	
<i>Кадменский С.Г., Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Карманов А.В.....</i>	253
РАДИОНУКЛИДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ^{228}Ra-^{228}Ac И ^{140}Ba-^{140}La ПО РЕВЕРСНО-ТАНДЕМНОЙ СХЕМЕ РАЗДЕЛЕНИЯ	
<i>Философов Д.В., Баймуханова А.Е., Величков А.И., Дадаханов Ж.А., Караиванов Д.В., Маринова А.П., Маринов Г.М., Темербулатова Н. Т.....</i>	254
РАДИОНУКЛИДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ^{99}Mo/^{99m}Tc И ^{188}W/^{188}Re	
<i>Хужаев С.</i>	255
РАДИОНУКЛИДЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ	
<i>Кодина Г.Е., Ларенков А.А., Малышева А.О.....</i>	256
РАЗВИТИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ИЛУ-10	
<i>Данько И.В.....</i>	257
РАЗРАБОТКА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АГРЕССИВО-УСТОЙЧИВЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Ахундадзе Г.Н., Мамедов Ш.М., Мамедов Д.Ш., Азадалиев А.И.....</i>	258
РАЗРАБОТКА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ОКТРЕОТИДА, МЕЧЕНОГО ТЕХНЕЦИЕМ-^{99m}Tc, ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ	
<i>Нестеров Е.А., Стасюк Е.С., Скуридин В.С., Шелихова Е.А., Варламова Н.В., Садкин В.Л., Рогов А.С., Ларькина М.С.</i>	259
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН	
<i>Салямов Р.Р., Ирмухаметова Г.С., Бексултанов Ж.....</i>	260
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОГЕЛЕВЫХ ПОВЯЗОК, АРМИРОВАННЫХ НЕТКАНЫМ МАТЕРИАЛОМ	
<i>Глуценко Н.В., Бексултанов Ж.И., Банных В.И.....</i>	261
РЕАКЦИЯ SOLANUM LYCOPERSICUM НА ПРЕДПОСЕВНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ СЕМЯН В РАЗНЫХ ДОЗАХ	
<i>Джафаров Э.С., Караева К.Г., Бабаев Г.Г.....</i>	261

РОЛЬ ПЭТ/КТ В НЕЙРООНКОЛОГИИ <i>Скворцова Т.Ю.</i>	263
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПЕРЕНОСНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ООО ЛСРМ <i>Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Кувыкин И.В., Соловьева С.Л., Скубо Ю.В., Демина Н.С., Пономаренко Р.А., Федоровский С.Ю.</i>	264
ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ И ВЫВОДОМ ПУЧКА В АТМОСФЕРУ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ <i>Шин В.И., Дорошкевич С.Ю., Воробьев М.С., Коваль Н.Н., Сулакиин С.А.</i>	265
ЭНДОМЕТАЛЛОФУЛЛЕРЕНАМИ ЛАНТАНОИДОВ И 3D-МЕТАЛЛОВ, РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ Gd, Tb, Pr, Fe, Sc <i>Зиновьев В.Г., Лебедев В.Т., Митропольский И.А., Шуляк Г.И., Сушков П.А., Тюкавина Т.М., Окунев И.С., Ершов К.В.</i>	266

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Abdigaliyev M.B.*, 67
Abdullaeva G.A., 21, 223
Abramov K.E., 224
Aghayeva A.V., 218
Aibassov Y., 220
Aitkulov M., 140
Aksenov N.V., 216
Albin Y.V., 216
Alexandrov A.A., 12, 29, 31
Alexandrova I.A., 12, 29, 31
Alibayeva A.G., 25
Aliyeva N.A., 70
Alimov D.K., 21
Amangeldi N., 21
Amankulov J.M., 211
Artemov S.V., 20, 21, 24, 213, 223
Asadov S.M., 69
Astashynski V.M., 63
Avetisyan A., 220
Baktoraz A.E., 17
Baylarov Kh.B., 65
Bekmuratov T., 138
Belous V., 66
Bigeldiyeva M.T., 224
Bogomolov S.L., 67
Bondarchenko A.E., 67
Bozorov E., 223
Bozhikov G.A., 216
Boztosun Ismail, 14
Bulenbaev M., 222
Burtebayev N.T., 11, 11, 20, 21, 24
Butkaliuk I.L., 216
Butkaliuk P.S., 216
Cai C.H., 16, 25
Čechák T., 158
Chen Y.J., 29
Chakrova E.T., 219
Cherubini S., 23
Chuchvaga N.A., 73
Chuprakov I., 216
Dallakyan R., 220
Davaa S., 28
Denisova E.N., 214, 221
Devi Vidya, 29
Di Pietro Alessia, 23
Djumanov Sh.S., 68
Dobrovolski N., 220
Dyachkov V.V., 224
Dyusembekova A.S., 18
Dyussambayev D., 140
Dyussebayeva K.S., 224
Dzhumanov S., 65
Egamediev S. Kh., 217
Egamova F., 16
Elbakyan G., 220
Ergashev F. Kh., 20, 21, 24, 213
Figuera Pierpaolo, 23
Filosofov D.V., 216, 217
Gadzhdiyeva S.A., 58
Gahramanov T.O., 218
Gahramanova Sh.I., 218
Galanina L.I., 25
Ganiev O.K., 13
Garibov A.A., 60
Garibli A.A., 60
Gazeeva E.M., 23
Ge Z.G., 16, 25, 26, 29, 32
Gizatulin S., 140
Goldberg V.Z., 23
Golovkov M.S., 23
Goryainova Z.I., 12, 29, 31
Gulino M., 23
Gurin A.N., 219
Hajiyeva S.A., 72
Imambekov O., 27
Isaka M., 31
Isgandarova L.E., 58
Ishii T., 138
Ivanov I.A., 67
Izosimov I.N., 18, 159
Jahangirov M.M., 58
Jalaladdinov F.F., 218
Janse van Vuuren A., 63
Jin Y.L., 16, 32
Kaidarova D.R., 211
Kalikulov O.A., 17
Kanokova Sh., 9, 10, 13
Kamanin D.V., 12, 29, 31
Kanazawa H., 138, 140
Karaivanov D.V., 216, 217
Karakhodzhaev A.A., 20, 21, 24, 213
Kato K., 28
Kawamura H., 138, 140, 212
Kajumov M., 16
Kayumov B.M., 30
Kenzhin Y.A., 138, 140, 212
Kerimkulov Zh.K., 21
Khaliqzadeh A.Sh., 61
Khalilov Z.Z., 212
Khasen T.G., 71
Khudaverdiyev R.A., 218
Khujaev S., 217
Khushvaktov J., 223
Khuukhenkhuu G., 28
Kim D. S., 212
Kimura M., 31
Kislitsin S.B., 63, 67, 73
Koguchi Y., 212
Koloberdin M.V., 67
Koltochnik S.N., 138
Kovalchuk K.V., 11
Kozlovskiy A., 73
Kozmin G.V., 214, 221
Kozulin E.M., 11
Krasnov V.A., 71
Krekeshva A.R., 71
Kucuk Y., 27
Kulabdullaev G., 223
Kupriyanov A.S., 216
Kurachenko Yu.A., 214, 221
Kurakhmedov A.E., 67
Kurbanov U.T., 65
Kuznetsova E.A., 12, 29, 31
Kvochkina T.N., 11
La Cognata Marco, 23
Lamia L., 23

Lei M.K.,64
 Li Z.X.,29
 Liu L.L.,16,29
 Loginov V.N.,67
 Madatov R.S.,58,61,72
 Malaza V.,12,31
 Mammadov M.A.,72
 Mammadov R.A.,70
 Mamishova R.M.,65
 Manukyan A.,220
 Mashentseva A.A.,71
 Medatov R.S.,65
 Melkonyan A.,220
 Mauryey B.,21
 Medatov R.S.,65
 Merola M.,139
 Milanova M.M.,217
 Morzabayev A.K.,18,21,25
 Mukhamejanov Y.S.,17
 Murayama K.,212
 Mustafaeva S.N.,69
 Mustafin D.A.,67
 Nasirov A.K.,13,30
 Nauruzbayev D.K.,23
 Neethling J.H.,63
 Ngongo S.,63
 Nurbaeva D.A.,217
 Nurmukhanbetova A.K.,23
 Nurtazin Y. R.,212
 O'Connel J.H.,63
 Odsuren M.,28
 Olimov Kh.,9,10,13
 Olimov K.,10
 Oskomov V.V.,17
 Ota A.,138,140
 Otuka N.,32
 Palvanov S.R.,16
 Palvanova G.S.,16
 Pan A.N.,11
 Patrick J Riss,219
 Pavlov A.N.,221
 Pepelyshev Yu.N.,139
 Pizzone R.G.,23
 Popov Yu.A.,59
 Prima A.I.,64
 Prozorov A.A.,59
 Prozorova I.V.,59
 Pushkarev A.I.,64
 Ruziev E.T.,21
 Pyatkov Yu.V.,12,29,31
 Qian J.,16
 Romanova N.,140
 Ryskulov A.E.,73
 Saduyev N.O.,17
 Salmanov F.T.,70
 Sambayev Y.K.,67
 Sardarli R.M.,70
 Zaripova Yu.A.,224
 Sarkisyan R.,220
 Semkova V.,32
 Serikbayev E.,27
 Serikov A.,23
 Shaimerdenov A.,138,138,140
 Shakirov A.L.,224
 Shen C.W.,29
 Shepetov A.L.,17
 Shinbulatov S.K.,17
 Zholdybayeva S.Kh.,11
 Shongalova A.K.,73
 Shymanski V.I.,63
 Sitanov H.,223
 Skuratov V.A.,63
 Smith G.,159
 Snegiryov A.S.,214,221
 Solodov A.N.,29
 Sparta R.,23
 Steinegger P.,216
 Strashnov I.,159
 Strekalovsky A.O.,12,29,31
 Strekalovsky O.V.,12,29,31
 Tada T.,31
 Tagiyev T.B.,61
 Tao X, 16,25,32
 Temerbulatova N.T.,217
 Tian Y.,16
 Tikhonovsky M.,66
 Tojiboev O.R.,20,21,24,213
 Tokmoldin N.S.,73
 Tolstolutska G.,66
 Trojek T.,158
 Tsuchiya K.,147
 Tsvetkov M.P.,217
 Tulekov E.A.,18
 Tumino A.,23
 Tursunmakhatov K.I.,11,15
 Tusupbekova A.,27
 Uglov V.V., 63
 Usukhbayar B.,28
 Utey Sh.B.,17
 Vasidov A.,160
 Vasidova S.O.,160
 Velichkov A.I.,217
 Vinogradov A.V.,139
 Voyevodin V.,66
 Wang J.M.,16,25,32
 Wu X.Z.,29
 Xu R.R.,16,25,32
 Yarmukhamedov R.,11,15
 Yemelyanova V.,222
 Yerezhep N.O.,17
 Yergaliuly G.,21
 Yermakov Ye.,138
 Yu B.S.,16,25
 Yuldashev B.S.,10,21,213,223
 Yushkov A.V.,224
 Zdorovets M.,67,73
 Zhang C.C.,64
 Zolbayar A.,28
 Zhantuarov S.R.,73
 Zholdybaev K.S.,73
 Zholdybayev T.K.,19
 Zhu X.P.,64
 Zhubaev S.T.,27
 Zhuchko V.E.,12,29,31
 Zhumabayev A.I.,17
 Zhumazhanova A.T.,71

Эсембаева Э.Р., 78
 Абдигамитов Б.А., 181
 Абдуллаев А.С., 218
 Абдуллаева Г.А., 237
 Абдуллаев Х.Ш., 196
 Абдурайимов Б.Ж., 104
 Абишев М., 47, 144
 Авелбекова С.Ш., 245
 Аверьянов А.В., 53
 Агаев Т.Н., 120, 121
 Агаева А.В., 229
 Агеева Т.И., 204
 Адильбаев Д.Н., 232, 240
 Абилова Г.К., 231
 Адылханов Т.А., 232
 Азадалиев А.И., 258
 Азизова Т.В., 175
 Азнабаев Д., 36
 Айдарханов А.О., 168, 172, 199
 Айдарханова А.К., 165, 167, 184, 205
 Айткалицев С.М., 236, 240
 Акаев А.О., 80
 Акаев С.О., 128
 Акилбеков А. Т., 127
 Аксенова Т.И., 82, 91, 103, 128
 Актаев М.Р., 199
 Алдабергеннова Т.М., 80, 115
 Алдияров Н.У., 189, 190
 Алекперов О.З., 97
 Алибаев А.Г., 44
 Алибаева А.Г., 33
 Алиев Н.Ш., 75
 Алиев С.М., 88
 Алиева Г., 55
 Алиева Н.А., 129
 Алимов Д.К., 40, 41, 43, 44
 Алимов Ж.М., 237
 Амангелди Н., 40, 41
 Амир Ж.А., 160
 Амонов М.З., 131
 Андреева О.Б., 232
 Аникин М.Н., 145, 148, 150
 Аргынова А.Х., 36, 37, 41
 Аргынова К.А., 36, 37, 41
 Артемов С.В., 44
 Аскербекоев С.К., 112, 123, 141, 156
 Атантаева Б.Ж., 225, 232, 236, 240
 Аханов А.М., 142
 Ахмедов Я.А., 180, 206
 Ахметжанова М.М., 48
 Ахундаде Г.Н., 258
 Ашрапов У.Т., 163
 Ашуров М.Х., 74, 118
 Бабаев Г.Г., 261
 Бабешкин С.С., 181
 Байгожина А.А., 225
 Байгазинов Ж.А., 207
 Баймуханова А.Е., 254
 Байрамов М.Н., 75
 Байсеркенова Т.Н., 197
 Байтелесов С.А., 141, 145
 Байтимбетова Б.А., 86, 134
 Бажажин А.Г., 53
 Бакланова Ю.Ю., 152
 Банных В.И., 261
 Барбатенков Р.К., 142
 Баротов Б.Б., 177
 Барсуков Н.И., 152
 Бахронов С.М., 177, 191
 Бауыржан А.Б., 148
 Бедельбекова К.А., 109
 Безуглов В.В., 243, 251
 Бейсебаев А.О., 143
 Бейсенова А.Д., 36, 37, 41
 Бекмурат Ф., 77
 Бекназаров Х.Ж., 237
 Бексултанов Ж.И., 231, 246, 260, 261
 Белуш О. Л., 186
 Бельдеубаев А.Ж., 87
 Бендер С.Е., 152
 Бимурзаев С.Б., 189
 Бозоров Э.Х., 44
 Бозтосун И., 40
 Бойбобоева С.Т., 118
 Большаков В.В., 154
 Боргеев Д.Б., 90
 Борзаков С.Б., 198
 Бочков В.С., 87, 141
 Бредихин И., 46, 201
 Брызгин А.А., 112, 117, 243, 251
 Буртебаев Н.Т., 32, 39, 40, 41, 43, 44, 49, 50, 142, 148
 Буртебаева Д.Т., 39, 43
 Быстрицкий В.М., 45
 Быстряков Ю.К., 241
 Быченко А.Н., 188, 198
 Варламова Н.В., 259
 Варлачев В.А., 45, 145, 148, 150
 Василенко Е.К., 175
 Васильева Н.А., 226, 247
 Васютин В.С., 128
 Велиджанова М.З., 227
 Величков А.И., 254
 Верецагин С.В., 53
 Верецак М.Ф., 92, 101, 108, 109
 Вильданов Р. Р., 87
 Витюк Г.А., 152
 Власов А.Ю., 243, 251
 Волинска-Цихоска М., 50
 Володин В.Н., 100, 113
 Воробьев М.С., 265
 Воронин Л.А., 243, 251
 Воронова Н.А., 106
 Габдуллин М.Т., 123
 Галанина Л.И., 33, 39, 41
 Гасанов С.Х., 83
 Герасименко Н.Н., 106, 122
 Гетманский В.В., 113
 Гизатулин Ш.Х., 142
 Глуценко В.Н., 170, 173, 174, 182, 194, 204, 208
 Глуценко Г.М., 162
 Глуценко Н.В., 39, 190, 246, 261
 Гордиенко Ю.Н., 87, 141, 152
 Гречаник А.Д., 142
 Грушевская Е.А., 76, 85
 Гуламов К.Г., 35
 Гулина С.Н., 250
 Гурин А.Н., 231
 Гусева О.А., 226
 Гусейнов В.И., 120
 Гусейнов Н.Р., 78, 107
 Гусейнова Ш.А., 229
 Дадаханов Ж. А., 254
 Даниленко В.Н., 264
 Данилова Е.А., 206

Данько И.В., 190, 246, 257
 Дегтярева А.С., 109
 Демидова А.О., 193
 Демина Н.С., 264
 Демьянова А.С., 41
 Джансейтов Д.К., 41
 Джафаров Э.С., 227, 261
 Джафаров Я. Д., 88
 Дженбаев Б.М., 188
 Джуманов С., 113
 Джураева Г.Т., 237
 Диков А.С., 128
 Дмитриев А.Ю., 160, 198
 Дмитриева А.В., 202
 Дмитриева Е.А., 76, 85, 86
 Долгополов М.А., 239
 Донченко С.И., 233, 241
 Дорошкевич С.Ю., 265
 Дудкин Г.Н., 45
 Дуйсебаев Б.А., 32, 42
 Дьяченко А.Т., 53, 55
 Дьячков В.В., 48
 Дюсамбаев Д.С., 142
 Дюсебаева К.С., 48
 Дюсембаева М.Т., 200
 Егамедиев С.Х., 248
 Егоров И.С., 234
 Едчик И.А., 151
 Ермекова А.Е., 89
 Ершов К.В., 266
 Есимов У.О., 244
 Есыров О.В., 99
 Жаканбаев Е.А., 45, 100, 113
 Жамалдинов Ф.Ф., 177
 Жансейтов Д., 40
 Желтов Д.А., 162, 170, 173, 188, 198
 Жикеев А.А., 122
 Жолболдиев Б., 188
 Жолдыбаев Т.К., 32, 38, 42, 55
 Жумадилов И., 42
 Жучко В.Е., 249
 Зазулин Д.М., 34, 44, 50
 Запорожец С.А., 53
 Зарипова Ю.А., 48
 Застрожнова Н.Н., 36, 37, 41
 Заурбекова Ж.А., 112, 123, 153, 156
 Здоровец М.В., 89, 90, 90, 96, 127
 Зеленская Н.С., 33
 Зильгараева А.К., 245
 Зима Г.В., 149
 Зиновьев В.Г., 266
 Зрюев В.Н., 53
 Зырянова Р., 98
 Ибрагимова Э.М., 87, 131
 Ибраимов И.У., 163
 Игамов С., 44
 Идинов М.Т., 225
 Ильин А.М., 107
 Иманова Г.Т., 121
 Иркимбеков Р.А., 152
 Ирмухаметова Г.С., 231, 260
 Исатаев Т., 36
 Исатов А., 36
 Исемберлинова А.А., 234
 Искаков Б.А., 36, 37, 41
 Исламов А.Х., 87
 Исмайилова Р.С., 93
 Исматов Н.Б., 235
 Исмоилов Ш.Х., 74
 Қабулбек Е.Б., 153
 Кабдыракова А.М., 197, 207
 Кабрахимова Г.Д., 55
 Кабирова Г.М., 170, 171, 188, 198
 Кадменский С.Г., 253
 Кадырбеков Н.Р., 237
 Кадырбеков Р.Т., 237
 Кадыржанов К.К., 96
 Кайырды Г.К., 124
 Каманин Д.В., 249
 Караева К.Г., 261
 Караиванов Д.В., 254
 Карманов А.В., 239
 Карманова О.В., 253
 Карпиков А.Н., 80, 94
 Каршиев Д.А., 44
 Карманов А.В., 239, 253
 Кашиайкин П.Ф., 152
 Кемелбекова А., 126
 Кемелжанова С.Е., 34, 50
 Кенжина И.Е., 147, 156
 Керимкулов Ж.К., 40, 41, 43, 44
 Ким А.А., 237
 Киреева Д.Р., 155
 Кирдяшкин В.И., 106
 Кирюшин Ю.Т., 53
 Кислицин С.Б., 80, 94, 115, 128
 Клопотов А.А., 115
 Кобзарь Л.Л., 155
 Кобялко В.О., 241, 252
 Коваленко О.И., 241
 Коваль Н.Н., 265
 Ковальский Е.А., 264
 Кодина Г.Е., 256
 Кожамкулов Т.А., 47, 49
 Козловский А.Л., 89, 90, 90, 96
 Колесников А.О., 53
 Колобердин М. В., 127
 Колодийска Д., 97
 Колточник С.Н., 147
 Коробейников М.В., 112, 117, 243, 253
 Король Р.А., 192
 Корнеев С.В., 151
 Корольков И.В., 89
 Кошжанов А. Т., 186
 Коянбаев Е.Т., 87
 Красикова Р.Н., 230
 Краснопёрова М.В., 162, 170, 170, 173
 Кривицкий П.Е., 165
 Куаньшибеков Т.К., 107
 Куванбаева Б.А., 244
 Кувыкин И.В., 264
 Кувыкина М.Б., 233
 Кудабаетова М.А., 102
 Кудиратов С., 49, 145
 Кудратов Х.Н., 87
 Кудряшов В.В., 125
 Кукушкин И.М., 142
 Кулабдуллаев Г.А., 237
 Кулбатыр Ж., 124
 Кулиев М.М., 93
 Куликовская А.В., 151
 Кулик М., 97
 Кульджанов Б.К., 206
 Кульсартов Т.В., 112, 123, 152, 153, 156

Кунгуров Ф.Р., 141, 145
 Кундузбаева А.Е., 197, 207
 Купчишин А.И., 84, 99, 106, 111, 122, 122
 Курахмедов А., 40
 Курбаков Д.Н., 169
 Курбанов Б.И., 180, 206
 Ларенков А.А., 256
 Ларионов А.С., 80, 94, 115, 116
 Ларионова Н.В., 165, 168, 179, 205, 207
 Ларькина М.С., 259
 Лебедев В.Т., 266
 Лебедев В.М., 33
 Лебедев И.А., 47, 76, 85, 86, 134
 Лебедев И.И., 145, 148, 150
 Левашов М.А., 174, 193
 Ленник С.Г., 160, 170, 171, 188, 198, 208
 Лесков А.С., 233
 Лой Н.Н., 250
 Ли Р.А., 203
 Лукашенко С.Н., 169, 195
 Лукстиньши Ю., 53
 Лутпуллаев С.Л., 35
 Ляхова О.Н., 181, 184, 199
 Мавлянов И.Р., 237
 Магеррамов А.М., 75
 Мадатов Р.С., 132
 Макарова В.А., 174, 183, 193
 Макарычев С.В., 166
 Максимкин О.П., 77, 79, 82, 125
 Максимов С.А., 248
 Максумов Н.Р., 141
 Малышева А.О., 256
 Мамаюсупова М.И., 16
 Мамедов Б.А., 75, 196
 Мамедов Д.Ш., 258
 Мамедов Ш.М., 258
 Мамедова Г.А., 229
 Маммадов Р.А., 129
 Мамырбаева А.С., 167
 Манакова И.А., 92, 101, 108, 109
 Маринов Г. М., 254
 Маринова А. П., 254
 Масимов Е.А., 196
 Матиенко Л. Д., 162, 186
 Махкамов Ш.М., 110, 135
 Махмудов Н.М., 83
 Махмудов Ш.А., 104, 113,
 Махмудова М.М., 191
 Медведева З.В., 231, 241
 Медведский В., 98
 Медетбеков Б.С., 146
 Медетов Н.А., 122
 Мендибаев К., 36
 Меньдубаев А.Т., 197
 Мережко Д.А., 77
 Мережко М.С., 77
 Мехтиев Н., 97
 Мильц О.С., 170, 173, 186
 Миниязов А.Ж., 124
 Мирзарайимов Ж.З., 104
 Мирзоев В. С., 88
 Мирсаидов И.У., 177
 Мирсаидов У.М., 177, 191
 Мирхаджи Д.В., 170, 171
 Митропольский И.А., 53, 55, 266
 Мить А.Г., 190
 Мить К.А., 76, 126
 Михайленко М.А., 112, 117
 Мовчан С.А., 53
 Моренко В.С., 174, 182, 194, 204
 Морозова А.И., 247
 Мошиников В.А., 126
 Музафаров А.М., 180
 Мукан Ж., 42, 165, 190, 246
 Муминов С.В., 177
 Мусина А.Д., 232, 240
 Мустафаев И.И., 83
 Мухамадиев Н.С., 244
 Мухамеджанов Е., 40, 41, 43, 44
 Мухамедияров Н.Ж., 200
 Мухамедишина Д.М., 76, 126
 Мясникова Л.Н., 124, 133
 Наджафов А.И., 97, 132,
 Наджафов Б.А., 196
 Надирбеков М.С., 49
 Назаров Х.М., 191
 Наймушин А.Г., 145, 148, 150
 Нам И.В., 161
 Нассурлла М., 32, 40, 41, 42, 55
 Нассурлла Маржан, 43, 44, 50
 Нассурлла Маулен, 39, 43, 44, 50
 Небесный А.Ф., 161
 Немкаева Р.Р., 78
 Нестеров Е.А., 259
 Нехаев В.Е., 248
 Нечаев Б.А., 45
 Низамдинова Г.К., 244
 Никитин А.Н., 192
 Ниязов М.Н., 106, 122
 Ниязов Н. М., 99
 Нормуродов А.Б., 110
 Нуржих С.А., 234
 Нурбаев Б.Б., 248
 Нурбаева Д.А., 248
 Нургайсинова Н.К., 166
 Нуриев М.А., 75
 Нуриштинов И., 74, 95, 118
 Нуркин А., 45
 Нурпеисова Д.А., 245
 Нурғали Е.Е., 79
 Нуртазина Э. Р., 143
 Одилова Н.Ж., 104
 Озерной А.Н., 109
 Окунев И.С., 266
 Олжиджак А., 97
 Олексюк Д.А., 154, 155
 Олимов А.К., 35
 Олимов К., 35, 44
 Олимов Х.К., 35, 44
 Оракова М.С., 100
 Орлова Н.В., 33
 Ормантаев О.С., 34, 50
 Оруджева Дж.Р., 227
 Осинская Н.С., 206
 Осовец С.В., 175, 202
 Павлов С.С., 160
 Падалко В.Н., 45
 Паницкий А.В., 207
 Пеннионжкевич Ю.Э., 36
 Пеньков Ф.М., 45
 Передей Н., 98
 Петерсон Р.Ж., 44
 Петраков Д.С., 122
 Пилюгина А.Л., 187

Пиляр А.В., 53
 Пименов Е.П., 247
 Пиндюрин Ю.С., 161
 Пискаль В.В., 36, 37, 41
 Покровская Е.А., 234
 Покровский И.В., 164
 Полешико А.Н., 174, 182, 183
 Поливкина Е.Н., 179, 185, 207
 Полосков А.В., 234
 Полтавцева В.П., 116
 Полякова И.В., 241, 252
 Пономарева Т.С., 179
 Пономаренко Р.А., 264
 Понкратов Ю.В., 87, 152
 Попов Ю.А., 146
 Потехаев А.И., 115
 Прима А., 98
 Прозоров А.А., 146
 Прозорова И.В., 146
 Пушкирëв А., 98
 Пятков Ю.В., 249
 Раджапов С.А., 161
 Радченко В.М., 248
 Разин С.В., 53
 Рамазанов Т.С., 49
 Рафииков А.К., 104
 Рахманов С.Дж., 113
 Ремнев Г.Е., 234
 Рогов А.С., 259
 Рутковская К.К., 151
 Рухин А.Б., 165, 190, 246
 Рябикин Ю.А., 134
 Рябов В.А., 37
 Рягузов А.П., 77, 78, 102
 Рыбаков А.А., 53
 Рыскулов А., 80
 Сабзалиев С.А., 120, 121
 Сабидолда А., 40, 41, 43, 44, 50
 Сагимбаева Ш.Ж., 124
 Садкин В.Л., 259
 Садиков И.И., 163
 Садуев Н., 50
 Садыиков Б.М., 32, 38, 42, 55
 Садыиков Ж.Т., 37, 41
 Садыиков Т.Х., 37, 50
 Саидахмедов К.Х., 74, 95, 118
 Сайранбаев Д.С., 147
 Сакута С.Б., 39, 43, 50
 Салихов Н.М., 36, 41
 Салманов Ф.Т., 129
 Сальменбаев С.Е., 166
 Салямов Р.Р., 260
 Самедов О.А., 97
 Самедов С.Ф., 97
 Самсонов В.А., 53
 Сандалов В.Н., 131
 Сандыбаев М.Н., 232
 Санжарова Н.И., 226, 241, 244, 247, 250, 252
 Сардарлы Р.М., 129
 Сарсенбаева К.Б., 100
 Саруханов В.Я., 252
 Сатпаев Д.А., 116
 Саттиев А.Р., 135
 Сапатаев Е.Е., 87
 Светачева Ю.В., 199
 Севериненко М.А., 174, 183, 193
 Серебренииков М.А., 234
 Середавина Т.А., 165, 190
 Сергеев Д.М., 133
 Серикканов А.С., 85
 Сержанова З.Б., 184, 185
 Сидоров А.В., 243, 251
 Силачев И.Ю., 170, 171
 Сильнягин А.П., 251
 Сильнягин П.П., 142
 Скаков М.К., 124
 Скворцова Т.Ю., 263
 Скубо Ю.В., 264
 Скуратов В.А., 127
 Скуридин В.С., 259
 Сляднева В.Н., 203
 Смагин А.И., 202
 Смирнов В.И., 36
 Смольников Н.В., 145, 148, 150
 Соколенко Е.К., 160, 171
 Соколов И.А., 124
 Соловьева С.Л., 264
 Солодухин В.П., 160, 170, 171, 188, 208
 Спасский А.В., 33
 Спиров Р.К., 192
 Стасюк Е.С., 259
 Степанова О.А., 236
 Стрекаловский А.О., 249
 Стрекаловский О.В., 249
 Стрильчук Ю.Г., 172
 Суздальцева Т.В., 188
 Сулайманов Н.Т., 110
 Сулаймонов А.А., 104
 Сулакишин С.А., 265
 Сураев А.С., 152
 Суслов Е.Е., 100
 Сулова О.В., 250
 Сушков П.А., 266
 Сушкова Н.С., 165, 190, 193, 246
 Тагиев Б.Т., 132
 Тагиев Т.Б., 80
 Тагиев Т.В., 132
 Таипова Б.Г., 84, 99, 122
 Талпакова К., 41
 Тастанова К., 36, 37, 41
 Таутаев Е.М., 36, 37, 41
 Ташметов М.Ю., 104, 110, 135, 235
 Темербулатова Н. Т., 254
 Темиров Ф.Н., 49
 Темиралиев А.Т., 86
 Темиржанова А.Е., 200
 Тенишев В.П., 233, 241
 Тиллобоев Х.И., 176
 Тимонова Л.В., 181, 184
 Тимохина Н.И., 192
 Тихомиров С.Г., 239, 253
 Ткаченко В.О., 243, 251
 Тожимаматов Ш.Д., 44
 Токарева О.М., 225
 Томпакова Н.М., 85
 Томсон А.В., 169
 Топорова А.В., 168
 Тронин Б.А., 84
 Трчинска А., 50
 Тулегенов М.Ш., 143
 Тулегенова М.А., 107
 Туленбергенев Т.Р., 124
 Тулеушев Ю.Ж., 45, 100, 113
 Тумабаева А.М., 231

Туракулов С.А., 51
 Турдиев С.Ю., 180
 Турсунов Э.М., 51
 Турченко Д.В., 165, 199
 Тусеев Т.Т., 119
 Тусупова А.Д., 232, 240
 Тюкавина Т.М., 266
 Убаев Ж.К., 124
 Уета Ш., 142
 Умаров М.А., 166, 172
 Умарова Ф.Т., 110
 Умархалинова А. Ж., 143
 Усабаева Г., 38
 Фазылов М.И., 35
 Фатеев О.В., 53
 Федоровский С.Ю., 264
 Федосимова А.И., 47, 86
 Филиппова Л.Н., 193, 203
 Филиппов А.В., 45
 Филипович М., 45
 Философов Д.В., 254
 Фирсова В.В., 128
 Фоков Ю.Г., 151
 Хабаргельдина М., 36, 37, 41
 Хайитов И. А., 87
 Харкин П.В., 162, 173, 186
 Хасанов М., 144
 Хидиров И., 113
 Ходарина Н.Н., 99
 Ходжаев Р., 39, 40, 41, 43, 44
 Холмедов Х.М., 135
 Хромушин И.В., 82, 91, 103, 128, 128
 Хужаев С., 248, 255
 Хуторянский В.В., 231
 Цай К.В., 125
 Цыгвинцев П.Н., 226
 Чакрова Е.Т., 231, 241
 Чекушина Л.В., 94
 Чепурнов В.В., 53
 Чепурнов В.Ф., 53
 Чередниченко О.Г., 187
 Черемухина Г.А., 53
 Чиж Т.В., 244, 250
 Чихрай Е.В., 112, 123, 141, 153, 156
 Чубик М.В., 234
 Чумаков Д.К., 45
 Шаймерденов А.А., 142, 147, 148
 Шакенов Е.З., 200
 Шатров А.Н., 177
 Шафиз С.А., 111
 Шаханов К.Ш., 84
 Швырев С.И., 204
 Шевченко Ю.С., 168
 Шелихова Е.А., 259
 Шерметова М.А., 122
 Шибата Т., 142
 Шин В.И., 265
 Шлимас Д.И., 96
 Шмыгалева Т.А., 111
 Шоканов А.К., 92, 101, 108
 Штарклев Е.А., 243, 251
 Шункеев К.Ш., 124, 133
 Шуляк Г.И., 266
 Эдомская М.А., 195, 198
 Эзау П.Д., 34, 50
 Эрдонов М.Н., 135
 Эрматов К.А., 191
 Эсанов З.У., 95
 Эюбов К.Т., 88
 Юлдашев Б.С., 44, 141
 Юнусов М.М., 176
 Юшков А.В., 48
 Якушев Е.М., 189
 Яровчук А.В., 82

УДК 621.039.51-73; 539.12.04; 539.17; 502.175-027.21; 544.25.057
ББК 22.383; 22.37; 24.13; 31.42; 31.46

ISBN 978-601-332-323-7

II Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» (12-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 1-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве», 10-й Семинар по развитию азиатских баз данных по ядерным реакциям). Тезисы докладов. – Алматы: РГП ИЯФ, 24-27 июня 2019г. – 292 с.

II International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies» (12th International Conference «Nuclear and Radiation Physics», 1st International Conference «Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture», 10th Workshop «Asian Nuclear Reaction Database Development»). Abstracts. – Almaty: RSE INP, June 24-27, 2019. – 292p.

© РГП «Институт ядерной физики», 2019

**РГП «Институт ядерной физики»
Министерства энергетики Республики Казахстан
050032, г. Алматы, ул. Ибрагимова, 1
Тел. +7(727)3866800, факс +7(727)3865260
info@inp.kz
www.inp.kz**

**RSE «The Institute of Nuclear Physics»
of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
1 Ibragimov St. Almaty, 050032
Tel. +7(727)3866800, fax +7(727)3865260
e-mail: info@inp.kz
www.inp.kz**