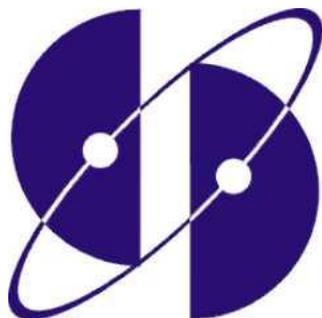


**Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan
Institute of Nuclear Physics**



**III International Scientific Forum
“NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGIES”
dedicated to the 30th anniversary of Independence
of the Republic of Kazakhstan**

ABSTRACTS

13th International Conference "Nuclear and Radiation Physics"

**2nd International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in
Medicine, Industry and Agriculture"**

**5th ISTC-CERN-JINR-Kazakhstan Summer School on High Energy
Physics, Accelerator Technologies, Nuclear and Radiation Physics,
Nuclear Medicine**

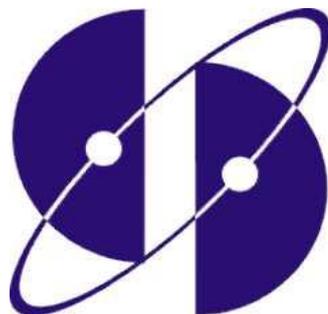
**11th Workshop "Central Asian Nuclear Reaction Database
Development"**

20-24 September, 2021

Almaty, Republic of Kazakhstan

Almaty- 2021

**Министерство энергетики Республики Казахстан
Институт ядерной физики**



**III Международный научный форум
«ЯДЕРНАЯ НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ»,
посвященный 30-летию Независимости
Республики Казахстан**

ТЕЗИСЫ

13-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика»

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

5-я летняя школа МНТЦ-ЦЕРН-ОИЯИ-Казахстан по физике высоких энергий, ускорительной технике, ядерной и радиационной физике, ядерной медицине

11-й Семинар по развитию Центрально-Азиатских баз данных по ядерным реакциям

20-24 сентября 2021 г.

Алматы, Республика Казахстан

Алматы–2021

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: PhD Каракозов Б.К.

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

М43 III Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» (13-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 2-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве», 5-я летняя школа МНТЦ-ЦЕРН-ОИЯИ-Казахстан по физике высоких энергий, ускорительной технике, ядерной и радиационной физике, ядерной медицине; 11-й Семинар по развитию Центрально-Азиатских баз данных по ядерным реакциям): Тезисы докладов. = III International Scientific Forum "Nuclear Science and Technologies" (13th International Conference "Nuclear and Radiation Physics", 2nd International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture", 5th ISTC-CERN-JINR-Kazakhstan Summer School on High Energy Physics, Accelerator Technologies, Nuclear and Radiation Physics, Nuclear Medicine; 11th Workshop "Central Asian Nuclear Reaction Database Development"). Abstracts: –Алматы: РГП ИЯФ, 2021. – 304 с. – рус., англ.

ISBN 978-601-08-1370-0

В сборнике представлены тезисы докладов участников III 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 978-601-08-1370-0

© РГП «Институт ядерной физики», 2021

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
al-Farabi Kazakh National University
L.N. Gumilyov Eurasian National University

INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

Chairman: Mirzagaliyev M.M. (ME RK, Kazakhstan)

Members:

Bonatsos D. (NCSR "Demokritos", Greece)	Sanjarova N.I. (RSRIARAE, Russia)
Garibov A.A. (NNRC, Azerbaijan)	Spitaleri C. (Catania University, Italy)
Itkis M.G. (JINR)	Stebelkov V.A. (ITEPh, Russia)
Kadyrzhanov K.K. (ENU, Kazakhstan)	Suzuki T. (Saitama University, Japan)
Kimura M. (JAEA, Japan)	Sydykov E.B. (ENU, Kazakhstan)
Kodina G.E. (FSBE SSC FMBC, Russia)	Tuimebaev J.K. (KazNU, Kazakhstan)
Trubnikov G.V. (JINR)	Tostevin J.A. (Surrey University, UK)
Merola M. (ITER, France)	Harakeh M. (Kernfysisch Versneller Institute, Netherlands)
Otsuka T. (Tokyo University, Japan)	Hosoda T. (Chiyoda Technol Corporation, Japan)
Peterson R.J. (Colorado University, USA)	Yuldashev B.S. (AS Republic of Uzbekistan)
Remnev G.E. (TPU, Russia)	
Rusek K. (Warsaw University, Poland)	

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Karakozov B.K. (INP, Kazakhstan)

Vice-Chairman: Burtebayev N. (INP, Kazakhstan)

Members:

Abramovich S.N. (RSRIEPh, Russia)	<u>Maksimkin O.P.</u> (INP, Kazakhstan)
Abishev M.E. (KazNU, Kazakhstan)	Hanan N. (Argonne National Laboratory, USA)
Artemov S.V. (INP, Uzbekistan)	Otsuka N. (IAEA)
Batyrbekov E.G. (NNC RK, Kazakhstan)	Potekaev A.N. (TSU, Russia)
Boztosun I. (Akdeniz University, Turkey)	Rusakov V.S. (MSU, Russia)
Borisenko A.N. (JS PNT, Kazakhstan)	Sadikov I.I. (INP, Uzbekistan)
Dalkarov O.D. (PhIRAS, Russia)	Sakuta S.B. (NRC Kurchatov Institute, Russia)
Janseitov D.M. (INP, Kazakhstan)	Skakov M.K. (NNC RK, Kazakhstan)
Zholdybaev T.K. (INP, Kazakhstan)	Tazhibayeva I.L. (CSNT, Kazakhstan)
Zdorovets M.V. (INP, Kazakhstan)	Turebaev A.B. (ISTC)
Zelenskaya N.S. (MSU, Russia)	Trzaska W. (University of Jyväskylä, Finland)
Kadmenskiy S.G. (Voronezh University, Russia)	Uglov V.V. (BSU, Belarus)
Kawamura H. (Chiyoda Technol Corporation, Japan)	Shvetsov V.N. (JINR)
Kislitsin S.B. (INP, Kazakhstan)	Shibata T. (JAEA, Japan)
Krasikova R.N. (HBI RAS, Russia)	Short M. (MIT, USA)
Lukashenko S.N. (RSRIARAE, Russia)	

FORUM TOPICS

13th 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

2nd 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

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

От имени Министерства энергетики Республики Казахстан и Организационного комитета приветствую вас на III Международном научном форуме «Ядерная наука и технологии», приуроченного к 30-летию Независимости Республики Казахстан, организованного на базе Института ядерной физики в городе Алматы.

За годы независимости, Институт ядерной физики пережил немало событий, которые определили основной вектор развития науки на будущее. С 1997 года Институт проводит Международную научную конференцию по ядерной и радиационной физике, которая заняла достойное место среди значимых событий в научной жизни Казахстана, в частности в атомной отрасли.

С 2017 года традиционная конференция была преобразована в Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» участниками которого являются ученые и научные сотрудники сильнейших научных - исследовательских институтов по всему миру.

Елбасы Нурсултан Абишевич Назарбаев высоко отмечает значимость развития отечественной науки и подчеркивает, что основа нашего долгого пути – это образование и наука и победит тот, у кого сильное образование и передовая наука.

Президент РК Касым-Жомарт Кемелевич Токаев в своем послании отметил, что «наука рассматривается как важная составляющая научно-технического прогресса, без которого невозможно развитие общества, государства и движение вперед».

В Республики Казахстан 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.

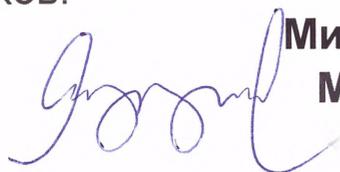
Ядерные и радиационные технологии находят применение в самых разнообразных областях, которые включают здравоохранение, сельское хозяйство, окружающую среду, водные ресурсы, энергетику, ядерную и радиационную безопасность.

Форум является площадкой для обсуждения актуальных проблем ядерной и радиационной физики, материаловедения, радиационной экологии, методов анализа, ядерных и радиационных методов в медицине, промышленности и сельском хозяйстве ведущими учеными из разных стран мира.

Проведение форума способствует повышению интереса студентов, магистрантов, докторантов, молодых ученых, специалистов отраслевых организаций к научной деятельности, что положительно отразится на уровне профессиональной подготовки специалистов.

Выражаем надежду, что форум объединит высококвалифицированных специалистов, талантливых молодых людей из разных стран и предоставит им возможность поделиться плодами научных исследований.

Желаю участникам форума содержательных дискуссий, плодотворной работы и успехов!



**Министр энергетики
Мирзагалиев М.М.**

**Dear participants and guests of the
III International Scientific Forum
«Nuclear Science and Technologies»!**

On behalf of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan and the Organizing committee, I welcome you to the III International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies», devoted to the 30th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan, which is organized on the basis of the Institute of Nuclear Physics in Almaty city.

Over the years of the country's independence, the Institute has experienced many events that have determined the main direction of science development for the future. Since 1997, the Institute has been holding the International Scientific Conference on Nuclear and Radiation Physics, which occupies a worthy place among the significant events in the scientific life of Kazakhstan, in particular in the nuclear industry.

Since 2017, the traditional conference has been transformed into the International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies», whose participants are scientists and researchers from the strongest scientific research institutes around the world.

Elbasy Nursultan Abishevich Nazarbayev always highlights the high importance of domestic science and emphasizes: «The basis of our long journey is education and science, and the one who has a strong education and advanced science will win».

The President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Kemelevich Tokayev in his message noted that «Science is considered as an important component of scientific and technological progress, without which the development of society, the state and progress forward is impossible».

In the Republic of Kazakhstan, as the most important breakthrough changes, a systemic reform on technological renewal and digitalization of the industry will be implemented, within the framework of which it is planned to reorient the existing system of scientific research to active support of technological modernization.

Nuclear and radiation technologies find applications in a wide variety of areas, which include health care, agriculture, the environment, water resources, energy, nuclear and radiation safety.

The Forum is a platform for discussion of current problems of nuclear and radiation physics, materials science, radiation ecology, methods of analysis, nuclear and radiation methods in medicine, industry and agriculture by leading scientists from different countries of the world.

The Forum promotes the interest growth of students, undergraduates, doctoral students, young scientists, specialists from industry organizations to the scientific activities, which will be positively reflected in the level of professional training of the specialists.

We express the hope that the forum will bring together highly qualified specialists, talented young people from different countries and will provide them an opportunity to share the results of scientific research.

I wish the participants of the Forum meaningful discussions, efficient work and success!

**Minister of Energy
M. Mirzagaliev**

**13th 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

**13-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

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE RSE INP FOR 2021-2025

Karakozov B.K.

RSE "Institute of Nuclear Physics" RK ME, Kazakhstan

During establishment of the INP in 1957, the President of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, the Academician Satpayev K.I. in his address to the Council of Ministers of the USSR and the Central Committee of the CPSU wrote the following: "The huge expansion of the productive forces of Kazakhstan requires, first of all, introduction of the latest achievements of nuclear physics into all sectors of industry, agriculture and healthcare." These words are still relevant today.

The RSE INP is the unique specialized organization in the Republic of Kazakhstan that implements complex fundamental and applied scientific research in the area of nuclear and radiation physics, materials science, radioecology, radiochemistry, radiopharmaceuticals, physics of nuclear reactors and charged particle accelerators.

The Institute was planned as a basic organization for training of the highly qualified personnel in nuclear physics, high energy physics and instrumentation. In addition, the experimental and scientific-technical infrastructure of the Institute was created as the basic structure for the country's leading universities for industrial and course practice and preparation of diploma papers by the students studying in nuclear specialties through direct participation in the scientific-technical research in the area of peaceful use of atomic energy.

It should be noted that, for more than half a century of scientific-technical activity of the Institute of Nuclear Physics, its main strategic goals have remained unchanged, which emphasizes the role and significance of the Institute in the nuclear science of Kazakhstan.

For the next 5 years, the Development Strategy of the Institute includes the following areas of fundamental and applied research, development and application of new nuclear and radiation technologies in industry, medicine and agriculture:

- Nuclear physics.
- Radiation physics of solids and materials science.
- Physics and technology of nuclear reactors and charged particle accelerators.
- Radioecology and ecology.
- Development of nuclear-physical methods in biology and medicine.
- Development and practical implementation of the nuclear-physical methods, nuclear and radiation technologies for production of finished products and provision of the services in the interests of industry, healthcare, agriculture, science and education.
- Nuclear and radiation safety at the operating and designed nuclear facilities.
- Support of the nuclear non-proliferation regime.
- Organization of training and advanced training, attestation and certification of personnel for the nuclear industry of the Republic of Kazakhstan jointly with the country's leading universities and international nuclear centers.
- International cooperation, holding the seminars, meetings and conferences.

In the period 2021-2023, the scientific-technological research at the Institute is performed within the framework of four scientific-technical programs of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (2 programs) and the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (2 programs), as well as on 11 topics of grant funding of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. This made it possible to double the funding of science at the Institute for the next three years compared to 2018-2020. Currently, the fifth scientific-technical program on hydrogen energy is being formed. On the ongoing basis, the works are continued on preparation of new Grant Projects for participation in the upcoming Call of Proposals of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

APPLICATION OF GEOMETROTHERMODYNAMICS TO SOME THERMODYNAMICS SYSTEMS AT FINITE BARYON DENSITY AND TEMPERATURE PREDICTED BY THE METHOD OF HOLOGRAPHIC DUALITIES

Kemelzhanova S.E.¹, Zazulin D.M.^{1,2}, Sidorov Ya.V.¹, Tursumbekov A.Sh.¹*

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

*denis_zazulin@mail.ru

The geometric properties of the equilibrium manifolds of two thermodynamic systems with strong interactions at finite baryon density and temperature described by the holographic dualities method [1,2] have been studied in this work. Geometrothermodynamics [3,4] was used as the formalism of the study, which allows to obtain results invariant with respect to the Legendre transformations, i.e. independent of the choice of thermodynamic potentials. Moreover, in the regions near the phase transitions, the scalar curvature of the corresponding equilibrium manifolds tends to infinity. This fact is convenient for searches of unknown phase transitions in insufficiently explored thermodynamic systems.

In this approach, thermodynamic system with a finite baryon density at zero particle mass [1] have been considered. For the system the thermodynamic potentials Ω that depend on the chemical potential μ and temperature T was taken as thermodynamic potential.

Also we considered a new type of quantum liquid with a zero-sound mode at low temperatures in its spectrum and with an exotic temperature dependence of the specific heat [2]. For this liquid, entropy and thermodynamic potential Ω were taken as the thermodynamic potentials, depending on the temperature and the baryon density.

For the systems under consideration, the results of numerical calculations of the corresponding metrics, the metric tensors determinants and scalar curvatures are presented in the form of 3-dimensional graphs. The graphs presented clearly show at what values of thermodynamic variables the scalar curvatures tend to infinity or to zero, which indicates possible phase transitions and possible compensation of interactions by quantum effects, respectively.

References:

1. 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.
2. 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.
3. H. Quevedo, (2007) Geometrothermodynamics, J. Math. Phys. 48, 013506, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2409524>.
4. H. Quevedo, A. Sanchez, S. Taj, A. Vazquez, (2011) Phase transitions in Geometrothermodynamics, Gen. Rel. Grav. 43: 1153. arXiv:1010.5599.

ASTROPARTICLE PHYSICS AND MULTIMESSENGER ASTRONOMY

Kostunin D.

DESY, Zeuthen, D-15738, Germany

Elementary particles accelerated at the astrophysical sources gain energies orders of magnitude higher than ones, which can be achieved at modern colliders. This allows us to study ultra-high energy processes by measuring the fluxes of these particles as well as by studying the particle cascades induced by them in Earth's atmosphere. Astroparticle physics studying these phenomena was grown from the cosmic-ray studies emerged more than hundred years ago and now is including very-high energy neutrino and gamma astronomy. With significant progress in instrumentation and cooperation between different facilities the simultaneous detection of different type of radiation — messengers (electromagnetic, neutrino and gravitation) from the same source became possible in recent years, which brings us to the multimessenger astronomy, a brand new field in astrophysics. In my talk I overview the history and recent progress in astroparticle physics and multimessenger astronomy and discuss the results which can bring insights to nuclear physics.

ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FOR $^{93}\text{Zr}+n \rightarrow ^{94}\text{Zr}$ FOR NUCLEAR ASTROPHYSICS

Tursunmakhatov K.I.^{1,2}, Yarmukhamedov R.²

¹Physical Department, Gulistan state university, Gulistan, Uzbekistan

²Laboratory of theoretical nuclear physics, Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

The angular distributions of $^{94}\text{Zr}(^{12}\text{C}, ^{13}\text{C})^{93}\text{Zr}$ one neutron transfer reaction has been measured at $E_{lab}(^{13}\text{C}) = 66$ MeV and used to extract the spectroscopic factor of $^{94}\text{Zr} \rightarrow ^{93}\text{Zr}+n$ with the Distorted-Wave Born Approximation (DWBA) analysis [1]. In the present work, the analysis of the differential cross sections of the above mentioned neutron transfer $^{94}\text{Zr}(^{12}\text{C}, ^{13}\text{C})^{93}\text{Zr}$ reaction has been performed within the modified DWBA [3] to obtain the ‘‘indirectly determined’’ values of the asymptotic normalization coefficient ($C_{93\text{Zr}n}^2$) for $^{94}\text{Zr} \rightarrow ^{93}\text{Zr}+n$. To determine the absolute values of the ANCs in ^{94}Zr , the ANC for $^{13}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{C}+n$ was taken to be $C_{13\text{C}1/2}^2 = 2.35 \pm 0.12 \text{ fm}^{-1}$ as calculated from the value of the nuclear vertex constant, $G^2 = 0.39 \mp 0.02 \text{ fm}$, extracted in Ref. [2]. All calculations were carried out with the code LOLA [4].

The contribution of the three particle Coulomb dynamics in the pole neutron transfer mechanisms was taken into account. The explicit expressions of the Coulomb renormalization factors were given in Refs. [5]. The Coulomb renormalization factors depend on the projectile energy, the binding energies of the ^{13}C and ^{94}Zr nuclei in the ($^{12}\text{C}+n$) and ($^{93}\text{Zr}+n$) channels, respectively, and Coulomb parameters for the bound states of the ^{13}C and ^{94}Zr nuclei in the entrance and exit channels.

We have changed the geometric parameters r_0 and a of the Woods-Saxon potential, used for calculation of the bound ($^{93}\text{Zr}+n$) state wave functions, in wide physically acceptable ranges ($r_0 = 1.15 \div 1.40 \text{ fm}$ and $a = 0.50 \div 0.75 \text{ fm}$) with respect to their ‘‘standart’’ values ($r_0 = 1.25 \text{ fm}$ and $a = 0.65 \text{ fm}$). Such variation of the r_0 and a results in changing the single-particle ANCs ($b_{93\text{Zr}n} = b_{93\text{Zr}n}(r_0, a)$ with $j_{94\text{Zr}} = \frac{5}{2}$).

It was shown that the neutron transfer $^{94}\text{Zr}(^{12}\text{C}, ^{13}\text{C})^{93}\text{Zr}$ reaction at the projectile energy $E_{lab}(^{12}\text{C}) = 66 \text{ MeV}$ was peripheral and the weighted mean value of the extracted ANCs were found to be $C_{93\text{Zr}n}^2 = 526.6 \pm 18.3 \text{ fm}^{-1}$. The uncertainty involves the uncertainty arising because of a change of the $R(E, \theta; b_{12\text{C}n}, b_{93\text{Zr}n})$ function at variation of the free parameter $b_{93\text{Zr}n}$, where $b_{93\text{Zr}n} = b_{93\text{Zr}n}(r_0, a)$ in which r_0 and a are the geometry parameters of the Woods-Saxon potential adopted, the uncertainty of the ANC for $^{13}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{C}+n$ and the experimental errors for the differential cross section. The different optical potentials also were used in the calculation for estimation of the values of ANC for $^{94}\text{Zr} \rightarrow ^{93}\text{Zr}+n$ and its uncertainty.

The weighted mean value of the extracted values of the asymptotic normalization coefficients was used for calculating astrophysical S factors of the $^{93}\text{Zr}(n, \gamma)^{94}\text{Zr}$ reaction at low energies including $E=0$.

References:

1. L. Gan et al., Phys. Rev. C 97, 064614 (2018).
2. N.K. Timofeyuk et al., Nucl. Phys. A 620, 29 (1997).
3. A.M. Mukhamedjhanov et al. Phys. Rev. C 56, 3, (1997).
4. R.M. DeVries, Phys. Rev. C 8, 3, (1973).
5. Sh. S. Kajumov, Z. Phys. A-atomic Nuclei 336,297-302 (1990).

AXIALLY SYMMETRIC PARTICLE LIKE SOLUTIONS IN PROCA-HIGGS THEORY

Dzhunushaliev V.^{1,2}, Folomeev V.³

¹Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan

²Institute of Nuclear Physics, Almaty 050032, Kazakhstan

³Academician J.~Jeenbaev Institute of Physics of the NAS of the Kyrgyz Republic, 265 a, Chui Street, Bishkek 720071, Kyrgyzstan

We study localized axially symmetric solutions in the SU(2) non-Abelian Proca-Higgs theory, which have a finite total field energy. It is shown that such solutions are analogous to the Nielsen-Olesen tube, since they have a longitudinal magnetic field that creates a flux of this field through the central section of the Proca tube. The main difference between the Proca tube and the Nielsen-Olesen tube is that the Proca tube is a topologically trivial solution and has finite dimensions, since its energy density decreases exponentially asymptotically. The dependence of the total field mass of the Proca tube on one of the parameters determining the solution is investigated. Solutions are obtained both in the presence and in the absence of sources (charge and current densities).

B MESON RARE DECAYS

Issadykov A.^{1,2}, Tyulemissov Zh.^{1,2}

¹The Institute of Nuclear Physics, Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, 1 Ibragimova, 050032, Almaty, Kazakhstan

²Joint Institute for Nuclear Research, 6 Joliot-Curie, 141980, Dubna, Moscow region, Russia

We study the rare decays corresponding to $b \rightarrow d$ transition in the framework of covariant confined quark model. The transition form factors for the channels $B \rightarrow (\pi, \rho, \omega)$ and $B_s \rightarrow K(*)$ are computed in the entire dynamical range of momentum transfer squared. Using the form factors, we compute the branching fractions of the rare decays and our results are found to be matching well with the experimental data. We also compute the ratios of the branching fractions of the $b \rightarrow s$ to $b \rightarrow d$ rare decays using the inputs from previous papers on this model.

CHARGE CHANGING CROSS SECTIONS FOR Ca ISOTOPES AND EFFECT OF CHARGED PARTICLE EVAPORATION

Tanaka M.

RIKEN Nishina Center, Wako, Japan for RIBF123 collaboration

A nuclear matter radius is one of the fundamental quantities to study the nuclear structures. Especially, the measurement of interaction cross section is a powerful tool to deduce matter radii of unstable nuclei far from the stability line. This method has played a crucial role not only in the discovery of halo and skin structures [1-3] but also in probing the drastic change of nuclear structure across the magic number [4].

A nuclear charge radius, which represents charge spreads in nuclei, also gives complementary information on the size of the nucleus. To extract charge radii of unstable nuclei, the isotope-shift (IS) method is generally regarded as the only way. However, the IS method cannot be applied to unstable nuclei far from the stability line and particular elements due to the difficulty in the beam production technique.

A charge-changing cross section (σ_{CC}) is one of the possible quantities to derive charge radii. The σ_{CC} measurement can be performed even with the low intense heavy-ion beams such as a few particles per second. Therefore, this method has the potential to study the charge radius of a very neutron-rich nucleus. The σ_{CC} measurement has so far been utilized to derive charge radii of light-mass nuclei [5]. However, the empirical scaling factor is usually required for the derivation of charge radius from σ_{CC} [6].

To understand the relation between σ_{CC} and the charge radius in detail, we extended the study of σ_{CC} to heavier isotopes, $^{42-51}\text{Ca}$, whose charge radii have already been measured via the IS method [7]. The experiment was performed at the RIBF facility (RIKEN) by using the BigRIPS fragment separator. From the comparison between the experimental results and the conventional Glauber-model calculations with the known charge-radius data as input values, the effect of charged-particle evaporation induced by neutron removal reaction was indicated. By taking this effect into account in addition to the conventional calculation, the experimental σ_{CC} data for nuclides from Be to Fe were simultaneously explained without the phenomenological scaling.

References:

- [1] I. Tanihata *et al.*, Phys. Rev. Lett. 55, 2676 (1985).
- [2] T. Suzuki *et al.*, Phys. Rev. Lett. 75, 3241 (1995).
- [3] A. Ozawa *et al.*, Nucl. Phys. A693, 32 (2001).
- [4] M. Tanaka *et al.*, Phys. Rev. Lett. 124, 102501 (2020).
- [5] S. Bagchi *et al.*, Phys. Rev. Lett. B 790, 251-256 (2019), and references therein.
- [6] T. Yamaguchi *et al.*, Phys. Rev. Lett. 107, 032502 (2011), and references therein.
- [7] R. F. Garcia Ruiz *et al.*, Nature Phys. 12, 594-598 (2016).

CHARGE DISTRIBUTIONS OF HEAVY FISSION PRODUCTS FROM $^{239}\text{Pu}(n_{th},f)$ REACTION

Abdullaeva G.A., Kulabdullaev G.A.

Institute of nuclear physics Academy of Science of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Fission yields are very important data for nuclear applications. For example, they represent part of the input data of the various simulation codes. Similarly, theoretical models that attempt to reproduce these distributions need experimental values to which they can compare. In the past, the INP mass spectrometer has made it possible due to its very good mass and energy resolution, to determine with great precision the yields of heavy fission products for many fission systems - $^{233}\text{U}(n_{th}, f)$, $^{235}\text{U}(n_{th}, f)$, $^{239}\text{Pu}(n_{th},f)$ and $^{241}\text{Pu}(n_{th}, f)$ were measured [1-3]. An available exhaustive experimental data of the heavy fission products mass yields $Y(A)$ allows to obtain the charge and energy distributions.

In this research the ion charge distributions of $^{239}\text{Pu}(n_{th}, f)$ reaction heavy products were particularly studied. The ionic charges of heavy fission products have been described by the V. Nikolaev model [4].

References:

1. Абдуллаева Г.А., Коблик Ю.Н., Морозов А.П. и др // Доклады Международной конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы мирного использования атомной энергии» 6-8 июня 2012г., Алматы, с.172.
2. G.A. Abdullaeva, Yu.N. Koblik, V.P. Pikul et al. // Charge, Mass and Energy Distributions of Fission Fragments in ^{235}U and ^{239}Pu (n_{th}, f) Reactions, International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering, Volume 3, Issue 3, 2013, pp 72-77.
3. G.A. Abdullaeva, G.A. Kulabdullaev, T.T. Rakhmonov et al. // Book of Abstracts: International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies», Almaty, September 12-15, 2017, p 33.
4. V.S. Nikolaev and I.S. Dmitriev // Phys. Lett. A, Volume 28A, №4, 1968, 277.

CHROMODYNAMICS OF FISSION

Kunakov S.K.

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

It should also be noted that the transformation of the energy of strong interactions into the kinetic energy of fission fragments can not occur without the appearance of neutrinos or antineutrinos due to the weak interaction processes. Any radioactive decay, as well as any process of nuclear fission results in the formation of fast particles, necessarily including their immanent satellites, antineutrinos and neutrinos. Numerous experimental studies prove that these antineutrinos and neutrinos propagate in all directions and carry practically all information about what happens inside the reactor on the Earth or in outer space where the fissioning processes take place. This paper analyzes the fission process ${}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^3_1\text{T} + 0.76 \text{ MeV}$ with a focus on the problem. This fission reaction is unknown from the point of view of quantum chromodynamics. The presented outcome of this nuclear reaction is certainly not the only one. The construction of the Lagrangian function of the process and the solution of the correspondent Dirac equations is beyond the scope of the present paper. However, as a first step in solving this problem, the forthcoming general analysis of the ways how fission processes proceed analogously to the nuclear reaction of the helium-3 isotope interaction with thermal neutrons is presented.

CLARIFICATION OF THE SPECTROSCOPIC FACTOR FOR ${}^{25}\text{Mg} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \text{n}$ VIA THE "EXPERIMENTAL" ANC

Tojiboev O.R.¹, Artemov S.V.¹, Burtebayev N.², Ergashev F.Kh.¹, Kayumov M.A.¹, Karakhodjaev A.A.¹

¹Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan

²Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

Usually the differential cross sections (DCSs) of nucleon transfer reactions are analyzed within the DWBA for determination of spectroscopic factors (SFs) (see, e.g., [1] and references therein). Even when the error bars in the experimental differential cross section are small, the uncertainty of the SF resulting from normalization of the calculated DCS is often large, regardless of whether it agrees with the shell-model prediction. One of the main reasons for this fault is the strong dependence of the extracted SF on the model single-particle potential parameters.

In this work the SF is obtained for the ${}^{25}\text{Mg} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \text{n}$ configuration from the analysis of the reaction ${}^{24}\text{Mg}(\text{d,p}){}^{25}\text{Mg}$ at $E_d = 13.6$ [2] and 14.5 MeV [3] is presented. The analysis is fulfilled within the framework of the MDWBA method (see [4] and references therein). In this method, to exclude the strong dependence of results on the single-particle potential parameters the additional information about the asymptotic normalization coefficient (ANC), C^2_{exp} for ${}^{25}\text{Mg} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \text{n}$ [3] is introduced into the DWBA analysis which determines amplitude of the tail of radial overlap function for the appropriate $(A+p)$ -channel [4].

The study of the behavior of the test functions $R(b)$ [4] with selected optical potentials in the region of the main maximum of the angular distribution at both energies indicates a strong non-peripherality of the neutron transfer process in this reaction. Here b is the one-particle normalization coefficient, that determines the amplitude of the tail of the one-particle wave function of the neutron in the nucleus ${}^{25}\text{Mg}$. So, owing to the MDWBA conception, one can't extract the correct value of ANC for the configuration $\{{}^{25}\text{Mg} = {}^{24}\text{Mg} + \text{n}\}$ from the MDWBA analysis. But, one can obtain the SF $Z_{24\text{Mg}+\text{n}}$ value if the geometry parameters of the neutron bound state potential are known (or known the single particle ANC b).

With that, owing to the established value of the ANC of this configuration from the analysis of the peripheral reaction ${}^{25}\text{Mg}(\text{d,t}){}^{24}\text{Mg}$, it is possible to establish the value of the spectroscopic factor from the DWBA analysis with the additional restriction on b value. As shown in [4], the square of ANC is uniquely related to the SF Z by the relation $C^2 = Zb^2$, and the SF value for the bound state ${}^{25}\text{Mg} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + \text{n}$ can be obtained which is equal to $Z = 0.41^{+0.13}_{-0.11}$. In this case, the uncertainty of its value, associated with the ambiguity of the choice of the geometrical parameters of the nuclear potential of the bound state ${}^{24}\text{Mg} + \text{n}$, turns out to be significantly minimized.

References:

1. W.T. Pinkston, G.R. Satchler // Nucl. Phys. 72, (1965) 641.
2. Tokarevskiy V.V., Sherbin V.N. // Yadernaya fizika 22 #5, (1975) 917.
3. S.V. Artemov, N. Burtebayev, S.B. Igamov, A.A. Karakhodjaev, O.R. Tojiboev, B.S. Yuldashev // Doklady Akademii Nauk Uzbekistan #3, (2018) 38.
4. A. M. Mukhamedzhanov, C. A. Gagliardi, and R. E. Tribble // Phys. Rev. C63, (2001) 024612.

CONTRIBUTION OF AKDENIZ UNIVERSITY TO EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS RESEARCH AND APPLICATION IN TURKEY: THE RESULTS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS AND PHOTOFISSION

Boztosun I.

Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Physics, Antalya, Turkey
boztosun@akdeniz.edu.tr

In this talk, recent results on (γ,n) and (γ,p) photo-nuclear reactions and photo-fission of heavy nuclei such as Thorium, Uranium and Americium will be presented. The brems strahlung photons obtained by using an electron accelerator with 18 MeV electron beam energy has been used to irradiate the targets of mid-heavy and heavy nuclei. In the first part of this talk, half-life and energies of gamma-ray transitions of different nuclei such as Ga, Sc and Z will be presented. Then, the application of the brems strahlung photons produced by this electron linear accelerator (e-LINAC) in different fields of fundamental and applied sciences such as agriculture and foods tuffs, engineering sciences, health and medicine as well as research and development studies will also be presented.

CROSS SECTIONS FOR THE $^{14}\text{N}(n,\alpha)^{11}\text{B}$ REACTION IN THE MeV ENERGY REGION

Chuprakov I.^{1,6,7}, Sansarbayar E.¹, Gledenov Yu.M.¹, Ahmadov G.S.¹, Zolotaryova V.^{1,7}, Krupa L.^{2,5}, Zhang Guohui³, Jiang Haoyu³, Khuukhenkhuu G.⁴, Wilhelm I.⁵, Solar M.⁵, Sykora R.⁵, Kohout Z.⁵, Zhumadilov K.Sh.⁶

¹Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 141980, Russia

²Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 141980, Russia

³State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871, China

⁴Nuclear Research Centre, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

⁵Institute of Experimental and Applied Physics, Czech Technical University in Prague, Horska 3a/22, Prague 2 12800, Czech Republic

⁶L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-sultan 010000, Kazakhstan

⁷The Institute of Nuclear Physics, Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Almaty 050032, Kazakhstan

We have measured the cross sections of the $^{14}\text{N}(n,\alpha)^{11}\text{B}$ reaction in the 3.9-5.3 MeV. Experiments were performed at the Van de Graaff Accelerator EG5 of Frank Laboratory Neutron Physics, JINR. Fast monoenergetic neutrons were obtained from the reaction $^2\text{H}(d,n)^3\text{He}$ using a gaseous deuterium target. The gridded ionization chamber was used as an alpha particle detector. Thin solid samples of adenine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$) deposited on a tantalum backing were used as a target. The absolute and relative neutron flux was determined by two highly enriched $^{238}\text{U}_3\text{O}_8$ samples inside the GIC. The present results are compared with existing data and libraries.

DECAY RATES $\tau \rightarrow K^*(892)\eta\nu$ AND $\tau \rightarrow K^*(892)K\nu$ IN THE NJL MODEL

Volkov M.K.¹, Nurlan K.^{1,2,3}, Pivovarov A.A.¹

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 141980, Russia

²Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

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

The branching fractions and the differential decay width of $\tau \rightarrow K^*(892)[K,\eta]\nu$ were calculated in the Nambu–Jona-Lasinio model in the mean field approximation, which corresponds to considering quark loops in the leading order of $1/N_c$. The contributions from the contact diagram (the final states are directly produced from the lepton current without any intermediate meson states) and the diagrams with intermediate axial-vector, vector and pseudoscalar mesons in the ground and first radially excited states are taken into account. It is shown that an axial-vector and vector channel with a contact diagram give a dominant contribution to the branching fraction of $\tau \rightarrow K^*(892)K\nu$ and only an axial-vector diagram with contact term give the dominant contribution to the decay width of $\tau \rightarrow K^*(892)\eta\nu$. A prediction for the differential distribution over the invariant mass of the meson pairs $K^*(892)[K,\eta]$ are presented. We make a numerical estimate for the branching fractions $\text{Br}(\tau \rightarrow K^*(892)K\nu) = 2.0 \cdot 10^{-3}$ and $\text{Br}(\tau \rightarrow K^*(892)\eta\nu) = 1.23 \cdot 10^{-4}$.

DEVELOPMENT OF NEW SOFTWARE FOR NUCLEAR DATA COMPILATION

Sarsembayeva A.^{1,}, Odsuren M.^{2,†}, Belisarova F.¹, Taukenova A.¹, Sarsembay A.³*

¹Department of Physics and Technology, al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan

²School of Engineering and Applied Sciences,

National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14200, Mongolia

³School-Lyceum №250 n.a. T. Komekbayev, Karmakchi area, Kyzylorda region, Kazakhstan

^{*}sarsembayeva.a@kaznu.kz

[†]odsuren@seas.num.edu.mn

Nuclear reaction data is essential for research and development in nuclear physics, astrophysics, nuclear engineering, radiation ecology and radiation medicine. These fields require a variety of nuclear reactions data in the form of database accessible to nuclear data users around the world. NRDC network uses a special format of nuclear data EXFOR (EXchangeFORmat) containing extensive data on nuclear reactions with photons, neutrons, charged particles, heavy ions, the properties and structure of atomic nuclei [1]. Today EXFOR contains data from more than 20,000 experiments [2].

Maintenance of such a massive array of various data requires specialized tools with the possibility to compile, input and digitize numerical and graphic information. Al-Farabi Kazakh National University in collaboration with National University of Mongolia are developing a new user-friendly software for nuclear data input with possibility of output in EXFOR [3, 4]. We give the description and analysis of available software for nuclear data compilation.

References:

[1] Nuclear Data Services. Available from: <https://www-nds.iaea.org/>.

[2] EXFOR Database. Available from: <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm>.

[3] A. Sarsembayeva et al.: IAEA Proceedings of the Seventh Workshop on Asian Nuclear Reaction Database Development. China Institute of Atomic Energy, Beijing, China, November 8-11, 2016. P.69.

[4] A. Sarsembayeva et al.: Proceedings of the 2015 Symposium on Nuclear Data. Ibaraki Quantum Beam Research Center, Tokai-mura, Ibaraki, Japan, 19-20 November, 2015. P.81.

DIGITAL SPECTROMETRY TRACT PROTOTYPE FOR THE GABRIELA DETECTORS ASSEMBLY

Mukhin R.S.^a, Chelnokov M.L.^a, Chepigin V.I.^a, Izosimov I.N.^a, Isaev A.V.^a, Kuznetsova A.A.^a, Malyshev O.N.^{a,b},
Popoko A.G.^{a,b}, Popov Y.A.^{a,b}, Sokol E.A.^a, Svirikhin A.I.^{a,b}, Tezekbayeva M.S.^{a,c}, Yeremin A.V.^{a,b}, Hauschild K.^d

^a Joint Institute for Nuclear Research, Russia, Dubna

^b Dubna State University, Russia, Dubna

^c Institute of Nuclear Physics, Republic of Kazakhstan, Almaty

^d IJCLab, IN2P3-CNRS, France, Orsay

The experiments in transfermium isotope spectroscopy using the SHELS (the Separator for Heavy Element Spectroscopy) and the GABRIELA (Gamma Alpha Beta Recoil Investigations with the Electromagnetic Analyser) detector are conducted at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (Dubna, Russia). At the moment, the information from the detectors is processed using the classical analogue spectrometric path, which allows for excellent energy resolution. However, the dead time of this system is on the order of units of microseconds, which does not allow us to study the properties of isotopes with half-lives shorter than this value. To improve the time characteristics of the system, it was decided to develop a new digital spectrometric path consisting of a chain "preamplifier - ADC - analyzer". The dead time of the new system can be reduced, in the long term, to tens of nanoseconds. The main goal was to develop an easily scalable system for online experiments. The prototype digital spectrometric tract was assembled and tested on a beam (reaction $^{48}\text{Ca} + ^{174}\text{Yb} \rightarrow ^{222}\text{Th}^*$). These tests demonstrated the ability to search for correlations of the "recoil-nucleus-alpha-particle" and "alpha-particle-alpha-particle" types. The energy resolution of the digital system was also measured and comparisons with that of the analogue tract are given.

DISTRIBUTED COMPUTING AND BIG DATA TECHNOLOGIES FOR LARGE SCALE PROJECTS

Korenkov V.

Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

The experiments at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN (Geneva, Switzerland) played a leading role in scientific research not only in elementary particle physics and nuclear physics, but also in the field of Big Data Analytics. Global distributed system for processing, storage and analyzing data WLCG (Worldwide LHC Computing GRID) brings together the resources of about 180 computer centres in 50 countries, the total storage capacity is more than 1 Exabytes. Data processing and analysis is carried out using high-performance complexes (Grid), academic, national and commercial resources of cloud computing, supercomputers and other resources. JINR is actively involved in the integration of distributed heterogeneous resources and the development of Big data technologies to provide modern megaprojects in such high-intensity fields of science as high energy physics, astrophysics, bioinformatics and others. JINR is actively working on the construction of a unique NICA accelerator complex, which requires new approaches to the implementation of distributed infrastructure for processing and analysis of experimental data.

The report provides an overview of major integrated infrastructures to support mega-projects and trends in their evolution. The report also presents the main results of the Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies Joint Institute for Nuclear Research (MLIT JINR) in the development of distributed computing.

A brief overview of the projects in the field of the development of distributed computations performed by MLIT in Russia, CERN, the USA, China, JINR Member States. The analysis works on the integration of technology HPC, grid, cloud, BigData for large international projects.

EFFECTIVE TRIAXIALITY OF EVEN-EVEN NUCLEI WITH QUADRUPOLE AND OCTUPOLE DEFORMATIONS

Nadirkbekov M.S., Bozarov O.A.

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, 100214, Uzbekistan

The fundamental properties of the nuclear shape are expressed by the parameter quadrupole deformation β and asymmetry parameter γ . The parameter β is related to the intrinsic quadrupole moment and describes the magnitude of departure from the spherical shape along given axis. At $\gamma=0$ and $\gamma=\pi/3$ corresponds to the axially symmetric prolate and oblate shapes, respectively. The intermediate values of γ , within $0<\gamma<\pi/3$, give the triaxial shapes. Furthermore, evidence of triaxial γ -deformations of the nuclear form has long been known in nuclear spectroscopy. For example, some characteristics such as surface oscillations, signature inversion, and chiral doublets, possibly caused by γ -deformations are observed in many nuclei. The non-axially-symmetric nuclei are soft or triaxial has been extensively investigated in the framework theoretical approaches that are based on a rigid triaxial potential and a completely γ -flat (γ -unstable) potential. Recently, for description energy levels with alternating parity of even-even nuclei with triaxial quadrupole and octupole deformations (γ - η -deformations), in the region lanthanides and actinides an approximation triaxial rotator model (in the case K-mixing, K are the projections of the angular momentum on the third axes of the intrinsic frames) was used.

The collective spectra of atomic nuclei with axial-symmetry (K=0) quadrupole and octupole deformations are characterized by rotational bands with alternating parity. Yrast and non-yrast energy bands with alternating parity of deformed axial-symmetry even-even nuclei was described within a collective model with non-adiabatically coupled quadrupole and octupole degrees of freedom. Where satisfactorily reproduced the structure of the yrast and first non-yrast alternating-parity sequences in the rare-earth nuclei ^{150}Nd , $^{152,154}\text{Sm}$, ^{154}Gd , ^{156}Dy , $^{162,164}\text{Er}$ and the actinides $^{232,234,236,238}\text{U}$. Where the hamiltonian of the axial-symmetry even-even nuclei has an exact $I(I+1)$ dependence and the observed or estimated deviations from such a simple energy dependence is actual task.

It should be noted that in the experiments one can observe energy bands, which cannot be explained within framework the nuclei models with axially-symmetric multipole deformations. For example, the spectrum of γ -band energy levels. Therefore, the purpose of the present work is to develop the model of atomic nuclei with triaxial quadrupole and octupole deformations. We calculate values energy levels and are compared with available experimental data and the implemented analysis allows us to make a conclusion about the relevance of the applied model formalism.

EFFECT OF CLUSTER POLARIZATION ON THE SPECTRUM OF THE ^6Li NUCLEUS

Kalzhigitov N. ^{1*}, Vasilevsky V.S. ², Takibayev N.Zh. ¹, Kurmangaliyeva V.O. ¹

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan

²Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kiev 03143, Ukraine

Recently, a significant influence of different types of polarization has been detected in numerous theoretical investigations of thermonuclear reactions and the structure of some light nuclei involved. It has been demonstrated that among different types of polarization, the cluster polarization has largest impact in light nuclei, as it significantly affects the formation of bound and resonant states of compound nuclei. In the present paper, we study effects of cluster polarization on the spectrum of resonance states and cross sections of nuclear reactions in the ^6Li nucleus.

To study the structure of the ^6Li nucleus and the effects of cluster polarization, a microscopic three-cluster model is used [1]. This model involves two three-cluster configurations $\alpha+p+n$ and $3\text{H}+d+p$ and it therefore allows us to take into account all dominant binary channels: $\alpha+d$, $^5\text{He}+p$, $^5\text{Li}+n$ and $^3\text{H}+^3\text{He}$. Thus, the model reduces three-cluster problem to a set of binary channels. The Gaussian and oscillator basis of functions are employed to expand the wave functions of two-cluster subsystems and three-cluster compound system as well. The main advantages of the model used are: (i) it takes into account the Pauli principle, (ii) it provides an accurate description of the internal structure of interacting two-cluster subsystems, and (iii) reduces the Schrödinger equation to a system of linear algebraic equations.

The pairwise semi-realistic nucleon-nucleon potential of Minnesota [2] was chosen as the potential describing the interactions between nucleons.

The analysis of the obtained results shows that cluster polarization has a rather strong effects on the structure of the bound and resonance states of the ${}^6\text{Li}$ nucleus, it significantly changes their energies and widths. It is demonstrated that the polarization shifts the energy of the ground state of the nucleus and the 3+ resonant state by more than 1MeV. We also noticed a decrease of the total widths of all the considered resonances, especially the resonant 3+ state, the width of which is decreased by almost 14 times.

Visualization of cluster polarization is performed for two channels: ${}^4\text{He}+d$ and ${}^5\text{He}+p$. For the first channel, the polarizability of the deuteron d (i.e., the change of its size) is shown when it approaches ${}^4\text{He}$, and for the second channel, the polarizability of ${}^5\text{He}$ is displayed when it interacts with a proton. It is also shown that the results obtained within present model are consistent with results of other microscopic models and are in a fairly good agreement available experimental data.

References:

1. Vasilevsky V.S., Arickx F., et al. Nucl. Phys. A. – 2009. – Vol. 824. – p. 37-57.
2. Thompson D.R., LeMere M., Tang Y.C. Nucl. Phys. – 1977. – Vol. A286. – p. 53-66.

ESTIMATION OF MULTIPLICITY AND CHARACTERISTICS OF THERMALIZATION OBTAINED IN THE HOLOGRAPHIC APPROACH USING AdS_5 WITH PHANTOM BLACK HOLE

*Sidorov Ya.V.*¹, *Zazulin D.M.*^{1,2*}, *Kemelzhanova S.E.*¹, *Tursumbekov A.Sh.*¹

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

*denis_zazulin@mail.ru

Study of the quark-gluon plasma formed as a result of the collision of heavy ions is currently being underway both in experimental facilities and in theoretical works. In the holographic approach, the formation of quark-gluon plasma in four-dimensional Minkowski space is described by the formation of black holes in a five-dimensional anti-de Sitter space AdS_5 . And with the help of the entropy of five-dimensional black hole, determined by the area of the trapped surface, the multiplicity of particle formation in the heavy ions collision is estimated [1-5]. At the same time, the process of black hole formation in the AdS_5 in holographic language also describes the process of the transition of quark-gluon plasma in the four-dimensional Minkowski space to the state of thermodynamic equilibrium [6-8]. For a more accurate description of the experimental data, the AdS_5 is modified, for example, by adding some fields to it.

In our work, for a holographic fluid dual to the AdS_5 with phantom black hole, taken as a model of quark-gluon plasma formed by heavy ions collisions in the corresponding problem of five-dimensional gravity, we have investigated the thermalization process and have estimated produced particles multiplicity.

References:

1. S.A. Gubser, S.S. Pufu, A. Yarom, (2008) Phys. Rev. D 78 066014.
2. U. Gursoy, E. Kiritsis, (2008) JHEP (02) 032.
3. U. Gursoy et al., (2008) Phys. Rev. Lett. 101 181601.
4. B. Gouteraux, E. Kiritsis, (2011) JHEP (12) 036; arXiv:1107.2116.
5. I.Ya. Aref'eva, E.O. Pozdeeva, T.O. Pozdeeva, (2013) Theor. Math. Phys. 176 861.
6. I.Ya. Aref'eva, I.V. Volovich, (2013) Theor. Math. Phys. 174 186; arXiv: 1211.6041.
7. M.P. Heller, R.A. Janik, P. Witaszczyk, (2012) Phys. Rev. Lett. 108 201602.
8. M.P. Heller, R. Janik, P. Witaszczyk (2012) Phys. Rev. D 85 126002.

EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN REACTIONS (γ, n) AND ($n, 2n$) ON ^{81}Br AND ^{86}Sr NUCLEI

Palvanov S.R.¹, Egamova F.R.¹, Palvanova G.S.¹, Ramazanov A.H.¹, Egamov S.R.², Mamajusupova M.I.¹

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

²Institute 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 of the $^{81}\text{Br}(\gamma, n)^{80m.g}\text{Br}$, $^{81}\text{Br}(n, 2n)^{80m.g}\text{Br}$, $^{86}\text{Sr}(\gamma, n)^{85m.g}\text{Sr}$ and $^{86}\text{Sr}(n, 2n)^{85m.g}\text{Sr}$ reactions. The isomeric yield ratios were measured by the induced radioactivity method. Samples of natural Br and Sr 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 ^{81}Br and ^{86}Sr are respectively: $0,46 \pm 0,02$ and $0,56 \pm 0,04$. In the range 26-35 MeV the isomeric yield ratios of the reaction (γ, n) on ^{81}Br and ^{86}Sr are obtained at first. Using the isomer yield ratio and the total cross section of the (γ, n) reaction on ^{81}Br and ^{86}Sr [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 ($n, 2n$). To obtain the absolute values of the cross sections of the ground and isomeric states. we used the methods of comparing the yields of the studied and monitor reactions. As a monitor reaction we used $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ ($T_{1/2} = 15$ h. $E_\gamma = 1368$ keV) the cross section of which is: $\sigma_m = 121.57 \pm 0.57$ mb at $E_n = 14.1$ MeV [2]. For $E_n = 14.1$ MeV, the following results were obtained: $\sigma_m = 737 \pm 46$ mb, $\sigma_g = 391 \pm 47$ mb (for ^{81}Br); $\sigma_m = 221 \pm 7$ mb, $\sigma_g = 884 \pm 62$ mb (for ^{86}Sr).

The experimental results have been discussed, compared with those of other authors as well as considered by the statistical model [3,4]. 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. www.oecd-nea.org
3. Ю.П. Гангрский, А.П. Тончев, Н.П. Балабанов // ЭЧАЯ. 1996. Т. 27. Вып. 4. С. 1043.
4. V.M. Mazur // Physics of elementary particles and atomic nuclei. 2000. V.31. P.1043.

FISSILE NUCLEI ROTATION EFFECT IN $^{235}\text{U}(n, \gamma f)$ PROCESS

Berikov D.B.^{1,2}, Ahmadov G.S.^{1,7}, Kopatch Yu.N.¹, Novitsky V.V.^{1,3}, Gagarsky A.M.⁴, Danilyan G.V.^{1,3}, Hutanu V.⁵, Klenke J.⁶, Masalovich S.⁶, Deng H.⁵

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010000 Nur-Sultan, Kazakhstan

³Institute for Theoretical and Experimental Physics of National Research Centre “Kurchatov Institute”, 117218 Moscow, Russia

⁴Petersburg Nuclear Physics Institute of National Research Centre “Kurchatov Institute”, 188300 Gatchina, Russia

⁵RWTH Aachen University and JCNS at Maier-Leibnitz Zentrum, 85748 Garching, Germany

⁶Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz, D-85747 Garching, Germany

⁷National Nuclear Research Centre, Baku, Azerbaijan

T-odd effects in fission of heavy nuclei have been extensively studied during more than a decade in order to study the dynamics of the process. A collaboration of Russian and European institutes discovered the effects in the ternary fission in a series of experiments performed at the ILL reactor (Grenoble) [1-3] and the effects were carefully measured for a number of fissioning nuclei. The analogous effects for gammas and neutrons in fission of ^{235}U and ^{233}U was also

measured [3-6] after the observation of T-odd effects for ternary particles accompanying the reaction $^{235}\text{U}(n,f)$ induced by cold polarized neutrons. All experiments up to now were performed with cold polarized neutrons, which suggests a mixture of several spin states of the compound nucleus, the relative contributions of which are not well known. The measurements of gamma and neutron asymmetries in an isolated resonance of uranium is important in order to get "clean" data. Therefore, our team continues to carry out a series of experiments by polarized neutrons with different energies. The present work describes a number of our team's measurements that include the results of T-odd effects in the fission of uranium isotopes by polarized neutrons with different energies at the POLI facility of the FRM II reactor in Garching.

References:

- [1] P. Jesinger, G.V. Danilyan, A.M. Gagarski, et al., Phys. At. Nucl. 62, 1608 (1999).
- [2] P. Jesinger, A. Kotzle, A. Gagarski, et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 440, 618 (2000).
- [3] Y. Kopatch, V. Novitsky, G. Ahmadov et al., EPJ Web of Conferences 169, 00010 (2018).
- [4] G.V. Danilyan, J. Klenke, V.A. Krakhotin, et al., Phys. At. Nucl. 72, 1812 (2009).
- [5] G.V. Danilyan, J. Klenke, V.A. Krakhotin, et al., Phys. At. Nucl. 74, 671 (2011).
- [6] G.V. Danilyan, J. Klenke, Yu.N. Kopach, et al., Phys. At. Nucl. 77, 677 (2014).

FOUR-NEUTRON DECAY CORRELATIONS

Sharov P.G.^{1,2}, Grigorenko L.V.^{3,4}, Ismailova A.N.¹, Zhukov M.V.⁵

¹Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141980 Dubna, Russia,

²Institute of Physics, Silesian University in Opava, 74601 Opava, Czech Republic

³National Research Nuclear University "MEPhI", 115409 Moscow, Russia,

⁴National Research Centre "Kurchatov Institute" Kurchatov sq. 1, 123182 Moscow, Russia

⁵Department of Physics, Chalmers University of Technology SE-41296 Gothenburg, Sweden

Mechanism of simultaneous non-sequential four-neutron emission (or "true" four-neutron decay) has been considered in phenomenological five-body approach.

This approach is analogous to the model of the direct decay to the continuum often applied to two-neutron and two-proton decays. It is demonstrated that four-neutron decay fragments should have specific energy and angular correlations reflecting strong spatial correlations of "valence" nucleons orbiting in their four-neutron precursors. Due to the Pauli exclusion principle, the valence neutrons are pushed to the symmetry-allowed configurations in the four-neutron precursor structure, which causes a "Pauli focusing" effect.

Prospects of the observation of the Pauli focusing have been considered for the hydrogen-7 nucleus, which ground state decays through the four-neutron emission. Fingerprints of its nuclear structure or/and decay dynamics are predicted.

HADRON AND QUARK FORM FACTORS IN THE RELATIVISTIC HARMONIC OSCILLATOR MODEL

Sagimbayeva N.^{1,2}, Burov V.V.¹

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Nucleon, pion and quark form factors are studied within the relativistic harmonic oscillator model including the quark spin. The nucleon charge, magnetic and axial form factors and the pion charge form factor can be explained with one oscillator parameter if one accounts for the scaling rule and the size of the constituent quarks. We analyze the proton electromagnetic and weak form factors (FFs) and the pion charge FF in the framework of the Relativistic Harmonic Oscillator Model (RHOM). A method for building a covariant and gauge-invariant current within the $\tilde{U}(12) \otimes O(3, 1)$ model was proposed. Covariant and gauge-invariant current for the $SU(6) \otimes O(3, 1)$ model was found and it was shown

that all the nucleon FFs can be described in this case. However, the agreement with the experimental data is here much worse than within the nonrelativistic model that takes into account the Lorentz contraction of the nucleon wave function, although the latter model fails to describe the electric FF of the neutron.

The aim of the present note is to describe the nucleon FFs within RHOM using the $SU(6) \otimes O(3,1)$ scheme of derivation of the covariant and gauge-invariant currents under the assumption that the behavior of the FFs when $q^2 \rightarrow \infty$ is governed by the quark counting and that there holds the experimentally observable scaling, i.e. $G_E^p(q^2) = G_M^p(q^2)/\mu_p = G_M^n(q^2)/\mu_n$, where $\mu_{n,p}$ are the magnetic moments of neutron and proton.

The model gives a simple description of the experimental data on nucleon and pion FFs provided by only one arbitrary parameter is used. Note that the quality of the description can be improved upon by using $g_M(q^2)$ and $g_A(q^2)$ to fit the nucleon FFs. The model could then be used, with all the parameters fixed, in investigations of the strong πNN vertex, Δ - isobar FFs, and nucleon structure functions etc. Besides, the model can be easily extended to systems with a number of quarks larger than three, e. g. to the study of the deuteron FFs.

HOLOGRAPHIC LIQUID DUAL TO ADS₅ WITH PHANTOM BLACK HOLE

Tursumbekov A.Sh.¹, Zazulin D.M.^{1,2}, Kemelzhanova S.E.¹, Sidorov Ya.V.¹*

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

*denis_zazulin@mail.ru

Today, one of the most reliable calculation methods in the field of viscous hydrodynamic systems with strong interactions (for example, system of quark-gluon plasma) is the holographic method with hydrodynamics/gravity duality [1]. In turn, for a more accurate description of the dynamics of the quark-gluon plasma obtained in the collision of heavy ions at colliders (for example, RHIC, LHC and NICA) from the side of gravity electromagnetic, scalar, etc. additional fields are added to the action [2-7].

In our work, we consider the hydrodynamics of a viscous fluid dual to a five-dimensional anti-de-Sitter space with a charged phantom [8] black hole. The transport coefficients of the 1st and 2nd order for this liquid are calculated. Various relations are found for the transport coefficients. The ranges of the parameters of the theory are determined, in which the holographic liquid is free from pathologies (instability and causality violation).

References:

1. S. Bhattacharyya, V. E. Hubeny, S. Minwalla, and M. Rangamani, (2008) Nonlinear fluid dynamics from gravity, JHEP 0802, 045, arXiv:0712.2456 [hep-th].
2. J. Erdmenger, M. Haack, M. Kaminski, and A. Yarom, (2009) Fluid dynamics of R-charged black holes, JHEP 0901, 055, arXiv:0809.2488 [hep-th].
3. N. Banerjee, J. Bhattacharya, S. Bhattacharyya, S. Dutta, R. Loganayagam, and P. Surowka, (2011) Hydrodynamics from charged black branes, arXiv:0809.2596 [hep-th].
4. J. Hur, K. K. Kim, and S.-J. Sin, (2009) Hydrodynamics with conserved current from the gravity dual, JHEP 03 036, arXiv:0809.4541 [hep-th].
5. J. Hur, K. K. Kim, and S.-J. Sin, (2009) Hydrodynamics with conserved current from the gravity dual, JHEP 03 036, arXiv:0809.4541 [hep-th].
6. S. Bhattacharyya, S. Lahiri, R. Loganayagam, and S. Minwalla, (2008) Large rotating AdS black holes from fluid mechanics, arXiv:0708.1770 [hep-th].
7. S. Bhattacharyya, R. Loganayagam, S. Minwalla, S. Nampuri, S. P. Trivedi, and S. R. Wadia, (2009) Forced Fluid Dynamics from Gravity, JHEP 0902, 018, arXiv:0806.0006 [hep-th].
8. G.W. Gibbons and D.A. Rasheed, (1996) Nucl. Phys. B476, 515.

1. NUCLEAR PHYSICS

IMPACT OF COSMIC RAYS AND SOLAR ACTIVITY ON TEMPERATURE OF LOWER ATMOSPHERE

Karimov K.A., Gainutdinova R.D., Krylov S.V.

Institute of Physics of National Academy of Sciences Bishkek, Kyrgyz Republic

The results of analysis of cosmic rays variations together with variations of solar activity are considered in this work for a 14-year period. During this time the data of temperature regime changes are also shown for three levels of atmosphere. The influence of intensity of cosmic rays and solar activity on surface atmosphere regime is under consideration. It is shown, that cosmic rays can control cloudiness, and through it temperature regime of surface atmosphere, including regional and global Earth's climate change.

Cosmic rays can indirectly (through the lowering clouds and condensed on aerosol particles drops) influence lower cloudiness formation up to 3 km. Lower cloudiness makes up 40% from the total and obtains the highest albedo. It is estimated by reflective capacity in 20 Wt/m^2 . The average monthly temperatures for winter in surface atmosphere vary after solar activity and are in antiphase with cosmic rays intensity.

Thus, cosmic rays can regularly influence the cloudiness, and through it, the climate. The lower solar activity, the higher cloudiness and cosmic rays intensity results in temperature decrease in lower atmosphere.

It is assumed that cosmic rays consist of nucleons of solar and extragalactic origin. When passing the interstellar environment, partial cosmic rays dissipation occurs, so cosmic rays give up a part of their energy to cosmic space. It is guessed that cosmic rays consist of nucleons, and interstellar gas mainly consists of unionized hydrogen, though it is ionized partially up to 10%.

INDIRECT METHODS IN NUCLEAR ASTROPHYSICS

Bertulani C.A.

Texas A&M University, USA

Reactions with radioactive nuclear beams at relativistic energies have opened new doors to clarify the mechanisms of stellar evolution and cataclysmic events involving stars and during the big bang epoch. Numerous nuclear reactions of astrophysical interest can not be assessed directly in laboratory experiments. Ironically, some of the information needed to describe such reactions, at extremely low energies (e.g., keVs), can only be studied on Earth by using relativistic collisions between heavy ions at GeV energies. A short review of the theoretical methods needed to understand the physics of stars, adding to the knowledge inferred from astronomical observations will be made.

INVESTIGATION OF CONTINUOUS ENERGY SPECTRA OF LIGHT CHARGED PARTICLES FROM INTERACTION OF ^3He IONS WITH ^{27}Al IN WIDE ENERGY RANGE

Ussabayeva G.¹, Sadykov B.M.², Zholdybayev T.K.^{1,2}

¹ al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

² Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

At present, it is established that the pre-equilibrium mechanism plays a dominant role at the energies of incident particles from 10 to 100 MeV/nucleon. The main integral characteristics of pre-equilibrium decay in reactions with nucleons have been studied, but its role in reactions with complex particles remains an open problem.

The aim of this work is to study the inclusive spectra of light charged particles emitted from the interaction of ^3He ions with ^{27}Al nucleus in the energy 34 MeV and 50 MeV. Experimental data were measured on the isochronous cyclotron U-150M of the Institute of Nuclear Physics. The double-differential cross sections of the reactions (^3He , xp), (^3He , xd) and (^3He , xt) were measured in the angular range 15-165° with angle increments of 15°. The energy distributions integrated over angle were determined on the base of these experimental results. The experimental cross-sections of the reactions are analyzed in accordance with the exciton model of pre-equilibrium nuclear decay, which describes the emission of particles from compound nucleus. Additional components calculated semi-empirically to determine the contributions of direct transfer and knockout reactions, including cluster degrees of freedom. In all calculations the particle-hole configuration $(p_\pi, h_\pi, p_\nu, h_\nu) = (2, 0, 1, 0)$ was taken as the initial in Griffin's model. A satisfactory agreement between experimental and calculated values in the energy region corresponded to the pre-equilibrium mechanism has been achieved.

INVESTIGATION OF THE ^7H STATES IN $^8\text{He}+d$ INTERACTION

Muzalevskii I.A.^{1,2}, Bezbakh A.A.^{1,2}, Belogurov S.G.^{1,4}, Biare D.¹, Chudoba V.^{1,2}, Fomichev A.S.^{1,5}, Gazeeva E.M.¹, Gorshkov A.V.¹, Grigorenko L.V.^{1,4,6}, Kaminski G.^{1,7}, Kiselev O.⁸, Kostyleva D.A.^{8,9}, Kozlov M.Yu.¹⁰, Mauryey B.¹, Mukha I.⁸, Nikolskii E.Yu.^{6,1}, Parfenova Yu.L.¹, Piatek W.^{1,7}, Quynh A.M.^{1,11}, Schetinin V.N.¹⁰, Serikov A.¹, Sidorchuk S.I.¹, Sharov P.G.^{1,2}, Slepnev R.S.¹, Stepantsov S.V.¹, Swiercz A.^{1,12}, Szymkiewicz P.^{1,12}, Ter-Akopian G.M.^{1,5}, Wolski R.^{1,13}, Zalewski B.¹, Zhukov M.V.¹⁴

¹Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141980 Dubna, Russia

²Institute of Physics, Silesian University in Opava, 74601 Opava, Czech Republic

³SSC RF ITEP of NRC "Kurchatov Institute", 117218 Moscow, Russia

⁴National Research Nuclear University "MEPhI", 115409 Moscow, Russia

⁵Dubna State University, 141982 Dubna, Russia

⁶National Research Centre "Kurchatov Institute", Kurchatov sq. 1, 123182 Moscow, Russia

⁷Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, 02-093 Warsaw, Poland

⁸GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt, Germany

⁹II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität, 35392 Giessen, Germany

¹⁰Laboratory of Information Technologies, JINR, 141980 Dubna, Russia

¹¹Nuclear Research Institute, 670000 Dalat, Vietnam

¹²AGH University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, 30-059 Kraków, Poland

¹³Institute of Nuclear Physics PAN, Radzikowskiego 152, 31342 Kraków, Poland

¹⁴Department of Physics, Chalmers University of Technology, S-41296 Göteborg, Sweden

Investigation of the ^6H and ^7H isotopes, the lightest chemical element of hydrogen, has long history which goes up to these days. They are the most neutron rich systems with the biggest ratio of mass-over charge, which makes these systems attractive to study. The high intensity ^8He secondary beam with energy 26 AMeV, produced at the recently commissioned ACCULINNA-2 fragment separator [1], was used for the population of the systems of interest in the $^8\text{He}+d$ interaction. The detection the low-energy recoils ^4He and ^3He made with high energy and angular resolution allowed us

to reconstruct the missing-mass spectra of ${}^6\text{H}$ and ${}^7\text{H}$ populated in the ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^4\text{He}){}^6\text{H}$ and ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^3\text{He}){}^7\text{H}$ reactions. The applied experimental techniques, the results of the data analysis and simulations are presented in our report. The ground state $1/2^+$ at 2.2(5) MeV of ${}^7\text{H}$ and (possibly) the $5/2^+ - 3/2^+$ doublet of the first excited states, located in the energy range 5.5-7.5 MeV, were populated in the proton transfer reaction from the ${}^8\text{He}$ beam on D_2 cryogenic gas target [2,3]. As compared to previous works, the experiment [2,3] features the reliable channel identification, high energy resolution, and additional support from the obtained angular and energy distributions. The obtained results presumably resolve the problem of search for the ${}^7\text{H}$ ground state which was not successful for more than 40 years. The ${}^6\text{H}$ studies were a “satellite activity” of the ${}^7\text{H}$ investigation [4]. Finally, this allowed us to observe a resonant state in ${}^6\text{H}$ at 6.8 MeV above the ${}^3\text{H}+3n$ decay threshold and to obtain an indication on a resonant state at 4.5 MeV, which is a realistic candidate for the ${}^6\text{H}$ ground state. In addition, the measured momentum distributions of the ${}^3\text{H}$ fragments, represented in the ${}^6\text{H}$ rest frame, provided evidence for an extremely strong “dineutron-type” correlation occurring in the decay of ${}^5\text{H}$ ground state.

All together the obtained data on the low-energy spectra of ${}^6\text{H}$ and ${}^7\text{H}$ systems shed light on the spectroscopy of these exotic systems and decay mechanisms of their ground and excited states.

References:

- [1] A.S. Fomichev, L.V. Grigorenko, S.A. Krupko, S.V. Stepanov, G. M. Ter-Akopian, The EPJ A 54 (2018) 97.
- [2] A.A. Bezbakh *et al.*, Phys. Rev. Lett. 124 (2020) 022502.
- [3] I.A. Muzalevskii *et al.*, Phys. Rev. C 103 (2021) 044313.
- [4] E.Yu. Nikolskii *et al.*, submitted to Phys. Lett. B (2021) [arXiv:2105.04435].

INVESTIGATION OF THE PROTON TRANSFER REACTION ${}^{12}\text{C}({}^{10}\text{B}, {}^9\text{Be}){}^{13}\text{N}$ AT 41.3 MeV FOR ${}^{12}\text{C}(p,\gamma){}^{13}\text{N}$ S-FACTOR AND REACTION RATE CALCULATION

*Artemov S.V.¹, Burtebayev N.^{2,3}, Yarmukhamedov R.¹, Sakuta S.B.⁴, Nassurlla Marzhan^{2,3}, Amangeldi N.⁵,
Mauey B.⁵, Nassurlla Maulen², Ergashev F.Kh.¹, Karakhodzhaev A.A.¹, Tojiboev O.R.¹,
Tursunmakhmatov K.I.⁶, Rusek K.⁷, Trzcinska A.⁷, Wolinska-Cichocka M.⁷, Piasecki E.⁷*

¹Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

³al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴Russian Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia

⁵L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

⁶Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

⁷University of Warsaw, Warsaw, Poland

Radiative proton capture ${}^{12}\text{C}(p,\gamma){}^{13}\text{N}$ is one of the key reactions in nuclear astrophysics. The study of the ${}^{12}\text{C}(p,\gamma){}^{13}\text{N}(\beta^+){}^{13}\text{C}$ process is also of interest for obtaining information on the formation of the ${}^{13}\text{C}$ nuclei required for the ${}^{13}\text{C}(\alpha,n){}^{16}\text{O}$ reaction, competing with the most popular ${}^{22}\text{Ne}(\alpha,n){}^{25}\text{Mg}$ reaction as a neutron source for the s-processes [1] in the low-mass AGB stars.

Here the results of the analysis of the experimental differential cross section (DCS) of the proton transfer ${}^{12}\text{C}({}^{10}\text{B}, {}^9\text{Be}){}^{13}\text{N}$ reaction at the projectile ${}^{10}\text{B}$ energy of 41.3 MeV are presented. As a comparison, we also reanalyze the experimental DCS of the ${}^{12}\text{C}({}^3\text{He}, d){}^{13}\text{N}$ reaction at the projectile ${}^3\text{He}$ energies of 24.8 [2], 34.0 and 42.0 MeV, which was earlier measured and analyzed within the framework of the finite range of the “post”-approximation of the MDWBA [3,4].

The averaged value of the ANC $C_{13\text{N}}^2$ for ${}^{12}\text{C}+p \rightarrow {}^{13}\text{N}$ recommended in the present work, $C_{13\text{N}}^2 = 2,55 \pm 0,36 \text{ fm}^{-1}$ was used for calculation of the astrophysical S factor and reaction rate of the radiative proton capture ${}^{12}\text{C}(p,\gamma){}^{13}\text{N}$. The results of the present work for the S(E) factor at the stellar energies E=0, 25 and 50 keV are 1.76 ± 0.14 , 1.88 ± 0.15 and $2.03 \pm 0.15 \text{ keV b}$, respectively.

References:

1. R. Gallino *et al.* Astro. Phys. J. 494, 388 (1998).
2. H.E. Wegner, W.S. Hall, Phys. Rev. 119, 1654 (1960)
3. S.V. Artemov, I.R. Gulamov, E.A. Zaparov, I.Yu. Zotov, and G.K. Nie, Yad. Fiz. 59, 454 (1996) (Phys. At. Nucl. 59, 428 (1996)).
4. S.V. Artemov, Doctorial dissertation, Institute of Nuclear Physics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, 2002.

INVESTIGATION OF THE REACTION ${}^9\text{Be}(p,d)$ IN THE ENERGY RANGE OF 300-1400 KeV

*Gluchshenko N.V.¹, Burtebayev N.^{1,2}, Zazulin D.M.^{1,2}, Nassurlla Marzhan^{1,2}, Sakuta S.B.³, Nassurlla Maulen^{1,2},
Burtebayeva D.T.¹, Alimov D.K.¹, Sabidolda A.¹, Khojayev R.^{1,2}*

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

Currently, there is experimental information on the cross sections of the reaction ${}^9\text{Be}(p,d)$ obtained at low astrophysical energies by different authors [1-8]. However, the extrapolation of the S-factors of this reaction to zero energy as shown in the review paper [9] has a large uncertainty (the difference is up to 10 times). This is basically due to the many resonances present at low energies. For accurate extrapolation of experimental data, for example, by the R-matrix method, it is very important to have reliable experimental data in the regions of the maxima and minima of the available resonances. Obtaining these data for the region $E_{p, \text{lab.}} = 300 - 1400$ keV the present work that has been carried out at the electrostatic tandem accelerator UKP-2-1 of the Institute of Nuclear Physics (Almaty) is devoted. The Be film of natural isotopic composition (${}^9\text{Be} \sim 100\%$) was used as a target. Detailed description of the experimental methods and the accelerator can be found in [10, 11] and in their references.

The measurement of the differential cross sections of the reaction ${}^9\text{Be}(p,d_0)$ at $E_{p, \text{lab.}} = 400, 600, 940, 1050, 1200, 1300$ and 1400 keV at the range of angles $\theta_{\text{lab.}} = 20^\circ - 165^\circ$ with a step of 10° has been carried out with an error of about 15%. We also have measured the excitation functions of this process in the energy range of $E_{p, \text{lab.}} = 300 - 1400$ keV with a step of $10 - 20$ keV for the angles $\theta_{\text{lab.}} = 70^\circ$ and 160° . Within the limits of error, the results of the present experiment coincided with the literature data in the overlapping areas.

References:

1. J.A. Neuendorffer, D.R. Inglis, S.S. Hanna // *Phys. Rev.* 82 (1951) 75.
2. G. Weber, L.W. Davis, J.B. Marion // *Phys. Rev.* 104 (1956) 1307.
3. G.M. Hudson et al. // *Nucl. Phys. A* 184 (1972) 175.
4. A.J. Sierk, T.A. Tombrello // *Nucl. Phys. A* 210 (1973) 341.
5. D. Zahnw, C. Rolfs, S. Schmidt, H.P. Trautvetter // *Z. Phys. A* 359 (1997) 211.
6. C.R. Brune al. // *Phys. Rev. C* 57 (1998) 3437.
7. N. Catarino et al. // *Nucl. Instr. and Meth. B* 371 (2016) 50.
8. S. Krat et al. // *Nucl. Instr. and Meth. B* 358 (2015) 72.
9. Y. Xu et al. // <http://arxiv.org/abs/1310.7099v1>.
10. N. Burtebayev et al. // *Phys. Rev. C* 78 (2008) 035802.
11. S. Dubovichenko et al. // *Chinese Physics C* 41(2017) №1 014001-1.

MANIFESTATION OF THE ${}^9\text{Be}$ CLUSTER STRUCTURE IN NUCLEON TRANSFER MECHANISMS

Mendibayev K.^{1,2,3}, Lukyanov S.M.¹, Urazbekov B.^{1,9}, Denikin A.S.^{1,7}, Issatayev T.^{1,2,4}, Janseitov D.M.^{1,2,3}, Kuterbekov K.A.⁴, Burjan V.⁶, Kroha V.⁶, Mrazek J.⁶, Penionzhkevich Yu.E.^{1,5}, Trzaska W.H.⁸, Harakeh M.N.¹⁰, Zholdybayev T.^{2,3}*

¹ Joint Institute for nuclear research, 141980 Dubna, Russia;

² Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan;

³ al-Farabi Kazakh National University, 050040 Almaty, Kazakhstan;

⁴ L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010008 Nur-Sultan, Kazakhstan;

⁵ National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia;

⁶ Nuclear Physics Institute CAS, 25068 Řež, Czech Republic;

⁷ Dubna State University, 141982 Dubna, Russia;

⁸ Department of Physics, University of Jyväskylä, FIN-40014 Jyväskylä, Finland;

⁹ Dipartimento di Matematica e Fisica, Università degli Studi della Campania ‘Luigi Vanvitelli’, I-8110 Caserta, Italy

¹⁰KVI-CART, University of Groningen, 9747 AA Groningen, The Netherlands

*E-mail: kayrat1988@bk.ru

The inelastic scattering and multi-nucleon transfer reactions was studied by bombarding a ${}^9\text{Be}$ target with a ${}^2\text{H}$ beam at the incident energy of 30, 40 and 47 MeV. The experimental angular distributions for ${}^9\text{Be}(d, d){}^9\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(d, {}^4\text{He}){}^8\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(d, {}^7\text{Be}){}^5\text{He}$, ${}^9\text{Be}({}^3\text{d}, {}^6\text{Li}){}^6\text{Li}$ and ${}^9\text{Be}(d, {}^7\text{Li}){}^5\text{Li}$ reaction channels were measured on the extracted beams of the cyclotrons K-120 of the University of Jyväskylä (Jyväskylä, Finland) and U-120 of the Institute of Nuclear Physics (Rez, Czech Republic). Registration and identification of the scattered reaction products was carried out by the ΔE -E telescope of silicon semiconductor detectors [1].

Experimental angular distributions for the corresponding ground states (g.s.) were analyzed within the framework of the optical model, the coupled-channel approach and the distorted-wave Born approximation. The contributions of different exit channels have been determined confirming that the $(\alpha + {}^5\text{He})$ configuration plays an important role [2]. ${}^9\text{Be}$ consisting of two bound helium clusters (${}^3\text{He} + {}^6\text{He}$) is significantly suppressed, whereas the two-body configurations ($n + {}^8\text{Be}$) and $(\alpha + {}^5\text{He})$ including unbound ${}^8\text{Be}$ and ${}^5\text{He}$ are found more probable. From the analysis of these data, the probabilities of cluster configurations $n + {}^8\text{Be}$ and $\alpha + {}^5\text{He}$ were determined, which were 69% and 25%, respectively.

Keywords: cluster structure, optical model, CRC, DWBA, spectroscopic amplitudes, double folding, elastic and inelastic scattering.

References:

1. S.M. Lukyanov, K. Mendibayev, Yu.E. Penionzhkevich and et.all «Cluster structure of ${}^9\text{Be}$ » Preprint E-7-2017-65.
2. S.M. Lukyanov, A. Yu.E. Penionzhkevich and et.all «Some Evidence of the Cluster Structure Inside of ${}^9\text{Be}$ » IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, 2017, 863, 012027. doi: 10.1088/1742-6596/863/1/012027.

NEW ANALOG SPECTROMETER OF THE DGFRS2 SETUP FOR REAL-TIME SEARCHING OF ER- α AND α - α CORRELATED SEQUENCES IN HEAVY-ION INDUCED COMPLETE FUSION NUCLEAR REACTIONS

Tsyganov Yu.S.¹, Ibadullayev D.^{1,2}, Polyakov A.N.¹, Voinov A.A.¹, Subbotin V.G.¹, Schlattauer L.³, Kuznetsov D.A.¹, Shubin V.¹

¹FLNR, JINR, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

²The Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

³Faculty of Science, Palacky University, 77146 Olomouc, Czech Republic

New analog spectrometer of the DGFRS2 [1] setup installed at new FLNR DC-280 [2] ultra intense cyclotron has been designed. The main goal of application this spectrometer is to provide deep backgrounds suppression in different heavy ion induced nuclear reactions using real-time detection mode of short correlated sequences like ER-alpha, alpha-alpha or even ER-alpha-alpha. Integral IM CAMAC analog-to-digital processor TekhInvest ADP-16 [3,4] is used as a

basic unit in the spectrometer design. Three new real-time flexible algorithms are presented in addition to conventional ER- α one which is in use for a few years at the *DGFRS1* setup installed at *U-400 FLNR* cyclotron. Note that the spectrometer operates together with 48x128 strip *DSSSD* (Double Side Silicon Strip detector) detector and low pressure pentane-filled gaseous detector. To perform real-time operation mode we define an abstract mathematical object like "correlation graph" containing $n(n-1)/2$ links. An experimentalist can use each link as trigger signal for beam stop. Here n is number of nodes for this graph. In a present *YDA Builder C++* program in use we apply three links as a trigger signals. First tests of the spectrometer at intense beam of ^{48}Ca projectile are presented too. One of them is related with changing pre-setting parameters to create a beam-off short time interval during a data acquisition process automatically.

References:

- [1] V.K.Utyonkov, Yu.S.Tsyganov, D.Idabullaev et al. // to be submitted to Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res.
- [2] G.G. Gulbekian, S.N. Dmitriev, Yu.Ts. Oganessian et. al. "Status of the DC-280 cyclotron project," in Proceedings of the 21st International Conference on Cyclotrons and their Applications, Zurich, Switzerland, pp. 278–280, 2016.
- [3] Yu.S.Tsyganov Phys. Part. and Nucl. Lett. 2019. Vol.16, No.4. pp.333-342.
- [4] Yu.S.Tsyganov and S.V.Barinova Phys. Part. and Nucl. Lett. 2019. Vol.16, No.5. pp. 544-553.

NEW CASES OF HALO IN ISOBAR-ANALOG STATES

Demyanova A.S.

NRC Kurchatov Institute, Moscow 123182, Russia

One of the most striking discoveries in nuclear physics made at the end of the last century was the discovery of the neutron halo in the ground states of some light nuclei located near the neutron stability boundary.

The discovery of the halo led to a revision of many existing ideas in nuclear physics. The purpose of this research is to search and study halo in isobar - analog states of light nuclei. The study of states with a halo in isobar analogs allows one to investigate the manifestation of isotopic invariance at new objects and to relate the properties of the neutron and proton halo. The question of the existence of halo in isobar - analog states has so far not been practically raised in the experimental plan.

The proposed approach is based on measuring the radii of states in which the halo exists or can exist. Its first application made it possible to determine the proton halo in an unbound state of ^{13}N . Isobaric invariance leads to the fact that the states of two neighboring nuclei obtained by replacing a neutron with a proton are analogous, i.e. have in the first approximation the same structure. In the case of isobar analogs having a halo, the situation is more complicated, since such a change leads to a change in the thresholds that determine the very fact of the appearance of the halo. The data on the radii can give new information for solving the long-standing problem of a single description of the halo in both parts of the spectrum - discrete and continuous. It is proposed to solve problem: Experimentally determine the radii of a number of states in which there can be a halo in nuclei from ^6Li to ^{14}O , forming isobar - analog doublets and triplets.

We have discovered new possible candidates for a halo in the isobar-analog multiplets $A = 12$ and $A = 14$. Signs of a halo were found for the 2^- and 1^- states in the $A = 12$ multiplet terms: 1.19 and 1.80 MeV in ^{12}B , 16.57 MeV and 17.23 MeV in ^{12}C and 1.67 and 2.62 MeV in ^{12}N . In the multiplet $A = 14$, the 1^- 8.06 MeV state in ^{14}N turned out to be a candidate for the halo. It should be noted that this is a rather nontrivial result. First, most of the states lie in the continuous spectrum. Secondly, the results were obtained within the framework of two independent methods: ANK (method of asymptotic normalization coefficients) and MDM method (Modified diffraction model). A great achievement was the development of the ANC method for studying resonance states, which made it possible to identify new cases of a proton halo in isobaric analog states. The research results correspond to the world level.

NEW GAMMA-SPECTROSCOPY SETUP FOR NUCLEAR RESONANCE FLUORESCENCE AT TURKISH ACCELERATOR AND RADIATION LABORATORY

Dapo H.^{1,2}, Aksoy A.^{1,2}, Karsli Ö.², Yilmaz Alan H.^{1,2}, Yildiz H.²

¹ Ankara University, Ankara, Turkey

² Turkish Accelerator and Radiation Laboratory, Gölbaşı, Ankara, Turkey

Abstract: A new facility based on a superconducting linac with 40 MeV energy and 1.6 mA current is taking shape at Turkish Accelerator and Radiation Laboratory (TARLA). With a multidisciplinary, multi-purpose focus TARLA is a user facility promoting scientific research and technical development. TARLA is equipped with two beamlines one of which is intended for bremsstrahlung and electron beam use and the other for the free electron laser (FEL). Currently the γ/e^- beamline is set to become operational until the end of the year. The γ/e^- beamline will be dedicated to nuclear physics studies with bremsstrahlung and electron beams. One of the research focuses at TARLA will be studies of Nuclear resonance fluorescence (NRF). In NRF a nucleus absorbs and then re-emits high-energy photons up to nucleon separation energy. By observing the emitted photons one can study nuclear properties such as level schemes, spin and polarity, branching ratios, transition strengths, collective behavior, pygmy dipole resonance and photon cross section as well as others. By observing these quantities NRF can provide information about nuclear processes relevant to astrophysics as wall production and study of exotic neutron-rich nuclei. By using a multi-detector setup utilizing a combination of high-resolution high-efficiency HPGe detectors in coincidence with fast LaBr3(Ce) it is possible to obtain detailed spectra of nuclei. TARLA Gamma-spectroscopy system (TAGSS) will be based on 2 Clover HPGe, 2 single crystal HPGe and 4 large volume LaBr3(Ce) detectors. Since there are no similar facilities in Turkey or neighborhood countries, it is our aim to present both TARLA as well as TAGSS capabilities to potential user and to promote international collaborations in science research and technology development.

Key words: superconducting linac, γ/e^- beam system, nuclear resonance fluorescence, gamma-ray spectroscopy.

NEW MEASUREMENTS AND THEORETICAL ANALYSIS FOR $^{13}\text{C}+^9\text{Be}$ ELASTIC TRANSFER

Nassurlla Marzhan¹, Burtebayev N.^{1,2}, Karakozov B.K.¹, Amangeldi N.^{1,3}, Morzabayev A.K.³, Yergaliuly G.³, Boztosun I.⁴, Alimov D.K.^{1,2}, Burtebayeva J.¹, Nassurlla Maulen^{1,2}, Mauyey B.^{3,5}, Sakuta S.B.⁶, Kucuk Y.⁴, Hamada Sh.⁷

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

⁴Department of Physics, Akdeniz University, Antalya, Turkey

⁵Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

⁶National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

⁷Faculty of Science, Tanta University, Tanta, Egypt

Many previous studies have shown that the angular distributions of elastic scattering are enhanced at backward angles, when the projectile and target nuclei belong to the 1p - shell [1-2]. Most often, this increase in cross sections is associated with the mechanism of cluster and/or nucleon transfer. The study of nuclear systems such as $^{12}\text{C}+^9\text{Be}$ and $^{13}\text{C}+^9\text{Be}$ is interesting because the spectroscopic factors of the ^3He cluster in ^{12}C , as well as the ^4He cluster in ^{13}C , are rather large [3]. In previous experimental works [4-6], the analysis within the framework of the optical model could not explain the large scattering at the backward angles. Agreement with the experiment was achieved only by taking into account the exchange mechanism with the transfer of the alpha cluster. Previously obtained data of elastic scattering of ^{13}C ions by ^9Be nuclei at a beam energy of 22.75 MeV [7]. The results of this work were in good agreement with the literature data. After that, it was decided to test such an exchange mechanism at energies of 19.5 and 16.25 MeV.

At the DC-60 cyclotron (Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan), the differential cross sections for elastic scattering of ^{13}C ions by ^9Be nuclei were measured at $E_{\text{lab}} = 16.25$ and 19.5 MeV, in the range of angles $\theta_{\text{cm}} = 33^\circ - 165^\circ$. Thin carbon ^9Be films with a thickness of $\sim 50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ were used as targets. Charged particles and products of nuclear reactions were recorded by a telescope of ΔE -E counters. The energy spectra of scattered particles

were measured using the Win_EdE program with particle type identification. The systematic error of the measured cross sections did not exceed 10%.

The cross-section growth at large angles was calculated within the finite DWBA range by including the alpha cluster transfer exchange mechanism. The calculations of elastic scattering and alpha transfer were carried out using the same potentials. Using the potential parameters obtained by us, other experimental data were also reproduced, as a result of which the average value of the spectroscopic amplitude $SA = 0.569$ for the $^{13}\text{C} \rightarrow ({}^9\text{Be} + \alpha)$ configuration was obtained. This value is in good agreement with the theoretical values $SA = 0.63$ [2] and $SA = 0.63$ [8].

References:

- [1] S. Szilner, W. Von Oertzen, Z. Basrak, F. Haas, and M. Milin., Eur. Phys. J. A. 13 (2002) 273–275.
- [2] Takai H. et al., Phys. Rev.C. 38 (1988) 741.
- [3] D. Kurath, Physical Review C 7 (1973)
- [4] A. Barbadoro et al., Physical Review C 41.5 (1990): 2425.
- [5] E. Ungricht et al., Nucl. Physics A. 313 (1979) 376–384.
- [6] L. Jarczyk et al., Nucl. Physics, Sect. A. 316 (1979) 139–145.
- [7] N. Burtebayev et al., Mem. S.A.It. Vol 88 (2017) 440–443.
- [8] A.T. Rudchik et al., Nucl. Phys. A. 660 (1999) 267–279.

NON-STATISTICAL EFFECTS IN BETA & GAMMA DECAYS AND BETA-DELAYED FISSION ANALYSIS

Izosimov I.N.

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

The β -transition probability is proportional to the product of the lepton part described by the Fermi function $f(Q_\beta - E)$ and the nucleon part described by the β -decay strength function $S_\beta(E)$, where E is the excitation energy in daughter nuclei and Q_β is the total energy of β -decay.

The previously dominant statistical model assumed that there were no resonances in $S_\beta(E)$ in Q_β -window and the relations $S_\beta(E) = \text{Const}$ or $S_\beta(E) \sim \rho(E)$, where $\rho(E)$ is the level density of the daughter nucleus, were considered to be a good approximation for medium and heavy nuclei for excitation energies $E > 2-3$ MeV. The effect of the non-statistical resonance structure of the $S_\beta(E)$ on the probability of delayed fission was first investigated in [1]. Then the method developed in [1] for the description of delayed processes by considering the $S_\beta(E)$ structure was used to analyze delayed fission of a wide range of nuclei [2–6]. Ideas about the non-statistical structure of the strength functions $S_\beta(E)$ have turned out to be important for widely differing areas of nuclear physics [4].

When studying delayed fission, (i.e., fission of nuclei after the β -decay) one can obtain information on fission barriers for nuclei rather far from the stability line [1-3]. The delayed fission probability substantially depends on the resonance structure of the $S_\beta(E)$ both for β and β^+ /EC decays [1-6]. It can therefore be concluded from this analysis of the experimental data on delayed fission [1-6] that delayed fission can be correctly described only by using the non-statistical β -transition strength function reflecting nuclear-structure effects.

In β -decay the simple (non-statistical) configurations are populated and as a consequence the non-statistical effects may be observed in γ -decay of such configurations. In delayed fission analysis the γ -decay widths Γ_γ calculated using the statistical model, which, in general, can only be an approximation. Non-statistical effects in (p,γ) nuclear reactions in the excitation and decay of the non-analog resonances, for which simple configurations play an important role, were analyzed in [5]. The strong non-statistical effects were observed for $M1$ and $E2$ γ -transitions. Because the information about γ -decay is very important for delayed fission analysis, it is necessary to consider the influence of non-statistical effects on delayed fission probability not only for β -decay, but also for γ -decay.

In this report some features of β -delayed fission probability analysis are considered. It is shown that only after proper consideration of non-statistical effects both for β -decay and γ -decay it is possible to make a quantitative conclusion about fission barriers.

References:

1. I.N. Izosimov, Yu.V. Naumov, Bulletin of the Academy of Science USSR, Physical Series, 42, 25 (1978). <https://www.researchgate.net/publication/322539669>.
2. H.V. Klapdor, C.O. Wene, I.N. Isosimow, Yu.V. Naumow, Phys. Lett., 78B, 20 (1978).
3. H.V. Klapdor, C.O. Wene, I.N. Isosimov, Yu.V. Naumow, Z. Physik, A292, 249 (1979).

4. Yu.V. Naumov, A.A. Bykov, I.N. Izosimov, Sov. J. Part. Nucl., 14, 175 (1983).
https://www.researchgate.net/publication/233832321.
5. I.N. Izosimov, Physics of Particles and Nuclei, 30, 131 (1999). DOI: 10.1134/1.953101.
6. I.N. Izosimov, et al, Phys. Part. Nucl., 42, 963 (2011). DOI: 10.1134/S1063779611060049.

NONLINEAR DYNAMICS OF PARTON DISTRIBUTION FUNCTIONS: THE LIMIT OF MULTIPLE HADRON PRODUCTION AND THE REGIME OF DYNAMICALLY DETERMINED CHAOS

Temiraliev A.^{1,3}, Serikkanov A.¹, Burtebayev N.^{2,3}, Lebedev I.¹, Fedosimova A.^{1,3}, Mazhit Z.^{3,}*

¹Institute of Physics and Technology, Satbaev University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

³al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*Correspondence: z.mazhit@satbayev.university

On the basis of nonlinear dynamics approach, computer simulation of multiple hadronic processes and dynamic transition to quark-gluon plasma has been carried out. The method of Poincaré sections is used for bifurcation analysis of the evolution of parton distribution functions. A dynamical system has been considered as a Markov process in phase space with discrete time. The parton momentum at a given time moment is determined by the momentum distribution of partons at the previous time moment. The control parameter ($0 < \lambda < 1$) grows with energy/ temperature and effectively determines the correlation degree of partons.

Nonlinear dynamics equation of the quark-gluon system in vacuum, in the frame of phase representation could be presented as follows: $|x_{j+1}\rangle = \lambda f(x_j)|x_j\rangle$.

Here x is the Bjorken variable (i.e. momentum fraction), j corresponds to iteration number, λ is the evolution parameter, $x \cdot f(x)$ is the momentum distributions of partons, revealed from deep inelastic reactions. Numerical solution of parton cascade nonlinear equation in vacuum shows stable attractor structures (by Poisson) emerging in bifurcation points, corresponding to hadrons. Relativistic invariance of the equation has been ensured by proper time system. It is shown, that at a sufficiently high energy of nuclear collisions, the cascade processes of multiple hadron production pass into the regime of dynamic chaos. Due to the strong coupling mode, the cascade process is terminated by a transition to an irregular chaotic state of partons. This explains the experimentally observed rapid plasma thermalization. Irregular quark-gluon chaotic dynamics is a signal of the appearance of the initial phase of the quark-gluon plasma, its thermalization and phase transition.

The nonlinear equation of evolution of the momentum distribution of partons (taking into account the distribution functions of Bose-Einstein and Fermi-Dirac) for the final stage of plasma hadronization, when the control parameter decreases in magnitude, has been solved numerically. For plasma, a term with the second derivative with respect to the spatial coordinate with the viscosity coefficient of the medium should be added to right side of the evolution equation:

$$\left\{ \frac{\partial x}{\partial \lambda} + (x \cdot \nabla)x \right\} = \lambda F(x) + \eta \nabla^2 x + (\eta + \eta_1) \nabla(\nabla \cdot x).$$

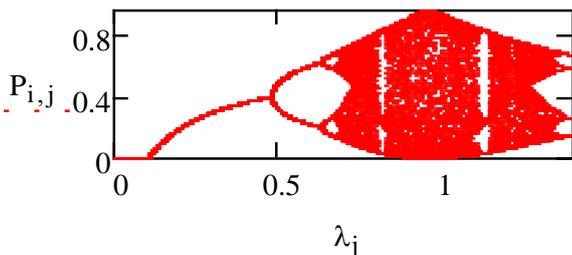


Fig. 1 - The quark-gluon system evolution

The compressibility of the medium upon expansion and cooling of the plasma is taken into account by the momentum divergence. The figure 1 shows the transition of the multiple processes to quark-gluon plasma with the parameter close to unity and then, the hadronization of the plasma medium with a decrease in the parameter from unity.

ACKNOWLEDGEMENT

The work was supported by the Program # BR10965191 of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

References:

1. Темирәлиев А.Т., Данлыбаева А.К. Формирование структур в нелинейной кварк-глюонной эволюции // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. 2014. №2. С.106-111.
2. Temiraliyev A.T., Lebedev I.A., Danlybaeva A.K. Nonlinear equation of quark-gluon cascade// Recent Contributions to Physics (Rec. Contr. Phys.). 2017. V.61 (2). P.115-119.
3. Mazhit Z., Temiraliyev A.T. Nonlinear dynamics method for studying quark-gluon plasmas// Int.J.Math.Phys. – to be published.

OPEN QUESTIONS IN STUDY OF ^{13}C EXOTIC EXCITED STATES

Demyanova A.S.¹, Danilov A.N.¹, Starastin V.I.¹, Goncharov S.A.², Janseitov D.M.^{3,4}, Leonova T.I.¹

¹ NRC Kurchatov Institute, Moscow 123182, Russia

² Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

³ Institute of Nuclear Physics, National Nuclear Center of Republic of Kazakhstan, Almaty 050032, Republic of Kazakhstan

⁴ Flerov Laboratory for Nuclear Research, JINR, Dubna, Moscow Region 141980, Russia

^{13}C is a good example of a “normal” nucleus that is well described in the framework of the shell model. Its level scheme is reliably determined up to excitation energies ~ 10 MeV.

However, some open questions remain regarding the structure of low-lying ^{13}C states. This leads to increased attention to ^{13}C so far.

In 2014, our group announced the discovery of a state of ^{13}C with an abnormally small radius. In the framework of the Modified diffraction model (MDM) method, when analyzing data on α -scattering on ^{13}C at energies of 65 and 90 MeV, it was shown that this state has a radius reduced by 10%. At the same time, in the works of theoreticians dilute structure and increased radius were predicted for this state, and in part of the works, assumptions were made about the rotational structure of this state and the possibility of the formation of a rotational band on it.

Another important question is the search for possible analogues of the Hoyle state in ^{13}C in highly excited states. Confirmed analog of the Hoyle state is the $1/2^-$ (8.86 MeV) state in ^{13}C . Other possible candidate is the next $1/2^-$ state - 11.08 MeV. Increased radius close to the radius of the 8.86 MeV state was obtained within MDM method analysis for this state. However, result was obtained previously based on data at single energy.

Moreover, in [1] a hypothesis was put forward about a new type of symmetry in the ^{13}C structure - D'_{3h} symmetry. Earlier in the work of the same team of authors, a similar type of D_{3h} symmetry was predicted for the ^{12}C nucleus. On the basis of D'_{3h} symmetry, the rotational nature of a whole group of low-lying ^{13}C states was predicted. If this hypothesis is confirmed, our understanding about the ^{13}C structure will radically change. In the work, 6 rotational bands were proposed, that is, almost all low-lying ^{13}C states were distributed among the rotational bands.

So a critical analysis of the available data is required to answer the question about the nature of low-lying excited states in ^{13}C .

References:

- [1] R. Bijker, Phys. Rev. Lett. 122, 162501 (2019).

QUARKS IN NUCLEI: FROM NEUTRON HALO TO THE BOUNDARY OF NUCLEAR STABILITY

Musulmanbekov G.

JINR, Dubna, Russia

We propose a quark model of nuclear structure, where quark correlations result in nucleon-nucleon correlations and arrangement of nucleons inside nuclei into lattice-like structure. The model called Strongly Correlated Quark Model (SCQM) is built on consideration of color quarks as solitons. It is based on SU(3)-color symmetry and meets gauge invariance principle. According to the model a nucleon is a system of three correlated valence quarks executing oscillatory motion. During oscillations quarks transit dynamically from the current/constituent state to the constituent/current state that corresponds to chiral symmetry breaking/restoration. Nuclei are constructed due to junctions of SU(3) color fields of quarks of neighbor nucleons [1]. At any junction two quarks of neighbor nucleons should be of different color (r, g, b), different flavor (u, d), and have parallel spins. Binding of nucleons in stable nuclei are provided by quark loops which form three and four nucleon correlations. Application of the model to larger collections of nucleons reveals the emergence of the face-centered cubic (FCC) symmetry at a nuclear level where nucleons are arranged in alternating spin—isospin layers [2]. The model of nuclear structure becomes isomorphic to the shell model and, moreover, composes the features of the liquid drop and cluster models. On a quark level the nuclear shell closures correspond to the octahedral or truncated tetrahedral symmetry. Thus all nuclei even with closed shells are non-spherically symmetric. The quark loop that can be identified with three nucleon force results in a "pairing" effect and "halo" nuclei. Quark loops resulting in three nucleon correlations form ${}^6\text{He}$ and ${}^8\text{He}$ halo nuclei. According to the SCQM there is no room for ${}^{10}\text{He}$. And namely quark loops leading to four-nucleon correlations are responsible for the binding energy enhancement in even-even nuclei which are formed by virtual alpha-clusters. Closure of a subsequent shells (p, d, f, \dots) rearranges the previous shells (s, p, d, f, \dots) in such a way, that nucleons of the previous shell become the common ones for neighbor virtual alpha-clusters. At the same time, the common nucleons become binding between pairs of virtual alpha-clusters [3]. In this way all inner closure shells are rearranged into the face-centered cubic lattice with alternating spin-isospin layers. For medium and heavy nuclei the arrangement of nucleons in alternating spin-isospin layers is modified by Coulomb repulsion of protons. This effect together with quark/nucleon correlations leads to deviation from the shell model expectations. The model can predict the boundary of the maximal numbers of proton and neutron excess, i.e. proton and neutron drip lines.

References:

- [1] G. Musulmanbekov, in *Frontiers of Fundamental Physics*, Ed. B. G. Sidharth, (Kluwer Acad./Plenum Pub., New York, 2001), p. 109--120.
 [2] G. Musulmanbekov and N.D. Cook, *Phys.Atom.Nucl.* 71, 1226 (2008).
 [3] G. Musulmanbekov, in *Exotic Nuclei*, Eds. Yu. Peniozhkevich and Yu. Sobolev, (World Sci., Singapore, 2017), p. 58; arXiv:1708.04437v2 [nucl-th].

REANALYSIS OF ELASTIC SCATTERING OF ALPHA PARTICLES ON ${}^{11}\text{B}$ NUCLEI AT LOW ENERGIES

Alimov D.K.^{1,}, Burtebayev N.¹, Boztosun I.², Janseitov D.^{1,3}, Mukhamejanov Y.^{1,3}, Nassurlla M.¹, Khojayev R.¹, Sabidolda A.¹, Ramankulov Sh.Zh.⁴.*

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

²Akdeniz University, Antalya Turkey

³JINR, Dubna, Russia

⁴Kh.A. Yassawi IKTU, Turkestan, Kazakhstan

*E-mail: D_alimov@inp.kz

In this work, in addition to our experimental data for ${}^4\text{He}+{}^{11}\text{B}$ at energy 29 MeV, we also reanalyzed the experimental data for this nuclear system at other energies 48.7 and 54.1 MeV [1].

Calculations on an optical model at energy of 29 MeV have shown the efficiency of using an imaginary surface type of potential. While, at energies 40, 48.7, 50, 54.1 and 65 MeV, the imaginary part of the potential was taken as a volume part. This may be due to that the energy in this case is high enough for the interaction between the projectile (${}^4\text{He}$)

and the target nucleus (^{11}B) to take place deep in the volume part. While, at lower energies such as 29 MeV, the interaction at the surface part plays a significant role.

The parameters of the potentials were chosen from the condition of the best fit of the theoretical cross sections to the experimental ones. One of the starting potentials was taken by us from [2], in which empirical expressions were proposed for the central potential with purely surface absorption, the values of the parameters of which depend on the ^3He energy and the mass of the target nucleus. This potential describes well the scattering of ^3He in the energy range from 10 to 220 MeV by nuclei from beryllium to lead. Other starting values of the parameters were taken from [3, 4]. Seven sets of potentials were obtained for each energy, equally well describing the experimental data. The volume integrals of the real parts of the potential (J_v), normalized to a pair of interacting particles, as seen from the tables, have a significant scatter from 250 to 530 MeV*fm³.

For further discussion, it is useful to identify the areas of maximum sensitivity to the real and imaginary parts of the potentials. For this purpose, a series of calculations was carried out with an exactly found potential, the values of which were set on a grid of radii with a step of 0.1 fm. For a set of points in the range r from 0 to 6.5 fm (for each of them separately), the upper and lower boundaries of $V(r)$ and $W(r)$ were sought, within which the changes in χ^2/N did not exceed 25%.

Correlations between V and W , also V/W were established as a function of radius. It can be seen that the region of maximum sensitivity to the real potential falls within the interval from 0.5 to 6 fm. It is somewhat narrower for the imaginary part and is in the range of 2.5-5.5 fm. These conclusions correlate with the results of [5, 6]. Calculations show that, in the sensitivity region, changes in $V(r)$ and $W(r)$ by about 10% only at one point lead to an increase in χ^2/N by 20%. On the contrary, in the central and peripheral regions, the same increase in 2 corresponds to a more than twofold change in the value of the potential.

To avoid ambiguity, we performed additional analysis using a double folding model. The results obtained are in good agreement with the results of calculations using the optical model.

References:

- [1] Abele H. et. al. Measurement and folding-potential analysis of the elastic α -scattering on light nuclei // Atomic nuclei. - 1987. -Vol. 326. -P.373-381.
 [2] H.J. Trost, P. Lezoch, U. Strohbusch. Nucl.Phys. A462, P.333-357. (1987).
 [3] A.S. Dem'yanova, A.A. Ogloblin et al. Phys. Scrip. T32, P.89-106. (1990).
 [4] В.В. Адодин, Н.Т. Буртебаев, А.Д. Дуйсебаев. ЯФ, Т.55, Вып.3, С.577-589. (1992).
 [5] H. Yamaguchi et al. Phys. Rev. C 83, 034306 (2011).
 [6] N. Burtabayev, N. Amangeldi, D. Alimov et al. Acta Physica Polonica B, Volume 11, Issue 1, P. 99-107, (2018).

RESONANT INTERACTION OF RARE OXYGEN ISOTOPES WITH HELIUM-4

Nauruzbayev D.K.^{1,2}, Nurmukhanbetova A.K.^{3}, Goldberg V.Z.^{4,1}, Volya A.⁵, Zholdybayev T.K.^{6,7},
 Kalybay Zh.⁸, Serikbayeva G.⁹*

¹Nazarbayev University Research and Innovation System, Nur-Sultan, Kazakhstan

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

³EnergeticCosmos Laboratory, Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

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

⁵Department of Physics, Florida State University, Tallahassee, FL, USA

⁶Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

⁷al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁸Nazarbayev Intellectual School, Nur-Sultan, Kazakhstan

⁹Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

*E-mail: anurmukhanbetova@nu.edu.kz

The α -induced reactions play an important role in various astrophysical scenarios. The reaction sequence $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}(\beta^+, \nu)^{18}\text{O}(\alpha,\gamma)^{22}\text{Ne}(\alpha,n)^{25}\text{Mg}$ is considered to be the main neutron source for the s-process during core He burning in massive stars [1-2]. The $^{17}\text{O}(\alpha,n)^{20}\text{Ne}$, $^{17}\text{O}(\alpha,\gamma)^{21}\text{Ne}$, and $^{18}\text{O}(\alpha,n)^{21}\text{Ne}$ reactions affect the neutron balance via the potential neutron poison ^{16}O . Depending on the rates of these reactions, a neutron may be first absorbed by the highly abundant ^{16}O nucleus in the $^{16}\text{O}(n,\gamma)^{17}\text{O}$ reaction, but later the neutron can be recycled in the $^{17}\text{O}(\alpha,n)^{20}\text{Ne}$ reaction [3-5]. Direct measurements of nuclear reaction cross sections with $^{17,18}\text{O}$ are hampered by low abundance of these isotopes and

solid target preparation difficulties and at low astrophysical energies by the hindering effects of the Coulomb barrier between interacting nuclei. Therefore it is important to develop new experimental approaches to obtain the needed information and develop theory to predict alpha cluster properties of the states close to alpha particle decay threshold [6-7].

We made the measurements of the $^{17,18}\text{O}+\alpha$ elastic scattering using the Thick Target Inverse Kinematic [8,9] method in the excitation energy region 9-13 MeV (^{21}Ne) and 11-14 MeV (^{22}Ne) at heavy ion accelerator DC-60 [9] (Nur-Sultan, Kazakhstan). The excitation functions are analyzed in the framework R-matrix formalism [10]. Preliminary results indicate a developed alpha cluster structure in $^{21,22}\text{Ne}$ similar to that in ^{20}Ne . We'll discuss specific experimental results, their description by a contemporary cluster model [11] and their possible influence on calculations of the corresponding reaction rates in astrophysics.

References:

- [1] Best et. al. PRC 87, 045805 (2013).
- [2] P. Mohr. PRC 96, 045808 (2017).
- [3] A. Terakawa et. al. PRC 66, 064313(2002).
- [4] I. Baraffe, M. El Eid, and N. Prantzos, Astron. Astroph. 258,357 (1992).
- [5] P. Mohr et.al., Astroph. J. 827, 29 (2016).
- [6] V. Z. Goldberg et. al PRC 69, 024602 (2004).
- [7] G. V. Rogachev, et. al, Phys. Rev. C 64, 051302 (2001).
- [8] K. Artemov, Sov. J. Nucl. Phys. 52, 408 (1990).
- [9] A.K. Nurmukhanbetova, PRC, 2019, 100(6), 062802.
- [10] G.V. Rogachev, PhD. Thesis.Moscow, Russia, (1999).
- [11] A. Volya and Y. M. Tchuvilsky, PRC 91,44319 (2015).

ROLES OF NUCLEAR WEAK RATES ON ASTROPHYSICAL PROCESSES

Suzuki T.¹, Honma M.²

¹Department of Physics, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Sakurajosui 3-25-40, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550, Japan

²Center for Mathematics and Physics, University of Aizu, Aizu-Wakamatsu, Fukushima 965-8560, Japan

Due to recent advances in shell-model studies on spin modes in nuclei, precise evaluations of Gamow-Teller (GT) strengths become feasible and electron-capture and beta-decay rates in stellar environments have been updated. For example, a new shell-model Hamiltonian, GXPF1J, is found to reproduce GT strengths in Ni and Fe isotopes quite well [1]. In particular, experimental GT distribution in ^{56}Ni is well reproduced [2]. The weak rates in fp-shell updated with the GXPF1J are applied to nucleosynthesis in Type Ia supernova explosions [3]. Effects of the electron screening on the rates and nucleosynthesis are also studied [4]. Overproduction problem of neutron-rich iron-group elements for the previous weak rates is found to be considerably suppressed.

The weak rates important for the Urca processes in accreted neutron star crusts [5] are investigated. The nuclear pairs, ^{31}Mg - ^{31}Al and ^{61}V - ^{61}Cr , are such examples. The GT strengths in ^{61}V is evaluated with the GXPF1J Hamiltonian. The calculated strength between the ground states of ^{61}V and ^{61}Cr is found to be consistent with the recent experimental data [6]. This suggests that the Urca process for the A=61 pair would be more moderate than considered before. Results with an extension to the fp-gd shell-model space will be also reported.

Electron capture on ^{20}Ne is critically important for the final stage of evolution of stars with initial masses of 8-10 M_{\odot} . Electron-capture rates for the second-forbidden transition in ^{20}Ne in stellar environments are evaluated by the multipole expansion method with the use of shell-model Hamiltonians [7]. A comparison is made with the rates obtained by the Behrens-Buhring method [8,9]. The e-capture rates on ^{20}Ne are applied to the calculation of the evolution of high density ONeMg cores of 8-10 M_{\odot} stars toward e-capture supernovae (ECSN), and the final fate of the cores is discussed [10,11].

References:

- [1] T. Suzuki, M. Honma, et al., Phys. Rev. C79, 061603 (R) (2009); C 83, 044619 (2011).
- [2] M. Sasano, G. Perdikakis, R. G. T. Zegers et al., Phys. Rev. Lett. 107, 202501 (2011).

- [3] K. Mori, M. A. Famiano, T. Kajino et al., ApJ. 863, 176 (2018);
- [4] K. Mori, T. Suzuki, M. Honma et al., ApJ 904, 29 (2020).
- [5] H. Schatz, S. Gupta, P. Moller et al., Nature 50, 62 (2014).
- [6] W. J. Ong et al., Phys. Rev. Lett. 125, 262701 (2020).
- [7] T. Suzuki, S. Zha, S.-C. Leung, and K. Nomoto, ApJ. 881, 64 (2019).
- [8] O. S. Kirsebom et al., Phys. Rev. C 100, 065805 (2019).
- [9] H. Behrens and W. Buhring, Nucl. Phys. A162, 111 (1971).
- [10] S. Zha, S.-C. Leung, T. Suzuki, and K. Nomoto, ApJ. 886, 22 (2019).
- [11] S. Jones et al., A&A 593, A72 (2016); O. S. Kirsebom, S. Jones et al., Phys. Rev. Lett. 123, 262701 (2019).

SHORT-RANGE NN CORRELATIONS AND QUASI-DEUTERON CLUSTERS IN THE ^{12}C IN THE REACTION $^{12}\text{C}+p\rightarrow^{10}\text{A}+pp+N$

Uzikov Yu.N.^{1,2,3}

¹ DLNP, Joint Institute for Nuclear Researches, Dubna, Russia;

² Physics Department of M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

³ Dubna State University, Dubna, Russia

Short-range correlated (SRC) NN pairs play an important role in structure of atomic nuclei and are studied using mainly electron beams [1]. A new step was done at BM@N in JINR [2] where the reaction $^{12}\text{C}+p\rightarrow^{10}\text{A}+pp+N$ was studied using the ^{12}C beam at energy of 4 GeV/nucleon in inverse kinematics providing interaction with the hydrogen target to probe the SRC pairs in the ^{12}C . In theoretical analysis [3] of the SRC effects in this reaction a properly modified approach is used developed earlier (see Ref. [4] and references therein) to describe the quasi-elastic knock-out of fast deuterons from the light nuclei ^{12}C and ^7Li by protons in the reactions (p,pd) and (p,nd) at the proton beam energy 670 MeV [5]. Elementary sub-processes in the (p,Nd) reactions were the backward quasi-elastic scattering of the proton on the two-nucleon clusters $p\{pn\}\rightarrow pd$ and $p\{nn\}\rightarrow nd$. As in Ref. [4], the spectroscopic amplitudes for NN-pairs in the ground state of the ^{12}C nucleus are calculated here within the translation-invariant shell model (TISM) with mixing configurations. Factorization of the two-nucleon momentum distribution over the internal $n_{\text{rel}}(q_{\text{rel}})$ and the c.m.s. $n_{\text{cm}}(k_{\text{c.m.}})$ momenta is assumed and for the $n_{\text{rel}}(q_{\text{rel}})$ distribution the squared deuteron (or singlet deuteron) wave function for the CD Bonn NN-interaction potential is used. Relativistic effects in the sub-process $p+\{NN\}\rightarrow p+N+N$ of quasi-elastic knockout of nucleon from the SRC pair are taken into account in the light-front dynamics [6]. Here the initial and final state interaction effects are estimated within the eikonal approximation using the Glauber model for the $N-^{10}\text{A}$ scattering. The one-loop approximation with elastic $N-^{10}\text{A}$ rescatterings is applied and the effect is found to be moderate. Since the effects of the detector acceptance were not eliminated from the data [2] a direct comparison with the theory now is difficult. We found that the c.m. distribution of the deuteron clusters obtained within the TISM and used in [4], [5] to describe the (p,Nd) data [4] has to be modified considerably [6] to describe the $k_{\text{c.m.}}$ distribution of the SCR NN pairs measured in the electron data [7]. The ratio of the spin-singlet to spin-triplet pairs $\{pp\}_s/\{pn\}_t$ is calculated and found to be in agreement with the existing data.

This work is supported in part by the RFBR grant № 18-02-40046.

References:

1. O.Hen et al., Rev. Mod. Phys. 89 (2017) 045002.
2. M. Patsyuk et al. Nature Phys. 17 (2021) 693; arXiv:2102.02626 [nucl-ex].
3. Yu.N. Uzikov, Izv. RAN, Ser. Fiz. 84 (2020) 580.
4. M.A. Zhusupov, Yu.N. Uzikov, Fiz. El. Chast. At. Yadr. 18 (1987) 323.
5. J. Ero et al., Nucl. Phys. A 372(1981) 317; D. Albrecht et al., Nucl. Phys. A 322 (1979) 512.
6. Yu.N. Uzikov, EPJ Web Conf, 222 (2019) 03027.
7. E.O. Cohen et al., Phys. Rev. Lett. 121 (2018) 092501.

STATUS OF THE NICA-MPD-PLATFORM

Roslon K.

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, Warsaw University of Technology, Warsaw Poland

At JINR (Joint Institute for Nuclear Research) in Dubna, a project called NICA (Nuclotron-based Ion Collider Facility), (NICA is the JINR flagship project for the next decade), is being implemented to create an ionic collider based on the Nuclotron as part of a program to study nuclear matter in a hot and dense state. The main objectives of the program: the creation of an accelerator complex of ions with high luminosity in the energy range up to 11 GeV/nucleon and a modern multi-functional detector for the study of heavy-ion collisions.

The collider has two meeting points for the beams, which makes it possible to install two detectors and simultaneously carry out two experiments.

One of the detectors, the MPD (Multi-Purpose Detector), is planned to study the properties of hot and dense nuclear matter formed during collisions of high-energy heavy ions, in particular, to search for effects associated with deconfiguration and/or restoration of chiral symmetry, to study the properties of phase transitions and mixed hadron and quark-gluon phases.

The planned accelerator-accumulative complex will open new great opportunities for carrying out applied programs at JINR in the fields of radiation technology, biology and medicine.

An important goal of the NICA project is to provide users with a research machine that will allow them to acquire new scientific knowledge, research and understand the physical properties of a substance at an early stage of its occurrence.

The multi-functional detector MPD is an advanced technical device with many parameters and features that require constant monitoring and control in online mode.

Therefore, the MPD construction requires the designing and execution of dedicated technical installations using advanced technologies that will meet the task. Service requirements for MPD made it an integrated structure placed on the wagon, allowing the entire module to be moved within 12 meters for service purposes. Therefore, the MPD data collecting room will be placed on a special mechanical structure on four floors. This mechanical block is referred to as the NICA-MPD-Platform. In this design, the MPD infrastructure will be installed at 24 RACKs.

The talk will describe the designed solutions and the way of their implementation. NICA-MPD-Platform is designed as a mobile device integrated with MPD. The expected weight of the wagon is about 150 t. The NICA-MPD-Platform has four floors. The lowest, LEVEL 1, is intended for power equipment, supplying MPD and the Platform itself and underpressure cooling system for cooling Front-end electronics of MPD. The next three LEVELs (2, 3, 4) are for the SSC Slow Control System and DCS Detector Control System for the MPD-NICA project.

STUDIES OF THE REACTION ${}^9\text{Be}(p,\alpha)$ IN THE ENERGY RANGE OF 300-1400 KeV

*Gluchshenko N.V.¹, Burtebayev N.^{1,2}, Zazulin D.M.^{1,2}, Nassurlla Marzhan^{1,2}, Sakuta S.B.³, Nassurlla Maulen^{1,2},
Burtebayeva D.T.¹, Alimov D.K.¹, Sabidolda A.¹, Khojayev R.^{1,2}*

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

At present, at low astrophysical energies there is experimental information on the cross sections of the reaction ${}^9\text{Be}(p,\alpha)$ obtained by different authors [1-12]. Nevertheless, as shown in the review [13], the extrapolation of the S-factors of this reaction to zero energy has a large uncertainty (the difference is up to 10 times). This is partly due to the many resonances present at low energies. For reliable extrapolation of experimental data, for example, by the R-matrix method, it is very important to have accurate experimental data in the regions of the maxima and minima of the available resonances. Obtaining these data for the region $E_{p, \text{lab.}} = 300 - 1400$ keV the present work that has been carried out at the electrostatic tandem accelerator UKP-2-1 of the Institute of Nuclear Physics (Almaty) is devoted. The Be film of natural isotopic composition (${}^9\text{Be} \sim 100\%$) was used as a target. Detailed description of the accelerator and experimental methods can be found in [14, 15] and in their references.

The measurement of the differential cross sections of the reaction ${}^9\text{Be}(p,\alpha_0)$ at the range of angles $\theta_{\text{lab.}} = 20^\circ - 165^\circ$ with a step of 10° at $E_{p,\text{lab.}} = 400, 600, 940, 1050, 1200, 1300$ and 1400 keV has been carried out with an error of about 15%. We also measured the excitation functions of this process for the angles $\theta_{\text{lab.}} = 70^\circ$ and 160° in the energy range $E_{p,\text{lab.}} = 300 - 1400$ keV with a step of $10 - 20$ keV. Within the limits of error, the results of the present experiment coincided with the literature data in the overlapping areas.

References:

1. J.A. Neuendorffer, D.R. Inglis, S.S. Hanna // Phys. Rev. 82 (1951) 75.
2. A.J. Sierk, T.A. Tombrello // Nucl. Phys. A 210 (1973) 341.
3. D. Zahnow, C. Rolfs, S. Schmidt, H.P. Trautvetter // Z. Phys. A 359 (1997) 211.
4. C.R. Brune et al. // Phys. Rev. C 57 (1998) 3437.
5. R.B. Day, R.L. Walker // Phys. Rev. 85 (1952) 582.
6. J.B. Marion, J. S. Levin // Phys. Rev. 115 (1959) 144.
7. H.R. Blieden, G.M. Temmer, K.L. Warsh // Nucl. Phys. 49 (1963) 209.
8. T. Yanabue et al. // J. Phys.Soc. Japan 19 (1964) 1818.
9. S. Morita et al. // Nucl. Phys. 66 (1965) 17.
10. Q.-G. Wen et al. // Phys. Rev. C 78 (2008) 035805.
11. N. Catarino et al. // Nucl. Instr. and Meth. B 371 (2016) 50.
12. S. Krat et al. // Nucl. Instr. and Meth. B 358 (2015) 72.
13. Y. Xu et al. // <http://arxiv.org/abs/1310.7099v1>.
14. N. Burtebayev et al. // Phys. Rev. C 78 (2008) 035802.
15. S. Dubovichenko et al. // Chinese Physics C 41(2017) №1 014001-1.

STUDY OF (d,d) AND (d,t) REACTIONS ON ${}^{11}\text{B}$ NUCLEI AT ENERGY OF 14.5 MeV

Nassurlla Maulen^{1,2}, *Burtebayev N.*^{1,2}, *Sakuta S.B.*³, *Alimov D.K.*¹, *Nassurlla Marzhan*¹, *Sabidolda A.*¹,
Khodjaev R.^{1,2}, *Urkinbayev A.*¹

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

The differential cross sections of elastic and inelastic scattering of deuterons on ${}^{11}\text{B}$ nuclei with excitation of low-lying states of 0.0 MeV ($3/2^-$), 4.445 MeV ($5/2^-$) and 6.74 MeV ($7/2^-$), as well as the reaction (d,t) with transitions to the ground (0^+) and excited states with energies of 0.718 MeV (1^+), 1.74 MeV (0^+ , $T = 1$), and 2.15 MeV (1^+) have been measured at an energy of 14.5 MeV. From the scattering analysis, the optical potentials of the ${}^{11}\text{B} + d$ system were found, with which a good description of the experimental sections of elastic and inelastic scattering in the full range of angles was obtained, and the value of the quadrupole strain parameter $\beta_2 = 0.80 \pm 0.2$ was extracted in accordance with the results obtained from scattering of protons, α particles and ${}^3\text{He}$.

Assuming a direct neutron capture mechanism in reaction (d, t) , it is possible to describe fairly well the angular distributions for transitions to the ground (0^+) and excited states with energies of 0.718 MeV (1^+), 1.74 MeV (0^+ , $T = 1$), and 2.15 MeV (1^+) ${}^{10}\text{B}$ nucleus. Spectroscopic amplitudes extracted from the analysis are consistent with the theoretical predictions of the shell model. The possible contribution to the reaction of the exchange mechanism of the transfer of the heavy ${}^8\text{Be}$ cluster in the reaction ${}^{11}\text{B}(d, {}^8\text{Be})t$, which is physically indistinguishable from the reaction (d, t) , is estimated. It was shown that both single-stage (with ${}^8\text{Be}$ transfer) and two-stage (with sequential transfer of α -particles) mechanisms do not play a significant role at a deuteron energy of 14.5 MeV.

STUDY OF FISSION OF ^{178}Pt and $^{180,182}\text{Hg}$ FORMED IN THE REACTIONS WITH HEAVY IONS AT ENERGIES AROUND THE COULOMB BARRIER

Mukhamejanov Y.S.^{1,2,3}, Kozulin E.M.¹, Banerjee T.¹, Bogachev A.A.¹, Cherlau M.¹, Diatlov I.N.¹, Itkis I.M.¹, Itkis M.G.¹, Kirakosyan V.V.¹, Knyazheva G.N.¹, Kumar, D.^{1,4}, Novikov K.V.¹, Pan A.N.^{1,2,3}, Pchelintsev I.V.¹, Tikhomirov R. S.¹, Vorobiev I. V.¹, Maiti M.⁵, Kumar Prajapat R.⁵, Kumar R.⁵, Sarkar G.⁵, Trzaska W. H.⁶, Andreyev A. N.⁷, Harca I. M.⁸, Mitu A.⁹, Filipescu D. M.⁹, Vardaci E.^{10,11}

¹Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, 141980 Russia

²Institute of Nuclear Physics, Almaty, 050032 Kazakhstan

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

⁴Laboratory GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt, Germany

⁵Department of Physics, Indian Institute of Technology Roorkee-247667, Uttarakhand, India

⁶Department of Physics, University of Jyväskylä, FIN-40014 Jyväskylä, Finland

⁷Department of Physics, University of York, York, YO10 5DD, United Kingdom

⁸Facility for Rare Isotope Beams, Michigan State University, East Lansing MI 48824, USA

⁹Horia Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering, 077125 Bucharest-Măgurele, Romania

¹⁰Dipartimento di Fisica “E. Pancini”, Università degli Studi di Napoli “Federico II”, 80126 Napoli, Italy

¹¹Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Napoli, 80126 Napoli, Italy

Observation of asymmetric fission of ^{180}Hg has led to the intensive theoretical and experimental studies of fission of neutron-deficient nuclei in the lead region. Determination of deformed proton and neutron shells affecting the properties of asymmetric fission of preactinide nuclei is one of the main goals in these investigations.

In order to investigate the symmetric and asymmetric fission of preactinide nuclei in dependence on the excitation energy and proton and neutron numbers of CN's the mass and energy distributions of fission fragments of ^{178}Pt (two protons less than ^{180}Hg) and ^{182}Hg (two neutrons more than ^{180}Hg) formed in the $^{36}\text{Ar} + ^{142}\text{Nd}$ and $^{40}\text{Ca} + ^{142}\text{Nd}$ reactions were measured at the energies near and above the Coulomb barrier at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (Joint Institute for Nuclear Research, Dubna) U400 cyclotron using the double-arm time-of-flight spectrometer CORSET. Mass-energy distributions of fission fragments of ^{178}Pt and ^{182}Hg have been decomposed into symmetric and asymmetric modes. The TKE distributions of fission fragments for different mass regions have been analyzed to determine more accurately the proton and neutron numbers that affect the asymmetric fission properties of preactinides.

This work was supported by the joint grant from the Russian Foundation for Basic Research and the Department of Science and Technology of the Ministry of Science and Technology of India (Project No. 19-52-45023).

STUDY OF ONE-PROTON PICKUP REACTION ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^3\text{He}){}^9\text{Li}$ WITH 44 AMeV ${}^{10}\text{Be}$ RADIOACTIVE BEAM AT ACCULINNA-2 FRAGMENT-SEPARATOR

Nikolskii E.Yu.^{6,1}, *Muzalevskii I.A.*^{1,2}, *Bezbakh A.A.*^{1,2}, *Wolski R.*^{1,13}, *Belogurov S.G.*^{1,4}, *Biare D.*¹, *Chudoba V.*^{1,2}, *Fomichev A.S.*^{1,5}, *Gazeeva E.M.*¹, *Gorshkov A.V.*¹, *Grigorenko L.V.*^{1,4,6}, *Kaminski G.*^{1,7}, *Kiselev O.*⁸, *Kostyleva D.A.*^{8,9}, *Kozlov M.Yu.*¹⁰, *Mauryey B.*¹, *Mukha I.*⁸, *Muzalevskii I.A.*^{1,2}, *Parfenova Yu.L.*¹, *Piatek W.*^{1,7}, *Quynh A.M.*^{1,11}, *Schetinin V.N.*¹⁰, *Serikov A.*¹, *Sidorchuk S.I.*¹, *Sharov P.G.*^{1,2}, *Slepnev R.S.*¹, *Stepantsov S.V.*¹, *Swiercz A.*^{1,12}, *Szymkiewicz P.*^{1,12}, *Ter-Akopian G.M.*^{1,5}, *Zalewski B.*^{1,7} and *Zhukov M.V.*¹⁴

¹Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141980 Dubna, Russia

²Institute of Physics, Silesian University in Opava, 74601 Opava, Czech Republic

³SSC RF ITEP of NRC “Kurchatov Institute”, 117218 Moscow, Russia

⁴National Research Nuclear University “MEPhI”, 115409 Moscow, Russia

⁵Dubna State University, 141982 Dubna, Russia

⁶National Research Centre “Kurchatov Institute”, Kurchatov sq. 1, 123182 Moscow, Russia

⁷Heavy Ion Laboratory, University of Warsaw, 02-093 Warsaw, Poland

⁸GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt, Germany

⁹II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität, 35392 Giessen, Germany

¹⁰Laboratory of Information Technologies, JINR, 141980 Dubna, Russia

¹¹Nuclear Research Institute, 670000 Dalat, Vietnam

¹²AGH University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, 30-059 Krakow, Poland

¹³Institute of Nuclear Physics PAN, Radzikowskiego 152, 31342 Kraków, Poland

¹⁴Department of Physics, Chalmers University of Technology, S-41296 Göteborg, Sweden

The one-proton pickup reaction ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^3\text{He}){}^9\text{Li}$ was studied with 44 AMeV ${}^{10}\text{Be}$ radioactive beam produced by recently commissioned new fragment-separator ACCULINNA-2 [1] at FLNR, JINR. The key issues of the measurements were i) clear ${}^3\text{He}$ identification at low energies (~ 8 -20 MeV), ii) good energy and angular resolution of the experimental setup and iii) high efficiency of coincidences between ${}^3\text{He}$ and ${}^9\text{Li}$. These measurements were also motivated as a test reaction for the search for ${}^7\text{H}$ in the ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^3\text{He}){}^7\text{H}$ reaction using the same setup [2,3].

As a result, the ground ($3/2^-$) and first excited state ($E = 2.69$ MeV, $(1/2^-)$) of ${}^9\text{Li}$ nucleus were identified in the missing mass spectrum at low excitation energies. The differential cross sections for the ${}^9\text{Li}$ s. state were extracted at forward center-of-mass angles ($3^\circ - 13^\circ$) which compared with the FRESKO calculations. A spectroscopic factor for the ${}^{10}\text{Be} = p + {}^9\text{Li}$ s. clustering was derived that found to be closed to the theoretical prediction.

In the same experiment the direct ${}^2\text{H}({}^{10}\text{Be}, {}^4\text{He}){}^8\text{Li}$ reaction was measured by detecting low-energy ${}^4\text{He}$ recoils. The corresponding excitation energy spectra of ${}^8\text{Li}$ were studied applying coincidences with ${}^8\text{Li}$ and ${}^7\text{Li}$ (from the decays ${}^8\text{Li}^* \rightarrow {}^7\text{Li} + n$). The structure of the ground and low-lying excited states of ${}^8\text{Li}$ is discussed.

The obtained results demonstrate a high potential of the ACCULINNA-2 facility and experimental setup for detection charged particles and neutrons for studies of exotic nuclei near and beyond the borders of nucleon stability.

References:

1. A.S. Fomichev, L.V. Grigorenko, S.A. Krupko, S.V. Stepantsov, G. M. Ter-Akopian, EPJ A 54 (2018) 97.
2. A.A. Bezbakh et al., PRL 124 (2020) 022502.
3. I.A. Muzalevskii et al., PRC 103 (2021) 044313.

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF FRAGMENTS FORMED IN THE REACTION $^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Sm}$ AT ENERGIES OF INCIDENT IONS OF 212, 263, and 277 MeV

Ostroukhov A.A.¹, Kozulin E.M.¹, Bogachev A.A.¹, Knyazheva G.N.¹, Itkis I.M.¹, Novikov K.V.¹, Kumar D.¹, Cheralu M.¹, Banerjee T.¹, Mukhamejanov Y.S.¹, Pan A.N.^{1,2}, Pushpendra P. Singh³, Galkina E.I.¹

¹Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²Laboratory of Fission Physics, Institute of Nuclear Physics, Almaty, 480082 Kazakhstan

³Department of Physics, Indian Institute of Technology Ropar, Rupnagar 140 001, Punjab, India

This work is devoted to the study of fusion-fission and fast fission processes in the interaction of ^{40}Ca ions with a ^{144}Sm target. The work was carried out at the U-400 accelerator at the laboratory of nuclear reaction Flerova using a CORSET time-of-flight spectrometer (correlation setup). We measured the mass-energy distributions of fragments formed in the reaction $^{40}\text{Ca} + ^{144}\text{Sm}$ at energies of incident ions of 212, 263, and 277 MeV. The analysis of mass-energy distributions made it possible for the first time to experimentally obtain the mass-energy distributions of fragments formed only in the process of fast fission. The value of the total kinetic energy (TKE) of fragments formed in fast fission, as well as the value of TKE of fragments formed in the process of fast fission at energies of ions ^{40}Ca 212, 263 and 277 MeV were obtained. The average kinetic energy of fast fission fragments is ~ 151 MeV, which is slightly higher than the average kinetic energy of fission fragments determined from Viola's systematics, which is 147-148 MeV. A broadening of the kinetic energy distribution is also observed.

This work was supported by the Indian Department of Science and Technology and the Russian Science Foundation (project no. 19-42-02014).

STUDY OF THE FORMATION AND DECAY PROPERTIES OF THE NEUTRON-DEFICIENT ISOTOPES No

Tezekbayeva M.S.^{a,b,1}, Yeregin A.V.^{a,c}, Svirikhin A.I.^{a,c}, Lopez-Martens A.^d, Malyshev O.N.^{a,c}, Popeko A.G.^{a,c}, Popov Yu.A.^{a,c}, Chepigina V.I.^a, Chelnokov M.L.^a, Isaev A.V.^a, Kuznetsova A.A.^a, Karpov A.V.^{a,c}, Rachkov V.A.^{a,c}, Sailaubekov B.S.^{a,b}, Sokol E.A.^a, Mukhin R.S.^a, Hauschild K.^d, Gall B.^e, Dorvoux O.^e, Moshat P.^f, Andel B.^f, Antalic S.^f, Bronis A.^f

^aFlerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, 141980 Dubna, Russia

^bInstitute of Nuclear Physics, 050032, Almaty, Kazakhstan

^cState University Dubna, 141980 Dubna, Russia

^dIJCLab, IN2P3-CNRS, Université Paris Saclay, Orsay, France

^eIPHC, IN2P3-CNRS, Strasbourg, France

^fComenius University, Slovakia, Bratislava

In the FLNR JINR at the kinematic separator SHELS the experiment with complete fusion reaction $^{204}\text{Pb}(^{48}\text{Ca}, xn)^{252-x}\text{No}$ was performed. This study describes the experiment on investigating radioactive decay properties and formation of the No isotopes. The new neutron-deficient isotope ^{249}No was produced in the 3n reaction channel and its α -decay has been measured $E_\alpha = 9129 \pm 1.2$ keV, $T_{1/2} = 38.3 \pm 2.6$ msec. The cross section production in the maximum of the excitation function of this isotope equals to $\sigma(3n) = 0.466 \pm 0.003$ nb at the beam energy in the center of target 225.4 MeV. A spontaneous fission branch of $0 < b_{\text{SF}} \leq 5.7 \cdot 10^{-3}$ was estimated for ^{249}No under one fission event. The group of α -events with an average energy 7701.3 ± 19.2 keV and with a half-life time of $T_{1/2} = 0.8 \text{ }^{0.5}_{0.2}$ min, attributed to ^{245}Es , is suggested to originate from the electron capture (EC) of ^{245}Fm , which in turn is the daughter nucleus in the α -decay of ^{249}No . Cross sections production of 1n, 2n and 3n channels of the reaction have been measured.

STUDY OF THE REACTION $^{13}\text{C}(^3\text{He},\alpha)^{12}\text{C}$ AT ENERGIES OF 50 and 60 MeV

Burtebayev N.^{1,2}, Janseitov D.^{1,2,4}, Karakozov B.K.¹, Nassurulla Maulen^{1,2}, Sakuta S.B.³, Nassurulla Marzhan^{1,5}, Alimov D.¹, Burtebayeva J.¹, Sabidolda A.^{1,2}, Kemper K.W.⁶, Hamada Sh.⁷

¹Institute of Nuclear Physics, 050032, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, Kazakhstan

³National Research Center "Kurchatov Institute", 123182, Moscow, Russia

⁴Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, JINR

⁵Satbayev University, Institute of Physics and Technology, 050032, Almaty, Kazakhstan

⁶Department of Physics, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306, USA

⁷Faculty of Science, Tanta University, 31111, Tanta, Egypt

Cross sections for the $^{13}\text{C}(^3\text{He},\alpha)^{12}\text{C}$ reaction were measured for ^{12}C states up to excitation energies of about 20 MeV for ^3He energies of 50 and 60 MeV. The analysis of the measured angular distributions was carried out by the exact finite range DWBA in the framework of the coupled reaction channels method under the assumption of a direct one-step pick-up mechanism of a neutron from ^{13}C . In the calculations both phenomenological potentials were used with Woods-Saxon parameterization and potentials, the real part of which was constructed within the framework of the double folding model. The analysis made it possible to extract the values of the spectroscopic amplitudes for the $^{13}\text{C}_{\text{g.s.}} \rightarrow ^{12}\text{C}_{\text{g.s.}} (^{12}\text{C}^*) + n$ configurations, which were found to be in reasonable agreement with the results of theoretical calculations.

STUDY OF THE EXCITED STATES OF ^{46}Ti and ^{45}Ti NUCLEI IN THE $^{45}\text{Sc} + ^3\text{He}$ REACTION AT a ^3He BEAM ENERGY OF 29 MeV

Issatayev T.^{1,2,3}, Lukyanov S.M.¹, Penionzhkevich Yu.E.^{1,4}, Borcea C.⁵, Maslov V.¹, Aznabayev D.^{1,2}, Mendibayev K.^{1,2}, Shakhov A.¹

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia,

²Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty Kazakhstan

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010008 Nur-Sultan, Kazakhstan

⁴National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, 115409 Russia

⁵National Institute for Physics and Nuclear Engineering, Bucharest-Magurele, Romania

e-mail: issatayev@jinr.ru

Experiments performed at FLNR-JINR Dubna [1, 2] using a magnetic spectrometer revealed that the energy spectra of alpha particles emitted at zero degree in heavy ion induced reactions at energies slightly above the Coulomb barrier extend up to the so-called kinematic limit (KL).

With interest to SHE [3] we studied for the two-body reaction $^{48}\text{Ca}(280 \text{ MeV}) + ^{238}\text{U} \rightarrow ^4\text{He} + ^{282}\text{Ds}$ and $^{56}\text{Fe}(320 \text{ MeV}) + ^{238}\text{U} \rightarrow ^4\text{He} + ^{290}\text{Lv}$ at zero degree. The energy spectrum of alpha particles was previously measured with a magnetic spectrometer. As described in [1], alpha particles with high energies were

detected, close to the so called kinematic limit (KL) where the whole incoming energy minus the reaction Q value (defined only by the masses of the reactants) is transformed in the kinetic energy of the reaction products that emerge unexcited (alpha and ^{282}Ds or ^{290}Lv in these particular case). The observed cross section for alphas issued from this reaction with energies close to the KL was close to $10 \mu\text{b}$. The logical consequence of that observation is that ^{282}Ds or ^{290}Lv were produced unexcited and with a similar cross section. If so, a new possibility of SHE synthesis, alternative to the existing one (fusion-evaporation reactions) can be used.

The experiments were aimed at proving in practice this newly proposed possibility by trying to unambiguously identify and measure the cross section of ^{282}Ds or ^{290}Lv production using the specific means of SHE detection (gas filled spectrometers, pixelized end cap silicon detectors for recording the radioactive filiations of the reaction products). at these energies, the alpha cross section is almost 10 times higher. However, it is still unknown what is the survival probability of the excited ^{282}Ds or ^{290}Lv resulted from such a mechanism via evaporation residue or fission reaction channels.

For the first step of the series of the experiments, we studied a correlation between emitted at zero- degree alpha particles with energy region $30 \div 100 \text{ MeV}$ with fission fragments. The preliminary result will be presented.

The next planned experiment will be devoted to detect evaporation Ds or Lv residues by using gass- filled mode of the magnetic spectrometer.

References:

1. Yu. Penionzhkevich et al., Fiz. Elem. Chastits At.Yadra 17, 165 (1986); Sov. J. Part. 17, 65 (1986).
2. C. Borcea, Yu. Penionzhkevich et al., Nucl. Phys. A 391, 520 (1982).
3. Yu. Oganessian and V.Utyonkov, Rep. Pog. Phys. 78, 36301 (2015).

SUB-BARRIER HEAVY-ION FUSION REACTIONS WITHIN THE SUDDEN APPROXIMATION APPROACH

*Gusev A.A.^{1,2}, Chuluunbaatar O.^{1,3}, Nazmitdinov R.G.^{1,2}, Vinitzky S.I.^{1,4}, Wen P.W.^{1,5},
Lin C.J.^{5,6}, Jia H.M.⁵, Krassovitskiy P.M.⁷*

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

²Dubna State University, 141982 Dubna, Russia

³Institute of Mathematics and Digital Technology, Mongolian Academy of Sciences, 13330 Ulaanbaatar, Mongolia

⁴Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 117198 Moscow, Russia

⁵China Institute of Atomic Energy, 102413 Beijing, China

⁶Department of Physics, Guangxi Normal University, 541004 Guilin, China

⁷Institute of Nuclear Physics, Republic of Kazakhstan, Almaty

We analyze the origin of the unexpected deep subbarrier heavy-ion fusion hindrance in $^{64}\text{Ni}+^{100}\text{Mo}$, $^{64}\text{Ni}+^{64}\text{Ni}$, and $^{28}\text{Si}+^{64}\text{Ni}$ reactions. Our analysis is based on the coupled-channels description with the correct incoming wave boundary conditions, implemented by means of the finite element method. With the aid of the Woods-Saxon potential the experimental cross sections and the so-called S factors of these reactions are remarkably well reproduced within the sudden approximation approach with the correct incoming wave boundary conditions. We found that accounting for the nondiagonal matrix elements of the coupling matrix, traditionally neglected in the conventional coupled-channels approaches in setting the entangled left boundary conditions inside the potential pocket, and its minimal value are crucially important for the interpretation of experimental data. Computer accuracy of the calculations of the order of 10-12 of the applied code KANBP 3.0 for solving such class of the boundary problems is checked also by means of numerical solving an exact solvable scattering problem with entangled channels. We found as well a good agreement with the general trend of the experimental data for the S factor of the fusion reaction $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$, which has no pronounced maximum for this system.

THE ASTROPHYSICAL S FACTOR FOR THE $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ REACTION

Tursunmakhatov K. I.^{1,2}, Yarmukhamedov R.¹

¹Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

²Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

The values of the experimental total astrophysical S factors S_{34}^{exp} and the experimental branching ratios with their uncertainties in the energy region $E=303.4-1452.0$ keV were measured in Ref.[1]. The analysis of the directly measured experimental astrophysical S factor for the nuclear-astrophysical $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ reaction has been performed within the modified two body potential method (MTBPM) [2-4]. The method involves to conditions, which verify the peripheral character of the direct capture reaction. They are $R(E; b_{l_{j_f}}) = const$ and $C_{l_{j_f}}^2 = S_{34}^{exp} / R(E; b_{l_{j_f}})$. In this paper the separated experimental astrophysical S factor for the direct radiative capture $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ reaction populating the ground

($E^* = 0.0$; $J^\pi = 3/2^-$) and first excited ($E^* = 0.429$ MeV; $J^\pi = 1/2^-$) states of ${}^7\text{Be}$ nucleus has been analyzed within MTBPM [2- 4].

For testing the peripheral character of the ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$ reaction we vary the geometric parameters of the adopted Woods-Saxon potential. Varying the geometric parameters of the adopted Woods-Saxon potential in the physically acceptable ranges $1.62 \leq R \leq 1.98$ and $0.63 \leq a \leq 0.77$ fm with respect to the standard values using the procedure of adjusting the depth to fit the binding energies changes the single particle ANC within the ranges $3.204 \leq b_{1/2} \leq 4.397$ fm $^{-1/2}$ and $2.777 \leq b_{3/2} \leq 3.763$ fm $^{-1/2}$. The calculated phase shifts of ${}^3\text{He}-{}^4\text{He}$ elastic scattering by variation of the parameters R and a of the adopted Woods-Saxon potential within the same intervals gave the same result with the determined phase shifts in [4]. For energy $E=384.9$ keV the calculated value of the $(C_{1/2})^2$ and $(C_{3/2})^2$ is weakly depend on the value of $b_{3/2}$ and $b_{1/2}$, respectively. The values of the spectroscopic factors $Z_{3/2}$ and $Z_{1/2}$ change strongly for energy $E=384.9$ keV. They change within the ranges $13.67 \leq R(E; b_{3/2}) \leq 14.78$, $8.35 \leq R(E; b_{1/2}) \leq 8.91$, $24.26 \leq (C_{3/2})^2 \leq 26.19$, $16.49 \leq (C_{1/2})^2 \leq 17.57$, $1.35 \leq Z_{3/2} \leq 2.36$ and $1.24 \leq Z_{1/2} \leq 2.12$. The similar dependence is also observed at other above mentioned experimental energies. As shown from here the ${}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be}$ reaction is peripheral in the considered energy region.

The values of the weighted means for the ANC values for ground and first excited states obtained from all experimental data [1] are equal to $(C_{3/2}^{exp})^2 = 25.18 \pm 0.82$ fm $^{-1}$ and $(C_{1/2}^{exp})^2 = 16.18 \pm 0.22$ fm $^{-1}$, respectively. The extracted values of ANC is in good agreement with the results of [4]. Using these values of ANC for ground and first excited states the corresponding astrophysical S factor is extrapolated to low energies including $E=0$ within MTBPM. The total S-factor found to be $S_{34}(0) = 0.646 \pm 0.063$ keV b.

References:

1. A. Kontos, E. Uberseder, R. deBoer, J. Gorres, C. Akers, A. Best, M. Couder, and M. Physical Review C 87, 065804, 2013.
2. S.B. Igamov and R.Yarmukhamedov. Nuclear Physics A, 781, 2007,-pp.247.
3. S.V. Artemov, S.B.Igamov, K.I.Tursunmakhatov, and R.Yarmukhamedov. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, Vol.73, 2009.- pp.165.
4. Q.I. Tursunmahatov and R.Yarmukhamedov, Physical Review C, 85, 045807, 2012.

THE B-PHYSICS ANOMALIES: OBSERVATIONS AND POSSIBLE EXPLANATIONS

Ivanov M.A.

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 141980, Russia

We discuss the deviations from the Standard Model (SM) predictions which have been observed in semileptonic decays of B-mesons by various experimental collaborations. Such deviations are now known as B-physics anomalies. They can be divided into two groups: (1) deviations from $\tau - \ell$ universality ($\ell = \mu$ or e) in the decays mediated by $b \rightarrow c\ell\nu$ charged currents, and (2) deviations from $\mu \rightarrow e$ universality in the decays mediated by $b \rightarrow s\ell^+\ell^-$ neutral currents. Here we will concentrate our discussion on the first group of the deviations since these decays are more clean both experimentally and theoretically.

Theoretical attempts to explain these deviations can also be conditionally divided into two groups. First, by extending the SM group at the expense of introducing new particles such as leptoquark, extra Higgs boson, and their interactions. Second, by adding new four-fermion operators with unknown Wilson coefficients to the effective theory of the SM. We study possible new physics (NP) effects in the exclusive decays $B \rightarrow D\tau\nu_\tau$.

We extend the Standard Model by taking into account right-handed vector (axial), left- and right-handed (pseudo)scalar, and tensor current contributions. The $B \rightarrow D$ transition form factors are calculated in the full kinematic q^2 range by employing a covariant quark model developed by us. We provide constraints on NP operators based on measurements of the ratios of branching fractions and consider the effects of these operators on physical observables in different NP scenarios.

In the semileptonic decays of heavy mesons and baryons the lepton-mass dependence factors out in the quadratic $\cos^2 \theta$ coefficient of the differential $\cos \theta$ distribution. We call the corresponding normalized coefficient the convexity parameter. This observation opens the path to a test of lepton universality in semileptonic heavy meson and baryon decays that is independent of form-factor effects. By projecting out the quadratic rate coefficient, dividing out the lepton-mass-dependent factor and restricting the phase space integration to the τ lepton phase space, one can define optimized partial rates which, in the Standard Model, are the same for all three (e, μ, τ) modes in a given semileptonic decay process. We discuss how the identity is spoiled by New Physics effects.

**THE EXCITATION CROSS SECTIONS OF THE ISOMERIC STATES $^{139m,g}\text{Ce}$
IN THE REACTIONS $(n,2n)$ and (γ,n) ON THE ^{140}Ce NUCLEUS**

Palvanov S.R.¹, Egamova F.¹, Palvanova G.S.¹, Mamajusupova M.I.¹, Todjibaev H.²

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

²Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

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

The cross section of the excitation of isomeric states of $^{139m,g}\text{Ce}$ in reactions $(n,2n)$ and (γ, n) on the nucleus ^{140}Ce was investigated by the method.

For reaction $(n, 2n)$, the experiments were carried out on the NG-150 neutron generator at neutron energy $E_n = 14.1$ MeV. The target γ -activity was measured on a Canberra gamma spectrometer, consisting of a HPGE germanium detector (with relative efficiency - 15%, resolution for ^{60}Co 1332 keV - 1.8 keV), DSA 1000 digital analyzer and personal computer with a Genie software package 2000 for recruitment and processing of gamma spectra.

On the bases, the data on the isomeric ratio of outputs is calculated by the cross section of reactions (γ, n) m on the core 1400 in the energy range of gamma quanta 11-22 MeV in increments of 1 MeV. Using the isomer yield ratio and the total cross section of the (γ, n) reaction on ^{140}Ce [1] received the cross sections of $(\gamma,n)^m$ and $(\gamma, n)^g$ reactions. The cross section isomeric ratios at $E_\gamma=E_m$ are estimated.

In the case of reaction $(n,2n)$, cross sections of the formation of isomeric and the main state and their isomeric ratios σ_m / σ_g are determined. To obtain the absolute values of the cross sections of the ground and isomeric states. we used the methods of comparing the yields of the studied and monitor reactions. As a monitor reaction. we used $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ ($T_{1/2} = 15$ h. $E_\gamma = 1368$ keV). the cross section of which is: $\sigma_m = 121.57 \pm 0.57$ mb at $E_n = 14.1$ MeV [15]. For $E_n = 14.1$ MeV, the following results were obtained: $\sigma_m = 797 \pm 39$ mb, $\sigma_g = 906 \pm 71$ mb, $\sigma_m / \sigma_g = 0.88 \pm 0.08$.

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. www.oecd-nea.org
3. V.M. Mazur // Physics of elementary particles and atomic nuclei. 2000. V.31. P.1043.

**THE TOTAL NEUTRON CROSS SECTIONS FOR THE ELEMENTS N, O, Al and Si
AT THE ENERGY OF 14.1 MeV**

*Ergashev F.Kh., Artemov S.V., Ikromkhonov E.Sh., Kayumov M.A., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev Kh.R.,
Ruziev E.T., Tatarchuk V.A.*

Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

Experimental total neutron cross sections as a function of neutron energy are fundamental data set for the evaluation of nuclear data libraries. The neutron cross-section data should be provided for all nuclides included in materials to be used in nuclear research installations and power plants, and nuclear technologies, with a particular focus on high-quality data of about 14 MeV. Also, the experimental total neutron cross sections σ^{tot} are a touchstone for the correctness of the optical potentials (OP) of the $n+A$ interaction, which are now in demand for calculations of cross sections of nuclear-astrophysical processes involving light nuclei.

A new simple method for measuring the total neutron cross section based on the NG-150 neutron generator was developed by us earlier, and the total neutron cross sections for a number of elements at the energy $E_n=14.1$ MeV was measured [1]. In continuation of this work, the $\sigma_{\text{exper}}^{\text{tot}}$ values for nitrogen, oxygen, aluminum, and silicon of natural isotopic composition were measured using this method at the same energy. The obtained values are in good agreement with the literature data at close energies.

These and published experimental σ^{tot} , as well as the available data on elastic neutron scattering, were used to specify the parameters of the optical $n+A$ potentials. Usually, the OP parameters from the original articles on elastic

neutron scattering were used as starting ones and then the depth and geometric parameters (in the form of Woods-Saxon) of the real and imaginary parts of the OP were varied. The parameters were varied according to the χ^2 criterion with use the programs NRV [2] and Spi-Genoa [3]. In some cases, the parameters were adjusted "manually" to obtain the correct value of the total cross-section while maintaining a good fit of the angular distributions of elastic scattering.

As an example, we demonstrate the procedure of analyzing the oxygen+n system. To find the starting OP parameters, we used the ExFor data [4] and the original data on the elastic scattering of n + O in [5,6], which also contain the optical model fitting of the neutron angular distributions at $E_n = 14.1$ MeV. Calculations within the optical model of the total neutron cross section with two OP sets from [6] give value that is poorly consistent with the literature data ($\sigma_{\text{exper}}^{\text{tot}} = 1.56 \div 1.70$ barn, [4]) and the value obtained by us $\sigma_{\text{exper}}^{\text{tot}} = 1.68 \pm 0.08$ barn. Next, we varied the depth parameters of the volume and imaginary parts of the OP and the corresponding geometric parameters (in the Woods-Saxon form) according to the χ^2 criterion. As a result, the calculated value is $\sigma^{\text{tot}} = 1.56$ barn. Then, by manually adjusting the values of the depth parameters, the calculated value $\sigma^{\text{tot}} = 1.61$ barn was obtained. At the same time, the fitting of the experimental angular distribution of elastic scattering remains some better than the starting literature set of OP.

A similar method was used to refine the OP sets for a number of light elements of natural composition in the range $A = 10 - 32$ using the values of $\sigma_{\text{exper}}^{\text{tot}}$ measured by us in [1] and in this work.

References:

1. S.V. Artemov et al // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2020, Vol. 84, No. 8, pp. 894–897.
2. <http://nrv.jinr.ru/nrv/>
3. Perey F, SPI-GENOA an optical model code, unpublished.
4. <https://www-nds.iaea.org/exfor/>
5. D. Meieret al // Helvetica Physica Acta 42 (1969) pp.813-841
6. G.C. Bonazzola et al // LETTERE AL NUOVO CIMENTO Vol.5 N.3 (1972) pp.226-230.

THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM NUCLEAR SCIENCE FACILITIES

Freer M.

School of Physics and Astronomy, University of Birmingham, Birmingham, B15 2TT

The University of Birmingham has a long tradition of operating accelerator based facilities going back to the 1950s. These include the RF machines such as the Radial Ridge Cyclotron, the Nuffield Cyclotron, the first proton synchrotron and a electrostatic Dynamitron. At present the university is host to an MC40 Scanditronix cyclotron which delivers beams of light ions of protons, deuterons, ^3He and ^4He with energies of up to 50 MeV in the case of ^3He . The accelerator is used for a variety of applications which range from medical isotope production, materials irradiation through to fundamental nuclear physics.

At present a second accelerator based facility is being constructed. This is a proton driven, neutron irradiation facility. The facility will deliver fluences of up to 10^{13} neutrons $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. The beams are to be produced by an 30-50 mA proton accelerator developed by the US based company Neutron Therapeutics for BNCT applications. The protons are incident on a rotating, water cooled, lithium target converting them through the $^7\text{Li}(p,n)$ reaction to neutrons. The facility will be capable of performing a range of studies from materials irradiation to nuclear science. Future plans also include the development of a dual beam facility, where the protons from the new accelerator are combined with helium beams from the cyclotron. The presentation will describe the facilities and range of science programmes being performed.

**VARIATIONAL SOLUTION OF THE RELATIVISTIC TWO-HEAVY CENTER PROBLEM:
APPLICATION OF THE SLATER TYPE BASIS FUNCTIONS AND THE MINIMAX OPTIMIZATION**

Chuluunbaatar O.^{1,2}, Joulakian B.B.³, Chuluunbaatar G.^{1,4}, Buša Jr.J.^{1,5}, Koshcheev G.O.^{1,6}

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Region, 141980, Russia

²Institute of Mathematics and Digital Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, 13330, Mongolia

³Université de Lorraine, LPCT (UMR CNRS 7019), 1 bld Arago, bat. ICPM 57078 Metz Cedex 3, France

⁴Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 117198 Moscow, Russia

⁵Institute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences, Watsonova 47, 04001 Košice, Slovakia

⁶Institute of System Analysis and Management, Dubna State University, Dubna, Moscow region, 141980, Russia

The relativistic Dirac equation for a bound electron in the field of two fixed positive charges is revisited. In contrast to the one center case this three-dimensional equation is separable only partially around the azimuthal angle, because of the commutation of the Dirac Hamiltonian only with the z component of the total angular momentum J_z . In this talk we determine the variational exact solution of this two-center problem using a basis constructed by linear combinations of relativistic Slater type spinor wave functions with non-integer powers of the radii on the two centers. We present in some detail the determination of the two center integrations involved. The solutions are obtained by a minimax procedure, that we have developed with a new iterative scheme. We use independent large and small components of the Dirac spinor. This permits us to take control of the spurious solutions, and gives us the possibility to avoid them by the appropriate choice of the wave function parameters. We investigate the behavior of the electron in its $1s\sigma_g$ level of the diatomic homo-nuclear systems $A_2^{(2Z-1)+}$, where A represents the heavy element and Z its atomic number. Our approach has the advantage of needing small basis sets for a relative error of the of 10^{-7} - 10^{-8} .

VARIATIONS OF COSMIC RAYS ACCORDING TO OBSERVATIONS IN MARCH 2021

Tulekov Ye.A.¹, Morzabaev A.K.¹, Makhmutov V.S.², Yerkhov V.I.²

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

²P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

In recent years, special attention has been drawn to the problem of the influence of geophysical factors on the state of the environment. Phenomena on the Sun affect the operation of technical means (failures and violations) on Earth. Thus, during geomagnetic disturbances, the number of failures in the operation of electronic equipment increases dramatically. Magnetic storms have an impact on performance, speed of reaction and decision-making, and the general well-being of a person. Currently, the monitoring of phenomena on the Sun and in near-Earth space is carried out continuously, there is a network of ground stations that record data.

To this end, in 2016, the L. N. Gumilyov Eurasian National University (ENU), in cooperation with the P. N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, created a scientific cosmophysical complex.

It is designed to continuously monitor the flow of cosmic rays at ground level. The main purpose of working with the detector is to register cosmic rays and study their correlation with solar activity and atmospheric phenomena, to conduct comparative and correlation analyses between existing data, obtained data and atmospheric variables.

The following are (Figure 1) plots of the scattering between the values of the CR observations recorded at the CARPET detector and the neutron detector in March 2021 and the atmospheric pressure during the study period. Despite the presence of some variation in the data, it is clear that the rate of the CR count rate decreases with increasing atmospheric pressure, i.e., the inverse relationship is observed.

The analysis of the obtained experimental data shows that the scientific complex allows us to study the nature of CR variations for different time intervals. The data of the ground-based complex allow for long-term research and can qualitatively supplement the global data bank along with the data of the existing network of ground-based detectors of secondary CR fluxes.

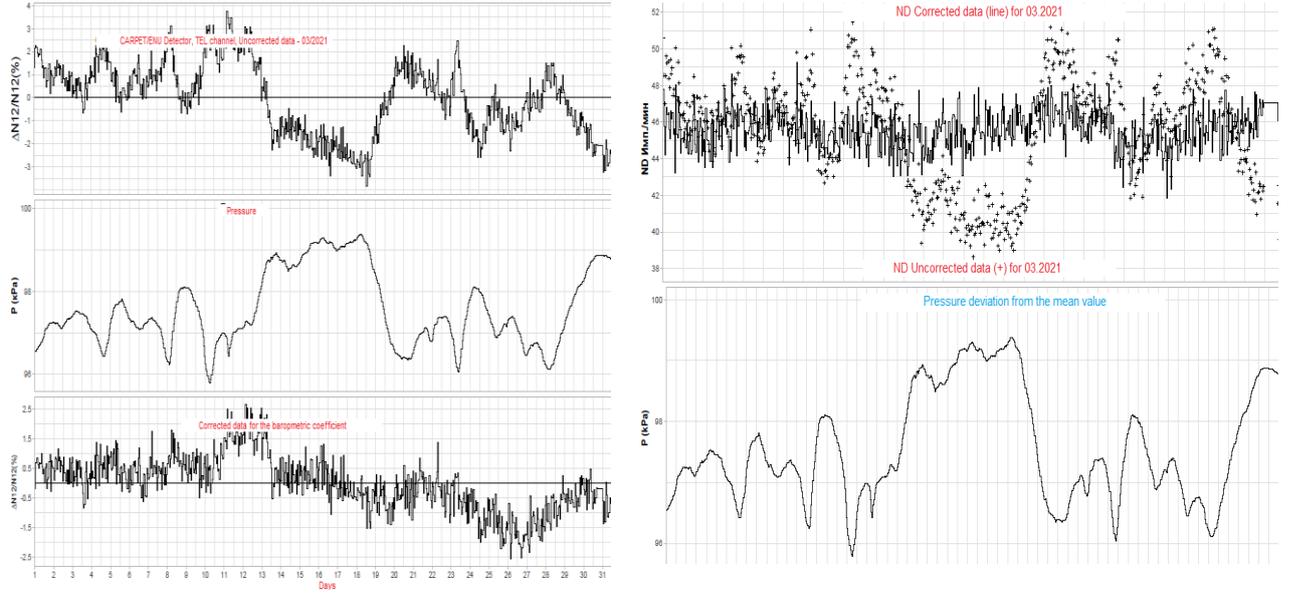


Figure 1 –Dynamics of the count data in the TEL channel of the CARPET detector (top and bottom) and changes in atmospheric pressure (in the middle) (a); Dynamics of the neutron detector count data (top) and atmospheric pressure changes (bottom) (b)

WEAK FACTORIZABLE DECAYS OF DOUBLY HEAVY BARYON

Tyulemissov Zh.Zh.

Institute of Nuclear Physics, Kazakhstan, Almaty

We calculated nonleptonic two-body weak decays of the double charm baryon ground states Ξ_{cc}^{++} . Nonleptonic decays can be divided into two group: factorizable and nonfactorizable decays. The first one can be easily calculated from first principles. Therefore, its good example understands all pros and cons of a model. We focused on a weak two-body nonleptonic decay consists only from the factorizing contribution precluding a contamination from W-exchange. We use the covariant confined quark model previously developed by us to calculate the various helicity amplitudes which describe the dynamics of the transition induced by the Cabibbo-favored effective currents. We then proceed to calculate the rates of the decay and the branching fractions.

YDA C++ PROGRAM PACKAGE FOR OPERATING WITH A NEW ANALOG SPECTROMETER OF THE DUBNA GAS – FILLED RECOIL SEPARATOR#2 INSTALLED AT MAIN FLNR DC-280 CYCLOTRON IN HEAVY ION INDUCED NUCLEAR REACTIONS

Ibadullayev D.^{1,2}, Tsyganov Yu.S.¹, Shumeiko M.¹

¹FLNR, JINR, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

²The Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

YDA (Yury&DAstan) Builder C++ PC based code has been developed. It allow to provide a data acquisition using 48x128 *DSSSD*(Double Side Silicon Strip Detector) detector and multi - wire pentane filled low pressure gaseous detector [1]. Main specific of the developed program package is to use flexible real-time algorithms to provide in-fact background free conditions for ultra-rare alpha decays registration [2,3]. Three scenarios of these algorithms are under consideration. Two of them deal with the relatively low rate of beam stops, whereas the third one corresponds to high beam stop rate. First results of application of *YDA* code are presented too. Electronics modules, operating together with *YDA* code are considered in brief too as well as the programs to visualize the experimental data [4]. Programs to test electronics modules are also under consideration.

References:

- [1] V.K.Utyonkov, Yu.S.Tsyganov, D.Idabullayev et al. // to be submitted to Nucl. Instrum. and Meth.
- [2] Yu.S.Tsyganov and S.V.Barinova Phys. Part. and Nucl. Lett. 2019. Vol.16, No.5. pp. 544-553.
- [3] Yu.S.Tsyganov et al. Nucl. Instrum. and Meth. In Phys. Res. 2004. A 525. Pp.213-216.
- [4] Yu.S.Tsyganov et al. / This volumE.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ

Кореньков В.¹, Буртебаев Н.^{2,3}, Мажитова Е.^{1,2,*}, Сатышев И.^{1,2}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*E-mail: emazhitova@jinr.ru

Для обработки больших массивов данных необходимо подготовить инфраструктуру, состоящую из аппаратного, программного обеспечения и каналов связи. Одной из основных задач построения такой инфраструктуры является изучение существующих решений и выбор подходящих модели и алгоритмов распределенной обработки данных. Из-за увеличения количества получаемой разнородной информации, появляются новые методы обработки, хранения и передачи данных, активно развивается теория Больших данных. Подход Больших данных обязан своим рождением экономике и бизнесу, но в настоящее время применяется к различным областям науки. Эмпирические результаты могут быть ценны в новых областях знаний, в прикладных областях, граничащих с техникой, при моделировании сложных явлений в том числе в области ядерной и радиационной физики. Сегодня ни один крупный проект невозможен без использования распределенной инфраструктуры для обработки данных. Разработанные программные платформы и технологии распределенных вычислений и Больших данных адаптируются для решения масштабных задач в нужной области исследования. Облачные технологии и распределенные системы вместе с последними разработками программного обеспечения и современными методами анализа данных позволяют сводить воедино данные разных типов, дают возможность обрабатывать и классифицировать огромный объем данных и позволяют выйти на новый уровень обработки и анализа, что в принципе невозможно без использования этих технологий.

Для построения распределенной инфраструктуры требуется программное обеспечение, способное решать такие задачи как процесс аутентификации и авторизации; создание информационной системы и средств мониторинга; управление вычислительными задачами, хранением и передачей данных.

Это уже решалось в рамках проекта WLCG, и было разработано специализированное программное обеспечение EMI/gLite, предоставляющее все необходимые компоненты для организации распределенной инфраструктуры, и одновременно с этим аналогичные задачи решались в США в рамках проекта OSG (Open Science Grid). Однако, поскольку все это ПО служит для создания инфраструктуры общего назначения, не учитывающей индивидуальные особенности экспериментов на БАКе, то дополнительно разрабатывались программные надстройки над EMI/gLite и OSG (BigPanDA — система управления заданиями, Rucio — управление большими объемами распределенных данных, DIRAC (diracgrid.org) — управление распределенными ресурсами), оптимизирующие распределенные вычисления под структуру, потоки и процедуры обработки данных конкретного эксперимента. Некоторые из этих надстроек в определенный момент стали обладать функциональностью, полностью заменяющей отдельные сервисы EMI/gLite и OSG. Для создания инфраструктуры для обработки больших массивов данных была выбрана платформа DIRAC, которая будет базироваться на облачных ресурсах, развернутых с использованием платформы OpenNebula. DIRAC - распределенная программная среда для вычислений, которая обеспечивает полное решение для сообществ пользователей, которым требуется доступ к распределенным ресурсам, создает слой между пользователями и ресурсами, предлагая общий интерфейс для ряда разнородных провайдеров, беспрепятственно их интегрируя, обеспечивая совместимость при оптимизации, прозрачном и надежном использовании ресурсов.

Работа поддержана Программой № BR10965191 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список литературы:

1. Владимир Кореньков, Александр Ужинский. Архитектура сервиса передачи данных в grid // Открытые системы. СУБД, 2008, №2, С. 52–56. URL: <http://www.osp.ru/os/2008/02/4926522> (дата обращения 20.06.2021).
2. Barreiro Megino F.H. et al. PanDA for ATLAS distributed computing in the next decade // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 898 (2017) 052002, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/898/5/052002>.
3. Gergel V., Korenkov V., Pelevanyuk I., Sapunov M., Tsaregorodtsev A., Zrellov P. Hybrid Distributed Computing Service Based on the DIRAC Interware // Commun. Comp. Inform. Sci. 2017. V. 706; https://doi.org/10.1007/978-3-319-57135-5_8.

АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ S-ФАКТОР И СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА $p+{}^7\text{Be}\rightarrow{}^8\text{B}+\gamma$ В ДВУХЧАСТИЧНОЙ МОДЕЛИ

Турсунов Э.М., Туракулов С.А.

Институт ядерной физики АН РУз, 100214, Ташкент, Узбекистан

В рамках двухчастичной потенциальной модели проведен теоретический анализ астрофизического S-фактора и скорости реакции процесса прямого ядерного захвата $p+{}^7\text{Be}\rightarrow{}^8\text{B}+\gamma$. Расчеты проведены с исходным $p-{}^7\text{Be}$ -потенциалом V_D из работы [1] и модифицированным потенциалом V_M , который корректно описывает экспериментальную длину $p-{}^7\text{Be}$ -рассеяния в ${}^3\text{S}_1$ -волне. Дополнительно, параметры потенциала V_M в ${}^3\text{P}_2$ -волне выбраны согласно теории из работы [2], а в ${}^3\text{D}_2$ -волне подогнаны, чтобы воспроизвести резонансный пик около 3 МэВ. А в остальных парциальных волнах эти потенциалы совпадают. В таблице 1 приведены параметры исходного центрального потенциала V_D в Гауссовом виде $V(r)=V_0 \exp(-\alpha r^2)$ из работы [1] и модифицированного потенциала V_M во всех парциальных волнах. Как видно из рисунка 1, полученные результаты для астрофизического S-фактора в рамках модифицированного потенциала V_M очень хорошо согласуются с экспериментальными данными Hammache et al. [2, 3], чем результаты, полученные с исходным потенциалом Дубовиченко и др. [1]. Значение астрофизического S-фактора, экстраполированное на нулевую энергию оказывается равным $S_{17}(0) \approx (20.5 \pm 0.5)$ эВ бн, что согласуется с оценкой SF II [4]. На рисунке 2 приведены результаты для скорости реакции процесса захвата $p+{}^7\text{Be}\rightarrow{}^8\text{B}+\gamma$, нормированные на экспериментальных данных NACRE 1999 [10] в сравнении с данными NACRE 2013 [11], и с теоретической кривой из работы [12].

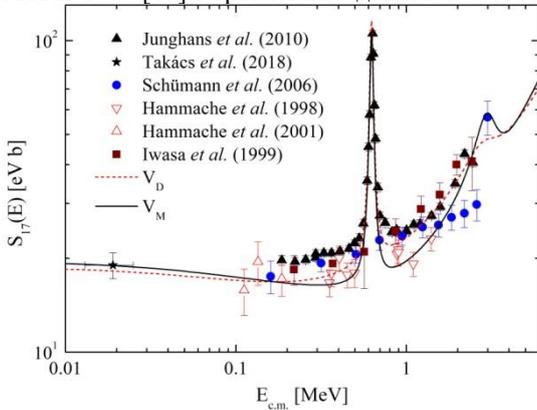


Рис. 1 - Астрофизический S-фактор реакции захвата ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$, рассчитанный с потенциалами V_D и V_M в сравнении с экспериментальными данными из работ [3-4,6-9]

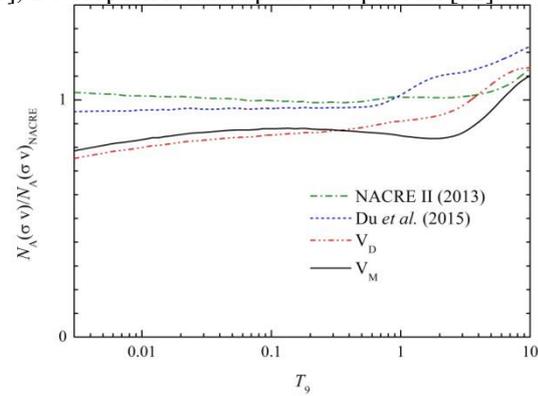


Рис. 2 - Скорости реакции процесса ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$, рассчитанный с потенциалами V_D и V_M , нормированные на экспериментальных данных NACRE 1999 [6]

Таблица 1 - Параметры потенциалов V_D и V_M .

${}^{2S+1}L_J$	V_0 , МэВ	α , фм ⁻²	$E_{зс}$, МэВ	${}^{2S+1}L_J$	V_0 , МэВ	α , фм ⁻²	$E_{зс}$, МэВ
${}^3\text{S}_1$	-343.0	1.0	-110.13	${}^3\text{D}_1$	-343.0	1.0	-
${}^3\text{S}_1(V_M)$	-100.0	0.876	-2.42	${}^3\text{D}_2$	-116.04	0.095	-20.45
${}^3\text{P}_0$	-580.0	1.0	-102.25	${}^3\text{D}_2(V_M)$	-193.0	0.15	-37.92
${}^3\text{P}_1$	-709.85	0.83	-205.38	${}^3\text{D}_3$	-343.0	1.0	-
${}^3\text{P}_2$	-330.414634	0.375	-96.59	${}^3\text{F}_3$	-104.555	0.055	-15.99
${}^3\text{P}_2(V_M)$	-300.5003	0.34	-87.86				

Как видно из рисунка 2, наши теоретические результаты для скорости реакции существенно меньше, чем результаты коллаборации NACRE II [7].

Литература:

1. S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.V. Dzhazairov-Kakhramanov, A.S. Tkachenko, Nucl. Phys. A 983, 175 (2019).
2. D. Baye, Phys. Rev. C 62, 065803 (2000).
3. F. Hammache et al., Phys. Rev. Lett. 80, 928 (1998).
4. F. Hammache et al., Phys. Rev. Lett. 86, 3985 (2001).
5. E. G. Adelberger et al., Rev. Mod. Phys. 83, 195 (2011).
6. A.R. Junghans et al., Phys. Rev. C 81, 012801 (2010).
7. N. Iwasa et al., Phys. Rev. Lett. 83, 2910 (1999).
8. F. Schumann et al., Phys. Rev. C 73, 015806 (2006).
9. M.P. Takacs, D. Bemmerer, A.R. Junghans, K. Zuber, Nucl. Phys. A 970, 78 (2018).
10. NACRE Collaboration (C. Angulo et al.) Nucl. Phys. A656, 3 (1999)
11. NACRE II Collaboration (Xu Y. et al.) Nucl. Phys. A918, 61 (2013)
12. X. Ch. Du et al., Jour. Sci. China Phys., Mech. & Astron. 58, 062001 (2015).

ВАРИАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ АТОМА ГЕЛИЯ: КВАНТОВАЯ ЗАДАЧА ТРЕХ ТЕЛ

Азнабаев Д.Т.^{1,2,3}, Бекбаев А.К.^{1,2}

¹Институт ядерной физики Министерство энергетики Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

²Лаборатория теоретической физики, Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

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

В работе выполнен расчет нерелятивистских уровней энергии ионизации атома гелия для основного состояния. Расчеты основаны на вариационном методе "экспоненциального" разложения. Исследуется сходимость вычисляемых уровней энергии в зависимости от числа базисных функций N . Это позволяет утверждать, что полученные значения энергии имеют точность 35 значащих цифр.

Самой простой реальной системой, в которой обнаруживаются многочастичные эффекты, является атом с двумя электронами, движущимися в кулоновском поле ядра с зарядом Ze . К ним относится атом He ($Z=2$).

Запишем нерелятивистское уравнение Шредингера для атома с двумя электронами и бесконечно тяжелым ядром

$$-\frac{1}{2}[\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2]\psi + \left(-\frac{Z}{r_1} - \frac{Z}{r_2} + \frac{1}{r_{12}}\right)\psi = E\psi \quad (1)$$

Найти точные решения этого уравнения с гамильтонианом до сих пор не удалось, поэтому приходится использовать приближенные методы. В этой работе мы применим вариационный метод Ритца для вычисления энергии основного состояния атома гелия [1]. Исходной точкой метода служит уравнение Шредингера.

$$H\psi = E\psi \quad (2)$$

Для некоторого гамильтониана H , является вариационный принцип Хиллерааса-Ундгейма, более известный в математике как вариационный принцип Релея-Ритца, который считается универсальным методом при получении приближенного решения. Основными задачами вариационного исчисления, являются задачи на определения экстремумов или стационарных значений функционалов. Сущность этого метода состоит в замене задачи поиска стационарных значений функционалов принципиально более простой задачей поиска стационарных значений функций нескольких переменных [5].

Таблица 1 - Сравнение нерелятивистских энергий основного состояния атома гелия

Авторы (год)	ссылки	N-Базис	Энергий (а. е.м)
Schwartz (2006)	[1]	24099	-2.90372 43770 34119 59831 11592 45194 40444 66969 25310
Nakashima Nakatsuji (2007)	[2]	22709	-2.90372 43770 34119 59831 11592 45194 40444 66969
Наши расчеты		22000	-2.90372 43770 34119 59831 11592 45194 40443
Korobov (2002)	[3]	5200	-2.90372 43770 34119 59831 1159
Drake (2002)	[4]	2358	-2.90372 43770 34119 598311

Литература:

1. Schwartz C. // Further Computations of the He Atom Ground State. // arXiv:math-ph/0605018. (2006).
2. H. Nakashima and H. Nakatsuji, // Solving the Schrödinger equation for helium atom and its isoelectronic ions with the free iterative complement interaction (ICI) method, // J. Chem. Phys. 127, 224104 (2007).
3. V. I. Korobov, Nonrelativistic ionization energy for the helium ground state, // Phys. Rev. A 66, 024501 (2002).
4. G. W. F. Drake, M. M. Cassar, and R. A. Nistor, // Ground-state energies for helium, H⁻, and Ps⁻, Phys. Rev. // A 65, 054501 (2002).
5. D. T. Aznabayev, A. K. Bekbaev, V.I. Korobov // Nonrelativistic energy levels of helium atoms // Phys. Rev A, V 98, 012510, (2018).

**ВКЛАД НИЗКОЛЕЖАЩИХ РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ В СЕЧЕНИЕ РАЗВАЛА
ГАЛО ЯДРА ^{11}Be**

Валиолда Д.С.^{1,2,3}, Джансейтов Д.М.^{1,2,3}, Мележик В.С.³, Жаугашева С.А.¹

¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

³Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Целью работы является теоретическое изучение вклада низколежащих резонансных состояний в сечение кулоновского развала гало ядер ^{11}Be на тяжелой мишени (^{208}Pb) от промежуточного (70 МэВ / нуклон) до низких энергий (5 МэВ / нуклон) в рамках нестационарного подхода.

В настоящей работе нестационарное уравнение Шредингера интегрируется с непertурбативным алгоритмом на трехмерной пространственной сетке. Продемонстрирована сходимость вычислительной схемы в широком диапазоне энергий, включая низколежащие резонансы $n^{+10}\text{Be}$ в различных парциальных и спиновых состояниях ^{11}Be . Обнаружен значительный вклад резонанса $5/2^{+}$ ($E = 1,23$ МэВ) в сечение развала при 30 МэВ/нуклон и ниже, в то время как при более высоких энергиях резонансные состояния $3/2^{-}$ и $3/2^{+}$ ($E = 2,78$ и $3,3$ МэВ) вносят наиболее заметный вклад. Полученные результаты хорошо согласуются с существующими экспериментальными данными при 69 и 72 МэВ / нуклон.

Разработанная вычислительная схема открывает новые возможности в исследовании кулоновского, а также ядерного, развала других гало ядер как на тяжелых, так и на легких мишенях. Эта теоретическая модель потенциально может быть полезна для интерпретации и планирования экспериментов с низко-энергетическим пучком при изучении структуры гало ядер.

**ВОЗМОЖНОСТЬ АНАЛИЗА ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОГО
ЗАХВАТА ПРОТОНА**

Ержигитов Ж.Е.¹, Махмудов С.К.^{1,2}, Муминов Т.М.¹, Руми Р.Ф.¹, Халиков Р.Х.¹,
Холбаев И.^{1,2}, Эшназаров А.И.¹, Бахранов О.О.³*

¹НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники НУУз им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

²Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

³Институт ядерной физики АН, Ташкент, Узбекистан

*E-mail: sirojiddin_8922@mail.ru

Изотопный анализ стабильных химических элементов проводится как правило высокочувствительными масс-спектрометрическими или лазерными методами [1]. В настоящей работе предлагается новый метод определения изотопного состава углерода путем регистрации гамма-кванта при радиационном захвате протона на электростатическом ускорителе ЭГ-2 СОКОЛ НИИФПМ НУУз им. М. Улугбека.

Углерод представляет собой смесь двух стабильных изотопов ^{12}C и ^{13}C , и одного радиоактивного изотопа с массой ^{14}C . Последний используется в геологии и археологии для определения возраста различных образцов и артефактов. Вариации в соотношениях стабильных изотопов углерода в природных образованиях достигают 12% [2]. Изменения изотопного состава углерода используются в геологии для решения вопросов, касающихся источника рудообразующих растворов и генезиса минералов, горных пород и руд. Различия в соотношении изотопов углерода в природных условиях вызывается изотопно-обменными реакциями, приводящими к преимущественному накоплению тяжелого изотопа C^{13} в карбонатах, и биологических процессах, в т. числе фотосинтезом, в результате которых органическое вещество растительного и животного происхождения обогащается легким изотопом ^{12}C [1,2].

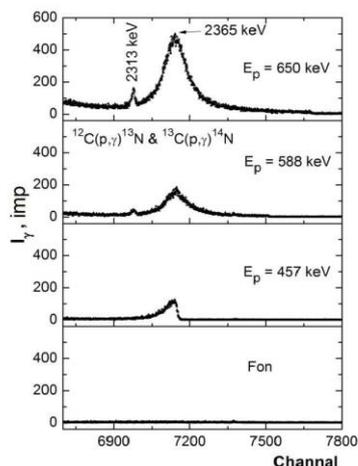


Рисунок 1 - Фрагменты спектров гамма-лучей из реакций $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ и $^{13}\text{C}(p,\gamma)^{14}\text{N}$ на реакторном графите

Работа выполнялась на ионном пучке электростатического ускорителя ЭГ-2 Сокол с использованием пучка протонов с энергией 400-700 кэВ при токе 1-2 мкА. Облучению подвергали две мишени природного углерода: реакторный графит размерами 1,5x6x15 мм и тонкая мишень 40 мкг/см², изготовленная напылением на подложку из медной пластинки размерами 10x20 мм. На рисунке 1 приведены участки спектров гамма-лучей из реакций $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}$ и $^{13}\text{C}(p,\gamma)^{14}\text{N}$ для реакторного графита. Спектры регистрировались с помощью HPGe детектора типа GC4018 с энергетическим разрешением 1,8 кэВ при 1332 кэВ изотопа ^{60}Co . Пики при 2365 и 2312 кэВ, отвечающие этим реакциям, соответственно позволяет сделать вывод о возможности применения данного метода для успешного определения соотношения стабильных изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в различных объектах.

Литература:

1. Химическая энциклопедия в 5 томах, М, 1990. Ю.А. Щуколюков. Статья «Изотопный анализ», с.197.
2. Геологический словарь в 2-х томах, М, 1978. М. Н. Голубкина. Статья «Изотопы углерода в геологии». <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0042/base/RI/001567.shtm>.

ВРЕМЯПРОЛЕТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ МАВР

Азнабаев Д.^{a, b, e}, Лукьянов С. М.^a, Зейнулла Ж.^{a, b, c}, Исатаев Т.^{a, b, d}, Маслов В.А.^a, Мендибаев К.^{a, b, e}, Мельник Е.В.^a, Стукалов С.С.^a, Смирнов В.И.^a, Шахов А.В.^{a, c}

- a) Объединенный Институт Ядерных Исследований, Дубна, Россия
- b) Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан
- c) Государственный Университет “Дубна”, Дубна, Россия
- d) Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
- e) НАО КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Для регистрации продуктов ядерных реакций и проведения корреляционных измерений на магнитном анализаторе высокого разрешения (МАВР) была создана времяпролетная система. Установка располагается на канале выведенного пучка циклотрона У-400 Лаборатории Ядерных Реакций ОИЯИ. Описываются результаты измерения параметров времяпролетного спектрометра, полученные на основе измерения осколков спонтанного деления ^{252}Cf . Представлены также результаты измерения продуктов в реакции $^{48}\text{Ca}+^{238}\text{U}$. В этом случае использовались два времяпролетных плеча, с помощью которых планируется проводить корреляционные измерения осколков вынужденного деления тяжелой составной системы. Другое назначение описанной системы – регистрация упруго рассеянных ионов, что используется как мониторинговая система для измерения энергии пучка и полного потока частиц, попадающих на мишень установки МАВР.

Литература:

1. Пенионжкевич Ю.Э. Физика экзотических ядер // Соросовский Образовательный Журнал. 1995. № 1. С. 92.

2. Иткис М.Г., Оганесян Ю.Ц., Попеко А.Г. Развитие физики тяжелых ионов в Лаборатории Ядерных Реаций им.Г.Н.Флерова // Физика Элементарных Частиц и Атомного Ядра 2001 Т. 32, вып. 7
3. Oganessian Yu. Ts., Gulbekyan G.G., Gikal B.N., Kalagin I.V. Status report of the U400 cyclotron at the FLNR JINR // Proc. of APAC2004 Int. Conf., Gyeongju, Korea, 2004, pp. 52-54.
4. Дмитриев В.Д., Лукьянов С.М., Пенионжкевич Ю.Э., Саттаров Д.К. Микроканальные пластины в экспериментальной ядерной физике // ПТЭ. 1982. №2, с.7-18.
5. Азнабаев Д., Смирнов В. И., Исатов А., Мендибаев К., Исатаев Т. Измерение времени пролета заряженных частиц временным детектором на основе МКП для установки МАВР // Письма в ЭЧАЯ. 2019. Т. 16, № 6(225). С.620-626
6. Козулин Э. М., Богачев А. А., Иткис М. Г., Иткис Ю. М., Княжева Г. Н., Кондратьев Н. А., Крупа Л., Покровский И. В., Прохорова Е. В.; Времяпролетный спектрометр CORSET для измерения бинарных продуктов 9 ядерных реакций // Приборы и Техника Эксперимента. – 2008. –Т.51, №.1. – С.44-58.

ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ИЗ $9x\text{CeBr}_3\text{-NaI(Tl)}$ ФОСВИЧ-ДЕТЕКТОРОВ

Зейнулла Ж.^{1,2,*}, Стукалов С.С.¹, Соболев Ю.Г.^{1,3}, Пенионжкевич Ю.Э.^{1,4}, Сивачек И.^{1,5}

¹ Объединенный Институт Ядерных Исследований, 141980, Дубна, Россия;

² Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан;

³ Национальный исследовательский центр «Курчатовский Институт» Москва, 123182, Россия;

⁴ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Москва, Россия;

⁵ Институт Ядерной Физики, CZ 250 68, Ржеж, Чешская Республика;

*E-mail: zeinulla@jinr.ru

В настоящей работе исследована методика регистрации высокоэнергетических γ -квантов с помощью сборки из $9x\text{CeBr}_3\text{-NaI(Tl)}$ фосвич-детекторов [1]. Методика позволяет идентифицировать высокоэнергетические γ -кванты, образующихся при γ -распаде гигантских дипольных резонансов (ГДР) от каскадов низкоэнергетических «угаст» γ -квантов с близкой суммарной энергией.

В работе представлены основные характеристики γ -спектрометра: энергетические разрешения ΔE , эффективности регистрации δ_γ и эффективности регистрации в пике полного поглощения δ_{PEAK} в зависимости от энергий E_γ регистрируемых γ -квантов и от расстояний до источника. Измерения характеристик γ -спектрометра проведены с помощью VME-системы набора данных методом меченых γ -квантов. Сложные формы сцинтилляционных сигналов фосвич-детекторов исследованы с помощью цифровой (Mesytec MDPP-16) и аналоговой (Mesytec MADC-32, MQDC-32) электроникой [2]. Оба подхода (аналоговый и цифровой) позволили четко разделить CeBr_3 и NaI(Tl) компоненты сцинтилляций. Измерены характеристики γ -спектрометра в режиме анти-комптоновской защиты на основе анализа формы сцинтилляционных сигналов. Экспериментальные данные были сравнены с расчетами (см. Рис. 1), проведенными методом Монте-Карло программой GEANT4 [3].

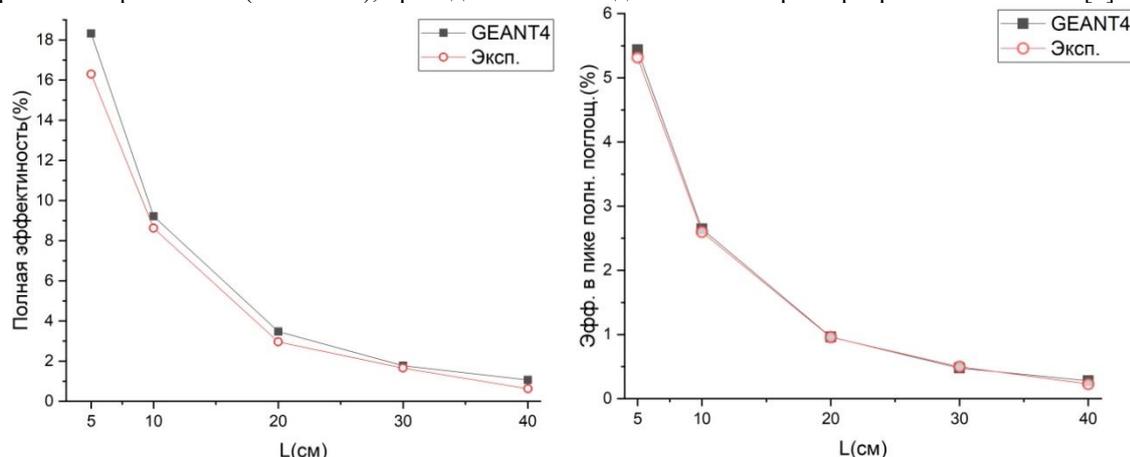


Рисунок 1 - Эффективности регистрации δ_γ (слева) и эффективности регистрации в пике полного поглощения δ_{PEAK} (справа) в зависимости от расстояния L при энергии 1173 кэВ источника ^{60}Co

Литература:

1. <https://scionix.nl/scintillation-detectors/> - сайт производителя сцинтилляционных детекторов Scionix;
2. <https://www.mesytec.com/> - официальный сайт Mesytec;
3. <https://geant4.web.cern.ch/support/download> - GEANT4 (CERN).

ДЕТЕКТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА SFiNx

Исаев А.В.^а, Ерёмин А.В.^{а,б}, Замятин Н.И.^а, Изосимов И.Н.^а, Кузнецова А.А.^а, Малышев О.Н.^{а,б}, Мухин Р.С.^а,
Попеко А.Г.^{а,б}, Попов Ю.А.^{а,б}, Сайлаубеков Б.^{а,б}, Свирихин А.И.^{а,б}, Сокол Е.А.^а, Тезекбаева М.С.^{а,б},
Челноков М.Л.^а, Чепигин В.И.^а, Брионе П.^з, Галл Б.^з, Кессаси К.^з, Селлам А.^з, Дорво О.^з, Лопез-Мартенс А.^д,
Хошилд К.^д, Анталики С.^е, Мошати П.^е

^аОбъединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

^бГосударственный университет «Дубна», Дубна, Россия

^вИнститут ядерной физики, Алматы, Казахстан

^гIPHC, IN2P3-CNRS, Страсбург, Франция

^дIJCLab, IN2P3-CNRS, Университет Париж-Сакле, Орсе, Франция

^еУниверситет им. Я. Коменского, Братислава, Словакия

В ОИЯИ создана новая детектирующая система, предназначенная для изучения свойств спонтанного деления короткоживущих тяжёлых ядер. Система состоит из сборки многостриповых двусторонних Si-детекторов, вокруг которой размещены 116 пропорциональных ³He-счётчиков нейтронов. Эффективность регистрации одиночного нейтрона от ²⁴⁸Cm составила $55.0 \pm 0.2\%$. Детектор был проверен в ходе эксперимента по изучению спонтанного деления изотопа ²⁵²No, который образовывался в реакции полного слияния пучка ионов ⁴⁸Ca с ядрами мишени ²⁰⁶Pb.

ИЗУЧЕНИЕ АССОЦИАТИВНОГО РОЖДЕНИЯ БОЗОНА ХИГГСА С W- ИЛИ Z- БОЗОНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Манашова М.

Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Ядерный Институт Физики, Алматы, Казахстан

В данной работе представлены угловые особенности сигнального и фоновых процессов ассоциированного рождения бозона Хиггса с W- или Z- бозоном. Сигнальные и фоновые процессы генерировались с помощью генераторов *CompHEP*, *POWHEG* и *PYTHIA*. Монте-Карло данные обрабатывались с помощью программы *ROOT*. Также были сравнены формы распределений кинематических переменных, полученных от разных генераторов. Выяснилось, что форма этих распределений одинакова для разных генераторов. Значительное отклонение распределений *POWHEG* от других генераторов объясняется тем, что он использует следующий за лидирующим порядком теории возмущений для сечения, в то время как другие генераторы используют ведущий порядок.

ИЗУЧЕНИЕ КЛАСТЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ В РЕАКЦИИ $d+^{11}\text{B}$ ПРИ ЭНЕРГИИ 14,5 МэВ

Буртебаев Н.^{1,2}, Дьячков В.В.², Зарипова Ю.А.², Юшков А.В.², Насурлла Маулен^{1,2}, Ходжаев Р.А.^{1,2}, Sabidolda A.¹

¹Институт ядерной физики МЭ РК, г. Алматы, Казахстан

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

В настоящее время широко изучаются кластерные модели для описания структуры легких, средних и экзотических ядер. Такие модели позволяют объяснить неравномерное распределение плотности ядерной материи, которая может проявляться в виде аномально больших радиусов или «рыхлости» ядра, с точки зрения динамического образования нуклонных ассоциаций внутри ядра.

Для изучения кластерных состояний возбужденных уровней ^{11}B в настоящей работе были проведены эксперименты по упругому рассеянию дейтронов с энергией 14,5 МэВ на ^{11}B на циклотроне У-150М и выполнены расчеты радиусов и размытия края ядра основного и возбужденных состояний ^{11}B дифракционным методом параметризованного фазового анализа (ПФА). С помощью ПФА по осцилляциям дифракций фраунгоферовского типа экспериментальных угловых распределений дифференциальных сечений упруго рассеянных ионов на ядрах-мишенях определялись параметры S-матрицы методом подгонок по однозначным минимальным значениям χ^2 -критерия для десяти пар свободных параметров теории. Было проведено сравнение экспериментальных материалов по упругому рассеянию дейтронов с $E_d=14.5$ МэВ на мишени ^{11}B для основного состояния с экспериментальными данными из [1-4].

Из проведенного анализа были получены значения радиусов взаимодействия и размытости края ядра ^{11}B . Установлено, что с увеличением энергии налетающих дейтронов, растет размытость «рыхлость» ядра. Это, в свою очередь, показывает, что начинают вносить свой вклад в основную амплитуду рассеяния дейтронов парциальные волны, рассеивающиеся на нуклонах и нуклонных ассоциациях (ядерных кластерах). Таким образом, ΔR может характеризовать степень интегрального вклада кластерных состояний ядра в полную амплитуду рассеяния.

Литература:

1. Fitz W., Jahr R., Santo R. Scattering and pick-up reactions with deuterons on Be, B, C, N and O at 11.8 MeV // Nuclear Physics, Section A. – 1967. – Vol.101. – P.449.
2. Vereshchagin A.N., Korostova I.N., Sokolov L.S., Tokarevskii V.V., Chernov I.P. Investigation of elastic scattering of 13.6 MeV deuterons on light nuclei // Bull.Russian Academy of Sciences – Physics. – 1969. – Vol.32. – P.573.
3. Dyachkov V.V., Burtebaev N.T., Yushkov A.V. Measuring elastically scattered 18 MeV deuterons and the shape of nuclei // Bull.Russian Academy of Sciences – Physics. – 2012. – Vol.76. – P. 895.
4. Belyaeva T.L., Goncharov., S.A., Demyanova A.S., Ogloblin A.A., Danilov A.N., Maslov V.A., Sobolev Yu.G., Trzaska W., Khlebnikov S.V., Tyurin G.P., Burtebaev N., Janseitov D., Mukhamejanov E. Neutron halos in the excited states of ^{12}B // Physical Review C. Nuclear Physics. – 2018. – Vol. 98. – P.034602.

ИЗУЧЕНИЕ РЕДКОГО РАСПАДА K_m4 В ЭКСПЕРИМЕНТЕ NA62 НА SPS В CERN

Керейбай Д., Байгарашев Д.

Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Эксперимент NA62, на выведенном пучке Супер-Протонного Синхротрона (SPS) в Европейском центре ядерных исследований (CERN), который представляет собой «каонную фабрику» высокой интенсивности посвящен изучению ультраредкого распада $K^+ \rightarrow p^+nn$. Основная цель данного эксперимента получить результаты с точностью порядка 10%, что позволит подтвердить или опровергнуть некоторые аспекты Стандартной модели. Также большая статистики распадов положительных каонов за 2017 и 2018 годы позволяет изучать и другие редкие распады, одним из которых является распад $K^+ \rightarrow p^+m^+n(K_m4)$. Последний эксперимент по изучению данного распада был проведен в 1965 году на пузырьковых камерах, и измеренная вероятность составила $B_r =$

$(1.4 \pm 0.9) * 10^{-5}$ [1]. Актуальность данного исследования подтверждается предыдущим измерением вероятности изучаемого распада с большей ошибкой. Научная новизна данного исследования заключается в изучении данного распада на большей статистической выборке экспериментальных данных. Такого исследования данного редкого распада ранее не проводилось. В настоящей работе представлена методика исследования и результаты селекции сигнала, а также изучены источники фона к данному распаду.

Литература:

[1] D. Cline and W.F.Fry, Phys. Let 3(1965) 293.

ИЗУЧЕНИЕ ФРАГМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}rp^+\pi^-$ РЕАКЦИИ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 32 ГЭВ/С ВЫДЕЛЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОИСКА КЛАСТЕРОВ В МНОГОМЕРНОМ ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Жаутыков Б.О.¹, Покровский Н.С.¹, Садыков Т.Х.¹, Кантарбаева Д.О.¹

Satbayev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan

Мы детально описали методы поиска кластеров в многомерном фазовом пространстве. Эти методы были применены к $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}rp^+\pi^-$ реакции при импульсе 32 ГЭВ/с и было выделены кластеры. Были получены характеристики кластеров. В этой реакции преобладают два механизма рождения: одновершинная фрагментация и одновременное возбуждение двух изобар (двухвершинная фрагментация).

Для детального изучения одновершинной фрагментации был использован метод поиска кластеров в системе покоя трех частиц 6 выбранных из конечного состояния, и было выделено шесть кластеров. Их исследование обнаружило существенную роль интерференции амплитуд резонансов.

Введение.

Так как дифракционные процессы в системах элементарных частиц играют фундаментальную роль в изучении структуры материи, то методы их разделения играют исключительно большое значение. Эксклюзивная реакция малой множественности является источником информации о дифракционных процессах. Используемые в этой статье методы не имеют таких дефектов и они являются дальнейшим усовершенствованием ранее опубликованных.

В этой статье описываются методы поиска кластеров в многомерном фазовом и результаты их применения к четырехчастичному конечному состоянию.

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{p}rp^+\pi^- \quad (1)$$

полученных из ВПК «Мирабель», экспонированной антипротонами с импульсом 32 ГЭВ/с. Число событий принадлежащих реакции (1) равно 5983. Исследование реакции (1) проводилось ранее другими методами на статистике 3606 событий.

Используется два модельно независимых метода поиска кластеров, которые позволяют отобрать кластеры с произвольной формой в многомерном фазовом пространстве. Сравнение расстояний между парами частиц в фазовом пространстве является основой этих методов.

$$\text{Мера расстояния между событиями A и B была определена как } d_{AB}^2 = - \sum_i^n (P_{iA_i} - P_{iB_i})^2 \quad (2).$$

Для того чтобы учесть зарядовое сопряжение $\bar{p}rp^+\pi^-$ конечного состояния, комбинации дающие минимальное d_{AB} выбирались из следующих:

Поиск кластеров в фазовом пространстве проводился обоими методами

P_A	P_B
\bar{p}	$\bar{p} \quad p$
p	$p \quad \bar{p}$
π^+	$\pi^+ \quad \pi^-$
π^-	$\pi^- \quad \pi^+$

- Строится совокупность локальных плотностей в многомерном фазовом пространстве как это объясняется ниже.
- Все плотности упорядочиваются согласно их значениям.

- Классификация событий проводится шаг за шагом, начиная с высших плотностей постепенно переходя к малым.

Первый метод базируется на построении минимального покрывающего дерева. Локальная плотность в этом методе связана с веткой дерева и ее значение определяется длиной ветки.

Второй метод – анализ расстояний или метод «К-ближайших» соседей. Этот метод более гибкий и устойчивый, но имеет один существенный недостаток: он не позволяет учитывать различные комбинации конечного состояния.

Из 5983 событий принадлежащих $\bar{p}p\pi^+\pi^-$ конечному состоянию была выделена одновершинная дифракционная диссоциация и было оценено поперечное сечение этого процесса 0.908 ± 0.014 mb, которое совпадает с ранее полученным. Квазидвухчастичный канал с асимметричным рождением двух легких Δ_{1232}^{++} и $\bar{\Delta}_{1232}^{++}$ изобар был выделен и было оценено его сечение, которое оказалось равным 0.168 ± 0.006 mb. Квазидвухчастичный канал с асимметричным возбуждением обеих сталкивающихся частиц до изобар Δ_{1910}^{++} и $\bar{\Delta}_{1232}^{++}$ был выделен и было определено его поперечное сечение 0.128 ± 0.005 mb.

Все полученные результаты являются свидетельством преимущества методов поиска кластеров в многомерном фазовом пространстве.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ (p,xp) ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 22 МэВ С РОДИЕМ И МЕДЬЮ

*Жолдыбаев Т.К.^{2,3}, Муқан Ж.^{1,2}, Керимқулов Ж.К.², Насурлла М.², Садықов Б.М.²,
Алиева Г.Ж.¹, Усабаева Г.³*

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан;

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

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

Создание гибридной ядерно-физической установки, состоящей из ускорителя и подкритического реактора [1] ставит задачу по корректному моделированию нейтронных потоков. Необходимо иметь экспериментальные данные для реакций с испусканием нейтронов от несколько единиц и десятков МэВ. Для этого необходимо данные по спектральному составу и угловым распределениям вторичных протонов и легких заряженных частиц, образующихся при гашении первичного пучка в мишенном устройстве. Выбор исследуемой мишени связан с тем, что медь является одним из широко используемых конструктивных элементов.

Экспериментальные данные получены на выведенном пучке протонов изохронного циклотрона У-150М Института ядерной физики. Измерения сечений продуктов ядерных реакций проводились: с помощью камеры рассеяния диаметром 60 см, оснащенной поворотным спектрометром заряженных частиц; монитором из сцинтилляционного детектора, установленным под углом 30°; системами привода мишеней; коллимационной системой и цилиндром Фарадея для измерения числа частиц, прошедших через мишень. Сечения ядерных реакций (p,xp) на ядрах Си и ¹⁰³Rh получены в угловом диапазоне 30° – 135°. Для идентификации продуктов реакции использовался двухдетекторный телескоп, состоящий из пролетного тонкого кремниевго детектора толщиной 100 мкм и детектора полного поглощения (сцинтиллятор CsI(Tl)) толщиной 2,5 см.

Расчеты в рамках экситонной модели предравновесного распада [2] выполнены по программе PRECO-2006 [3]. В рамках этой модели принимается, что ядро характеризуется параметрами p_π , h_π , p_ν и h_ν , где p и h обозначают частичные и дырочные, а π и ν – протонные и нейтронные степени свободы, соответственно. Усложнение частично-дырочных конфигураций будет происходить до тех пор, пока вероятность переходов в единицу времени в состояния с меньшим числом экситонов не сравняется с вероятностью переходов в состояния с большим числом экситонов. Из сравнения экспериментальных и теоретически рассчитанных интегральных спектров следует, что основной вклад в жесткую часть интегрального сечения реакций (p,xp) на всех исследуемых ядрах обусловлен предравновесным механизмом, в то время как в низкоэнергетическую часть становится значительным вклад составных процессов. Вклад одноступенчатых механизмов в реакции (p,xp) незначителен.

Данное исследование было профинансировано Министерством энергетики Республики Казахстан (BR09158499).

Литература:

1 Герасимов А.С., Киселев Г.В. // ЭЧАЯ. – 2001. – Т.32, Вып.1. – С.143.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПРОТОНОВ НА ЯДРЕ ${}^7\text{Be}$ В РАМКАХ ДИФРАКЦИОННОЙ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА

Абдраманова Г., Имамбеков О.

Казахский Национальный университет имени аль Фараби, НИИЭТФ, Алматы, Казахстан

В настоящее время свойства нестабильных экзотических ядер интенсивно исследуются во многих ведущих научных центрах мира. Такие исследования стали возможными после того, как научились создавать интенсивные вторичные пучки радиоактивных ядер. Эксперимент проводится в инверсной кинематике, когда высокоэнергичный поток исследуемых радиоактивных ядер направляется на покоящийся стабильный мишень (протон, другие стабильные ядра и т.д.) и измеряются сечение взаимодействия и поляризационные характеристики.

Из множества работ посвященных изучению свойств легких экзотических ядер следует особо выделить цикл работ, выполненной коллаборацией GSI-ПИЯФ (Германия-Россия) в 2002-2019 годы. В них из года в год очень аккуратно измерены дифференциальные сечения взаимодействия протонов со следующими ядрами: ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{He}$, ${}^8\text{Li}$, ${}^9\text{Li}$, ${}^{11}\text{Li}$, ${}^{12}\text{Be}$, ${}^{14}\text{Be}$. Эксперименты проводились на радиоактивном пучке GSI (Дармштадт, Германия) в инверсной кинематике, при энергии 0.7 ГэВ/нуклон, в диапазоне переданных импульсов $0.002 \leq |t| \leq 0.05$ (ГэВ/с) 2 . Этой же научной коллаборацией недавно выполнен новый и очень важный эксперимент [1] для ядер ${}^7\text{Be}$ и ${}^8\text{B}$.

Выбор этих ядер в качестве объекта исследования не случаен. Во-первых, для них как сказано выше, недавно выполнен новый эксперимент и его результаты следует всесторонне микроскопически интерпретировать. Во-вторых, эти ядра тесно связаны с самым обсуждаемым в настоящее время приложением ядерной физики – ядерной астрофизикой [2]. Ядро ${}^8\text{B}$ образуется на Солнце в результате реакции ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$ и испускает высокоэнергетическое нейтрино, которое можно обнаружить в наземных экспериментах [3]. Скорость захвата протонов в ${}^7\text{Be}$ сильно зависит от структуры ${}^8\text{B}$. Размер ${}^8\text{B}$ и форма распределения плотности протонов на больших расстояниях определяют скорость захвата протонов и могут быть использованы в теоретических расчетах потока солнечных нейтрино. Поэтому всестороннее исследование структуры этих ядер с разными способами, и прежде всего через рассеяние адронов, является очень важным.

В данной работе мы проводим теоретический анализ рассеяния протонов с энергией 0.7 ГэВ на ядре ${}^7\text{Be}$ на малые углы в рамках дифракционной теории Глаубера. Внешними параметрами теории Глаубера является волновая функция ядра-мишени и элементарные амплитуды взаимодействия налетающей частицы с нуклонами и кластерами ядра. Внутреннее состояние ядра ${}^7\text{Be}$ описываем в динамической двухкластерной (α - τ) модели с запрещенными состояниями [2]. Данная волновая функция хорошо описывает основные характеристики как основного, так и низковозбужденных состояний исследуемого ядра. Следующим внешним параметром теории Глаубера является элементарные амплитуды протон-нуклонного и протон-кластерного рассеяния. Они обычно для интересующей энергетической области параметризуются из независимых экспериментальных данных. В нашей задаче α -частица считается бесструктурной и для нее в научной литературе имеются параметры элементарных амплитуд, тогда как для протон- τ рассеяния параметры отсутствуют. Поэтому взаимодействия налетающего протона с τ -кластером выражается через взаимодействия с отдельными нуклонами входящие в этот кластер. В рамках дифракционной теории, нами здесь получены выражение для матричных элементов упругого ${}^7\text{Be}$ -рассеяния. Волновая функция ядро-мишени разложена по гауссоидам, поэтому все интегралы в матричном элементе берется аналитически. Это значительно повышает точность вычисления. Само выражение матричного элемента мы здесь не приведем из-за его громоздкости. Проведенные расчеты хорошо согласуется с экспериментальными данными. К сожалению, данные имеется только при малых углах. Мы провели расчет до углов рассеяния 40° , с учетом одно- и двухкратного рассеяния. В дальнейшем предполагается сравнить полученный результат с рассеянием мезонов в данной кинематической области.

Данная работа выполнена в рамках научного проекта AP08855589.

Литература:

- [1] A.V. Dobrovolsky et al. / Nuclear-matter distribution in the proton-rich nuclei ${}^7\text{Be}$ and ${}^8\text{B}$ from intermediate energy proton elastic scattering in inverse kinematics/ Nuclear Physics A 989 (2019) 40–58.
[2] S. B. Dubovichenko, Thermonuclear Processes of the Universe (NOVA Science Publisher, New York, 2012) p. 196, <https://www.novapublishers.com/catalog/>.

[3] E. G. Adelberger. Solar fusion cross sections. I. The pp chain and CNO cycles / A.Garcia, R.H.Robertson *et al.*// Rev. Mod. Phys. . –12.Apr.2011. – Val. 83. – P.195-246. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.83.195>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ АМПЛИТУДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АДРОНОВ С НУКЛОНАМИ И МАЛОНУКЛОННЫМИ КЛАСТЕРАМИ

Абдраманова Г., Надир А., Мырзабаева М., Имамбеков О.

Казахский Национальный университет имени аль Фараби, НИИЭТФ, Алматы, Казахстан

Одним из внешних параметров дифракционной теории Глаубера является элементарная амплитуда, феноменологически описывающая взаимодействие рассеиваемой частицы (протона, π - и К- мезонов) с нуклонами или малонуклонными кластерами ядра. Обычно они параметризуются стандартным образом в виде гауссоиды

$$f_{xA} = \frac{k\sigma_{xA}}{4\pi}(i + \varepsilon_{xA})\exp(-\beta_{xA}q^2/2)$$

Здесь σ_{xA} – полное сечение взаимодействия налетающей частицы x с нуклонами или малонуклонными кластерами A (α -частица, тритон или τ) в ядре, ε_{xA} – отношение мнимой части амплитуды к действительной ее части, β_{xA} – наклон зависимости сечения. Эти параметры определяются из наилучшего описания экспериментальных данных в соответствующей энергетической области.

Сравнение этих параметров для различных частиц показывает, что величин полных сечений для рассеяния протонов и π - мезонов значительно больше, чем для К – мезонов. Известно, что полное сечение связано с амплитудой упругого рассеяния при нулевом угле (оптическая теорема): мнимая часть амплитуды, доминирующая в рассеянии зависит от полного сечения, а оно для КN-рассеяния существенно меньше, чем для других адронов.

Величина β_{xA} , характеризующая радиус xA -взаимодействия для каон нуклонного рассеяния также на одно-двух порядка меньше по сравнению с остальными, что указывает на доминирующий вклад рассеяние S-волны. А абсолютная величина ε_{xA} для КN-рассеяния существенно больше, чем для протон-нуклонного и пион-нуклонного взаимодействия. Это говорит о том, что поглощение К-мезонов мало, в основном взаимодействие идет через упругий канал.

Эти особенности амплитуд качественно можно понять, если рассмотреть их кварковую структуру. Из-за того, что в состав π -мезонов входят антикварки (\bar{d} и \bar{u}) взаимодействие их с нуклонами достаточно сильное, имеет резонансный характер. Особенно это проявляется в π^+ -взаимодействии, где при энергии свыше 0,1 ГэВ имеет место достаточно широкий Δ_{33} -резонанс. В области резонанса сечение достигает около 200 мб. Взаимодействие каонов с нуклонами коренным образом отличается от описанных выше из-за наличия странного кварка и вследствие этого квантового числа $S \neq 0$. Так как у K^+ странность $S=1$, а у K^- -мезона соответственно $S=-1$, то взаимодействия K^+N и K^-N сильно отличаются между собой. В K^-N взаимодействии из за аннигиляции $u\bar{u}$ кварков образуются узкие резонансные состояния (Λ и Σ) и имеются открытые каналы ниже K^-N порога. Взаимодействие сильное, дифференциальное сечение достигает 42 мб/ср. Напротив, в K^+N системе пятикварковая структура не образует резонансов и в основном взаимодействие идет через упругий канал. О том, что K^+N наиболее слабее из всех сильных взаимодействии говорит и большая средняя длина свободного пробега K^+ -мезонов в ядре.

В данной работе найдены и систематизированы параметры взаимодействия протонов, π - и К – мезонов с нуклонами при промежуточных энергиях. Найденные параметры удовлетворительно описывает имеющихся экспериментальные данные вплоть до $\sim 50^\circ$. Также найдены параметры элементарных амплитуд α -рассеяния, где α рассматривается как бесструктурная частица. Эти найденные параметры позволяют провести расчеты с использованием кластерных волновых функции легких ядер. Найденные параметры представлены в виде таблиц удобных для использования.

Данная работа выполнена в рамках научного проекта AP08855589.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ДЕЙТРОНОВ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ ^{27}Al и ^{120}Sn

Алиева Г.Ж. ¹, Керимкулов Ж.К. ², Алимов Д.К. ², Ходжаев Р. ², Муқан Ж. ^{1,2}, Жолдыбаев Т.К. ^{2,3},
Садыков Б.М. ², Усабаева Г. ³

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

² Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан;

³ Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Экспериментальные данные по непрерывным энергетическим спектрам вторичных частиц, образующихся в результате взаимодействия нуклонов с ядрами, позволяют проследить за динамикой образования и эволюции возбужденной системы к равновесному состоянию, что остается актуальной задачей теории ядерных реакций [1]. При этом стоит отметить, что такие данные необходимы для корректного моделирования процессов, происходящих в конструкционных материалах существующих и проектируемых ядерных установках, в частности, гибридных установках ADS.

Эксперимент был выполнен на изохронном циклотроне У-150М Института ядерной физики с использованием ускоренных до энергии 30 МэВ протонов. В качестве мишеней использовались самоподдерживающиеся фольги из моноизотопного ^{27}Al и обогащенного до 97% изотопа ^{120}Sn . Измерения выполнены в угловом диапазоне 30-135° в лабораторной системе координат с шагом 15°. Вторичные дейтроны регистрировались телескопом детекторов, состоящем из кремниевого детектора толщиной 100 микрон и сцинтилляционного детектора толщиной 25 мм. Использование такой конфигурации детекторов позволило надежно отсортировать продукты ядерных реакций по типам вылетающих вторичных частиц. Систематические ошибки измеренных сечений были обусловлены погрешностями в определении толщины мишени и телесного угла спектрометра. Статистическая ошибка изменялась для дейтронов изменялась от 5 % в низкоэнергетической до 10 % в высокоэнергетической областях энергий. После интегрирования по углу дважды-дифференциальных сечений были получены интегральные сечения данных реакций.

Реакции, в которых легкие сложные частицы (дейтроны, тритоны, ^3He и α -частицы) находятся во входном и/или выходном каналах, труднее описать, поскольку уже давно было признано, что они включают другие механизмы реакции, такие как прямую передачу и выбивание нуклонов, включая кластерные степени свободы и развал налетающей частицы. Анализ экспериментальных результатов выполнен в рамках экситонной модели Гриффина [2] предравновесного распада ядер по программе PRECO-2006 [3]. Установлено, что сечение в реакции (p,xd) на исследованных ядрах преимущественно формируется через механизм предравновесного распада. В высокоэнергетической части спектра, в дополнение к предравновесному, является значительным вклад прямых процессов. Полученные новые экспериментальные ядерные данные направлены на развитие теории ядерных реакций, а также для разработки перспективных ядерных технологий.

Данное исследование было профинансировано Министерством образования и науки Республики Казахстан (AP08955998).

Литература:

- 1 Gadioli E., Hodgson P.E. // Oxford Univ. Press, New York, 1992.
- 2 Griffin J. J. // Phys. Rev. Lett. – 1966. – №9. – P.478.
- 3 Kalbach C. PRECO-2006: Exiton model preequilibrium nuclear reaction code with direct reaction. – Durham NC 27708-0308, 2007.

КВАЗИУПРУГИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОНОВ ^3He С ЯДРАМИ ^{24}Mg

Садыков Б.М.¹, Жолдыбаев Т.К.¹, Насурлла М.¹, Дуйсебаев Б.А.¹,
Буртебаева Д.¹, Пан А.Н.¹, Сакута С.Б.²

¹Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан;

²Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Исследования процессов взаимодействия частиц и ядер с ядрами является одним из основных направлений ядерной физики и связано с получением новых данных о структурных свойствах ядер и механизмах ядерных реакций. В настоящей работе был проведен теоретический анализ полученных ранее экспериментальных данных по реакции ($^3\text{He}, \alpha$) на ядре ^{24}Mg .

Измерения проводились на изохронном циклотроне Института ядерной физики при энергии ионов гелия 60 МэВ. В качестве ядра-мишени использовалась самонесущая, изготовленная методом термического испарения, тонкая пленка из обогащенного изотопа ^{24}Mg – 99,1 % со средней эффективной толщиной 1 мг/см². Толщина мишени определялась методом взвешивания, а также по потерям энергии α -частиц радиоактивного источника ^{241}Am – ^{243}Am – ^{244}Cm с точностью 6 – 9 %.

Регистрация и идентификация продуктов ядерных реакций осуществлялась спектрометрическим блоком, состоящим из двух кремниевых полупроводниковых детекторов: пролетного ΔE и полного поглощения E . Искомые ионы отделялись от других заряженных частиц с помощью методики двухмерного анализа ($\Delta E - E$) [1].

Угловые распределения продуктов ядерных реакций на исследуемом ядре измерены в диапазоне углов 11-120° с точностью 0,1° в лабораторной системе координат с шагом $\sim 2 - 3^\circ$. Полная погрешность измеренных сечений не превышала 10 %, где вклад статистических ошибок составляет (1 – 3) % для неупругого рассеяния и погрешность калибровки интегратора тока (~ 1 %).

Экспериментальные данные анализировались в рамках метода искаженных волн с точным учетом конечного радиуса взаимодействия ^3He - n в предположении подхвата p -нейтрона по программе DWUCK5 [2]. Потенциалы взаимодействия для выходного канала рассчитаны на основе глобальной зависимости, установленной в работе [3]. Получено удовлетворительное согласие теоретических расчетов с экспериментальными данными по угловым распределениям продуктов ядерных реакций. Определены феноменологические и полумикроскопические параметры потенциала, спектрометрические факторы ядра ^{24}Mg .

Литература:

1. Буртебаев Н.Т., Виноградов А.А., Вонгай А.Д. Система многомерного анализа для исследования ядерных реакций на циклотроне ИЯФ АН КазССР // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат. – 1975. – № 2. – С.65-68.
2. P. Kunz. Finite range DWBA code DWUCK-5. <http://spot.colorado.edu/~kunz/DWBA.html>, 1990.
3. Nolte M., Machner H., Wojowald J. Global optical potential for α -particles with energies above 80 MeV // Phys. Rev. – 1987. – Vol.C36. – P.1312.

КОЛЛЕКТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ АССИМЕТРИЧНЫХ ЯДЕР

Федосимова А.И.¹, Лебедев И.А.², Ибраимова С.А.², Дмитриева Е.А.², Бондарь Е.А.²

¹РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Казахстан

²ТОО «Физико-технический институт», г. Алматы, Казахстан

Физика кварк-глюонной материи представляет собой одну из ключевых областей современной физики, объединяющую ядерную физику, физику элементарных частиц и космологию. Сложность идентификации формирования кварк-глюонной плазмы связана главным образом с тем, что она образуется на большом фоне, обусловленном обычными процессами сильного взаимодействия. Начальное состояние, о котором обычно очень мало прямой экспериментальной информации, приводит к существенным флуктуациям в распределении вторичных частиц и фрагментов.

Для поиска сигналов фазового перехода вещества из адронного состояния в кварк-глюонную плазму исследуют взаимодействия с экстремальными характеристиками.

В данной работе представлен анализ событий полного разрушения ядра снаряда. Такие события рассматриваются как события, в которых созданы наиболее благоприятные условия для образования кварк-глюонной плазмы. Предполагается, что такие события представляют собой центральные взаимодействия, в которых передается максимальная энергия налетающего ядра в область взаимодействия. Для исследования особенностей распределения событий по множественности вторичных частиц в зависимости от энергии столкновения были проанализированы следующие экспериментальные данные: 837 неупругих взаимодействий $S+Em$ 200 АГЭВ [1] с ядрами эмульсии NIKFI BR-2, полученные на SPS в CERN и 924 неупругих взаимодействия $S+Em$ 3.7 АГЭВ с ядрами эмульсии NIKFI BR-2, полученные на Синхрофазотроне в ОИЯИ (Дубна, Россия) [2].

В процессе выполнения исследований было обнаружено аномально высокое количество событий полного разрушения ядра снаряда в неупругих взаимодействиях ядер серы с ядрами фотоэмульсии $S+Em$ при энергии 200 АГЭВ.

Для выяснения особенностей влияния параметров асимметричности (относительных размеров) взаимодействующей системы на вероятность появления событий полного разрушения налетающего ядра рассмотрены события с различным числом фрагментов ядра мишени $N_h \leq 8$ и $N_h > 8$. Причем для сравнения представлены взаимодействия $S+Em$ и с энергией налетающего ядра 200 А ГЭВ и с энергией 3.7 А ГЭВ.

Для оценки числа провзаимодействовавших нуклонов ядра снаряда используется вспомогательная величина $\mathcal{Q} = A - A/n_p Q$, где A – атомный вес, n_p – число протонов ядра-снаряда, Q – сумма зарядов фрагментов ядра снаряда $\sum Z_f$. Для оценки числа провзаимодействовавших протонов величина $n_g = \mathcal{Q} n_p / A$.

В событиях с $N_h \leq 8$ распределения по n_g подобны вне зависимости от энергии. Существенное отличие обнаруживается в событиях взаимодействия серы S с тяжелыми ядрами фотоэмульсии $AgBr$. При более низких энергиях наблюдается почти флетообразное распределение, а при энергиях 200 АГЭВ обнаруживается существенный пик в области больших значений n_g .

Для понимания отличительных особенностей событий полного разрушения налетающего ядра серы проведен сравнительный анализ распределений вторичных частиц в событиях с $n_g \leq 14$ и $n_g \geq 15$.

Распределение по множественности линейных частиц для событий $n_g \leq 14$ сконцентрированы в области малых значений со средним значением $n_s = 66.83$. Множественность событий с $n_g \geq 15$ в 5 раз выше.

Количество фрагментов ядра мишени в большинстве событий с $n_g \geq 15$ больше восьми. Таким образом, в основном такие события появляются во взаимодействиях серы с тяжелыми ядрами фотоэмульсии. В то же время, необходимо отметить, что в событиях с $n_g \leq 14$ присутствует довольно большая часть взаимодействий серы с тяжелыми ядрами фотоэмульсии. Таким образом, в данном случае нет жесткого разделения динамики развития процесса взаимодействия по параметру асимметрии взаимодействующих ядер.

В столкновениях $S+Em$ при энергии 200 АГЭВ с ядрами фотоэмульсии события взрывного типа с высокой множественностью и полным разрушением ядра снаряда дают поток вторичных частиц в узком интервале средней псевдобыстроты и существенно смещенный в сторону низких значений средней псевдобыстроты $\langle \eta \rangle$.

Работа поддержана Министерством образования и науки РК, грант № AP09562078.

Литература:

- Gaitinov A. Sh., Kharchevnikov P.B., Lebedev I.A., Lebedeva A.I. // HEP-Ph.. 1-10, 1 (2012).
- Adamovich M.I. et al. // Part. Nucl. Lett.. 75-82, 4 (2000).

КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ
АДРОН-55

Идрисова Т.К.^{1,2}, Садыков Т.Х.¹, Рябов В.А.², Пискаль С.², Жуков В.В.²

¹ КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, ТОО «Физико-технический институт», ул.Ш.Ибрагимова, 11, Алматы, Казахстан

² Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, Ленинский проспект, 53, Москва, Российская Федерация

Комплексная установка «АДРОН-55» расположена на Тянь-Шаньской высокогорной научной станции космических лучей на высоте 3340 метров над уровнем моря. В состав комплексной установки входят ионизационно-нейтронный калориметр и сеть сцинтилляционных детекторов (СцД) расположенных внутри и снаружи лабораторного корпуса.

Наличие разделенных гамма и адронных блоков, а также ряд нейтронных детекторов в калориметре позволяет комплексной установке решать несколько задач:

- исследование корреляций между первичной энергией E_0 , определяемой по измеряемым параметрам ШАЛ и энергией передаваемые адронам, нейтронам, а также в электронно-фотонную компоненту (расчеты показывают, что эти корреляции очень чувствительны к природе первичной частицы);

- изучение аномального поглощения адронов, обнаруженного ранее в глубоких свинцовых рентгено-эмульсионных камерах эксперимента «Памир-Чакалтая»;

- исследование астрономических гамма-квантов в области энергий больше 1012 эВ на основании сцинтилляционной методики и с использованием гамма-блока установки ионизационно-нейтронного калориметра (ИНКА);

- поиск экзотических частиц и событий (типа странглетов и кентавров, характеризующихся аномальным соотношением заряженных и нейтральных адронов).

«ИНКА», входящая в комплексную установку «АДРОН-55», представляет собой двухъярусный координатно-ионизационный калориметр. Верхний ярус, называемый гамма-блоком содержит два ряда ионизационных камер, расположенных во взаимно перпендикулярных направлениях, переложенных свинцом. Нижний ярус, называемый адронный блок, содержит десять рядов ионизационных камер, и один ряд (пятый) модули с нейтронными и гейгеровскими счетчиками, переложенными поглотителем из свинца и железа.

Физико-технические характеристики установки «Адрон-55»

- 1) Эффективная площадь установки «АДРОН-55» составляет - 30000 м².
- 2) Площадь ионизационно – нейтронного калориметра «ИНКА» - 55 м²
- 3) Количество рядов с детекторами- 11
- 4) Толщина установки «ИНКА» - 1200 г/см².
- 5) Общее количество измерительных каналов в 11 рядах - 1140
- 6) Динамический диапазон измерения ионизации каналов - 3•10⁵
- 7) Точность измерения энергии ~ 10 %
- 8) Эффективная площадь внутреннего ковра сцинтилляционных детекторов ливневой подсистемы - 324 м²
- 9) Количество внутренних СцД - 30
- 10) Количество периферийных СцД - 12.
- 11) Точность измерения углов ствола ШАЛ- 0.2 град.
- 12) Общая потребляемая электрическая мощность - 3 кВт

Ионизационно-нейтронный калориметр продолжает изучение характеристик взаимодействий адронов в стволах широких атмосферных ливней. Гамма-блок и адронный блок установлены друг от друга по вертикали на расстоянии 2.2м. Гамма-блок состоит из двух-рядов ионизационных камер 100 камер в первом ряду и 138 камер во втором, разделенными поглотителем из свинца. Адронный блок состоит из железного поглотителя с полостями, в которые установлены десять рядов ионизационных камер и пятого ряда, содержащего нейтронные и Гейгеровские счетчики СИ-5Г.

Эти блоки служат для измерения энергии компонент космического излучения, (электронно-фотонной, нейтронной, адронной) и определения траектории движения ШАЛ. Два смежных ряда – четный и нечетный образуют уровень наблюдения.

МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ЧЕТНОСТИ ЯДРА ^{156}Gd

Усманов П.Н.¹, Вдовин А.И.², Юсупов Э.К.¹

¹ Наманганский инженерно-технологический институт, 160115, Наманган, Узбекистан;

² Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, Россия.

E-mail: usmanov1956.56@mail.ru

Анализируя имеющиеся экспериментальные данные, полученные в реакциях $(\alpha, 2n)$, (n, γ) и $(n, n'\gamma)$ на ядре ^{156}Gd , можно предположить, что в этом ядре обнаружены все или почти все возбужденные уровни до энергии возбуждения 2.0 МэВ [1]. Экспериментально известны приведенные вероятности $E2$ – и $M1$ – переходов из состояний $K^\pi = 0_2^+$, 0_3^+ – и $K^\pi = 2_1^+$ – полос на уровни основной полосы. Также известны отношения вероятностей $E2$ – переходов, коэффициенты смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ и магнитные моменты [1,2].

В работах [4,5] в рамках феноменологической модели [3], которая учитывает кориолисово смешивание состояний вращательных полос, были исследованы низколежащие состояния ядра ^{156}Gd . Были вычислены энергии, волновые функции и электрические характеристики состояний вращательных полос. Показаны причины, приводящие к неадиабатическим эффектам, проявляющимся в энергиях, волновых функциях вращательных состояний и отношениях $E2$ – переходов из вибрационных состояний на уровни основной полосы.

В настоящей работе мы продолжали изучение спектра ядра ^{156}Gd . Используя волновые функции, полученные в [4], мы рассчитали приведенные вероятности $M1$ – переходов и исследовали неадиабатичности, проявляющиеся в магнитных характеристиках состояний ротационных полос. Изучено влияние вращения на магнитные характеристики возбужденных состояний. Вычисленные значения приведенных вероятностей $M1$ – переходов из состояний $K^\pi = 0_3^+$ и $K^\pi = 2_1^+$ – полос приведены в таблице 1 и даются сравнение с имеющимися экспериментальными данными.

Таблица 1.

IK_i	E_i	E_γ	Эксп. [1]		Теория
			$B(M1) W.u$	$B(M1) (\mu_N)$	$B(M1) (\mu_N)$
$2^+ 2_1$	1154	1065.2	$6 \cdot 10^{-5} (4)$	$1.07 \cdot 10^{-4} (72)$	$1.7 \cdot 10^{-3}$
$3^+ 2_1$	1248	959.8	$6 \cdot 10^{-5} (4)$	$1.07 \cdot 10^{-4} (72)$	$6.76 \cdot 10^{-4}$
		1159	$1.4 \cdot 10^{-4} (3)$	$2.51 \cdot 10^{-4} (54)$	$9.80 \cdot 10^{-4}$
$4^+ 2_1$	1355	1067.2	$0.014(+7, -8)$	$2.51 \cdot 10^{-3} (+1.25, -1.43)$	$4.10 \cdot 10^{-3}$
$2^+ 0_3$	1258.01	1169.1	$0.0078(+9, -7)$	$1.40 \cdot 10^{-2} (+16, -13)$	$2.9 \cdot 10^{-3}$

В таблице 2 приводятся сравнения коэффициентов смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ вычисленных в рамках используемой модели и экспериментальных значений для переходов из состояний $K^\pi = 0_2^+$, $K^\pi = 0_3^+$, $K^\pi = 2_1^+$ и $K^\pi = 1_v^+$ в состояния основной полосы. Как видно из таблицы наша модель как численные значения так и знаки коэффициентов смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ удовлетворительно воспроизводит.

Таблица 2 - Коэффициенты смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ для ^{156}Gd . $\langle E2 \rangle_{if}$ и $\langle M1 \rangle_{if}$ — приведенные матричные элементы E2 – и M1 – переходов, соответственно; E_γ – энергия перехода

$I_i K_i$	$I_f K_f$	$E_\gamma, \text{МэВ}$	$\langle E2 \rangle_{if}$ е Φ_{M^2}	$\langle M1 \rangle_{if} \mu_N$	$\delta_{\text{эксп}} [1,2]$	$\delta_{\text{теор}}$
22 ₁	20 ₁	1.0652	-18.81	0.0412	-16(5)	-4.1
32 ₁	20 ₁	1.159	19.46	-0.0313	-11.8(+6,-7)	-6.0
32 ₁	40 ₁	0.9598	-16.23	0.0260	-12(+13,-5)	-5.0
42 ₁	40 ₁	1.0672	-18.60	0.0639	+4.0(+9,-16)	-2.6
52 ₁	40 ₁	1.2187	-16.83	0.0488	$\delta > 7$	-3.5
52 ₁	60 ₁	0.922	19.21	-0.0417	-	-3.5
62 ₁	60 ₁	1.060	17.00	-0.063	$\delta < -0.8$ или $\delta > 2.5$	-2.4
72 ₁	60 ₁	1.2648	15.06	-0.0634	-	-2.5
82 ₁	80 ₁	1.0457	15.84	-0.0584	$\delta < -0.6$ или $\delta > 1.6$	-2.4
92 ₁	80 ₁	1.2843	-13.73	0.0758	$\delta < -0.8$ 0.39(6)	-1.9
20 ₂	20 ₁	1.0405	10.31	-0.1011	+5.9(+14,-28)	-0.9
40 ₂	40 ₁	1.0106	-12.75	0.2176	-	0.49
11 ₁	20 ₁	1.876	14.66	0.5503	+0.41(+25,-14) +0.35(4)	0.41
11 ₂	20 ₁	1.938	14.61	-0.3812	-0.55(3)	-0.63
11 ₃	20 ₁	2.0977	14.49	-0.1888	-1.2(2) или -1.08(+0.03,-0.22)	-1.34
11 ₄	20 ₁	2.1807	14.44	-0.3579	-0.66(+0.06,-0.08)	-0.73
20 ₃	20 ₁	1.1691	-7.53	-0.0539	0.38(6)	1.4
40 ₃	40 ₁	1.1741	-8.65	-0.0934	-	0.91

Литература:

1. C. W. Reich. // Nucl. Data Sheets. 2012. V. 113. P. 2537.
2. Р. Б. Бегжанов, В. М. Беленький, И. И. Залюбовский. // Справочник по ядерной физике. Ташкент: Фан, 1989.
3. П. Н. Усманов, И.Н. Михайлов. // ЭЧАЯ. 1997. т. 28 (4). P. 887; P. N. Usmanov, I. N. Mikhailov. // Phys. Part. Nucl. Letters. 1997. V. 28(4). P. 348.
4. P. N. Usmanov, E. K. Yusupov. // IJUM Engineering Journal. 2021. V. 22 (1) P. 167.
5. П. Н. Усманов, А. И. Вдовин, Э. К. Юсупов. // Изв. РАН. Сер. физ. 2021, в печати.

МЕТОД ПРАВДОПОДОБИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Исмаилова А.^{a, b}, Шаров П.Г.^a

- а) Объединенный Институт Ядерных Исследований, Дубна, Россия
б) Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан

В настоящее время развитие ядерной физики является важной составляющей современного общества. Интерес к экспериментам по изучению ядерных реакций приводит к созданию баз данных (EXFOR) и программных пакетов (ROOT, GEANT), направленных на моделирование ядерных процессов с заданными условиями и параметрами. Сравнение ядерно-физических данных, полученных методами компьютерного моделирования с результатами проведенного эксперимента, является важной задачей при анализе экспериментальных данных. Такое сравнение необходимо при выборе теоретических обоснований, позволяющих верно описывать результаты ядерных экспериментов. В данной работе была представлена методика статистического анализа ядерно-физических данных, полученных в результате эксперимента и Монте-Карло моделирования, основанная на методе максимального правдоподобия. Представлены результаты сравнения такого анализа для данных, как с известным распределением, так и с распределением, восстановленным при помощи ядерной оценки плотности.

Такой метод анализа данных может быть использован для сравнения данных, полученных в различных экспериментах, а также экспериментальных и моделированных ядерно-физических данных.

Литература:

1. EXFOR Library <http://cdfc.sinp.msu.ru/exfor/index.php>.
2. ROOT Data Analysis Framework <https://root.cern/>.
3. GEANT Data Network <https://www.geant.org/>.
4. Kahn H., Random sampling techniques in neutron attenuation problems // *Nucleonics* 6 1950, p. 27-33.
5. Cherpurko V., Antonov A., Zyulyaeva N.G. Исследование метода ядерной оценки плотности распределения // *Надежность*, 2007 г. 1(20). стр. 4-12.
6. M. Jafarizadeh, N. Fouladi, H. Sabri, and B. R. Maleki, Investigation of spectral statistics of nuclear systems by maximum likelihood estimation method // *Nuclear Physics A* 890, 29 (2012).
7. K. Hanson, Lessons about likelihood functions from nuclear physics // *AIP Conf. Proc.*, Vol. 954, 458 (2007).

О НЕРАВНОВЕСНОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ И О СТОЛКНОВЕНИИ АТОМНЫХ ЯДЕР КАК О СТОЛКНОВЕНИИ СОЛИТОНОВ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА

Дьяченко А.Т.^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I”, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение “Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова” Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Гатчина, Россия

Основной целью исследования столкновений тяжелых ионов является изучение уравнения состояния ядерного вещества (EOS – equation of state). Наряду с молекулярной динамикой и динамическим уравнением Власова эффективным методом описания взаимодействия тяжелых ионов при средних и промежуточных энергиях является ядерная гидродинамика. В наших работах [1-3] было показано, что локальное термодинамическое равновесие в процессе столкновений тяжелых ионов устанавливается не сразу, поскольку на стадии сжатия важна неравновесная компонента функции распределения, приводящая к формированию бесстолкновительной ударной волны.

В настоящей работе используется кинетическое уравнение для нахождения функции распределения нуклонов, которое решается совместно с уравнениями гидродинамики, и при низких энергиях приводит к уравнениям длиннопробежной гидродинамики. В рамках гидродинамического подхода найдено аналитическое решение уравнений в приближении солитонов для столкновения ядерных слоев-слэбов. Рассмотрены стадия

сжатия, стадия расширения и стадия разлета в рамках единой формулы для слоев с энергиями порядка десяти МэВ на нуклон (рис. 1). Такое сведение решений уравнений гидродинамики к решению двух уравнений Кортевега – де Фриза, насколько нам известно, ранее не рассматривалось и представляет самостоятельный интерес для широкого круга прикладных задач.

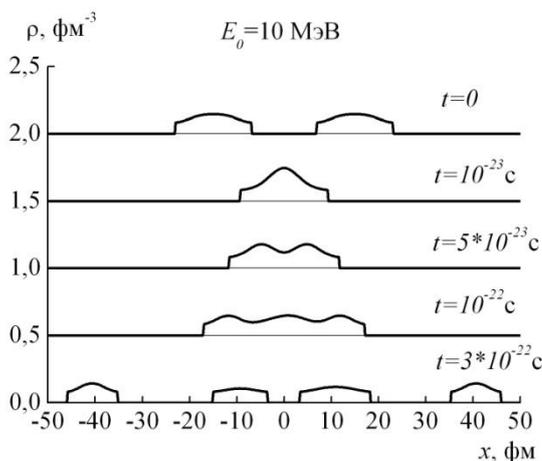


Рисунок 1 - Мгновенные фотографии столкновения ядерных слоев-слэбов при энергии $E_0 = 10$ МэВ на нуклон в различные моменты времени при $t = 0; 0.1; 0.5; 1$ и 3 в единицах времени 10^{-22} с

В результате мы убедились, что введение дисперсии в эффективные силы и в давление не нарушает представления об образовании hot spot. Введение дополнительных размерностей не нарушит это представление кардинально. Неравновесное уравнение состояния, входящее в гидродинамические уравнения, позволяет описывать экспериментальные энергетические спектры вторичных частиц, образующихся в столкновениях тяжелых ионов промежуточных энергий лучше [2-3], чем уравнение состояния, соответствующее традиционной гидродинамике, изначально предполагающей установление локального термодинамического равновесия.

Литература:

1. A.T. D'yachenko, K. A. Gridnev, W. Greiner, J. Phys. G, 40, 085101(2013)
2. A.T. D'yachenko, I.A. Mitropolsky, Phys. Atom.Nucl. 83, 558 (2020).
3. A.T. D'yachenko, I.A. Mitropolsky, Bull.. Russ. Acad. Sci.: Physics, 84, 301 (2020).

ОПИСАНИЕ СПЕКТРОВ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ, ПИОНОВ И ФОТОНОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Дьяченко А.Т. ^{1,2}, Митропольский И.А. ²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I”, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение “Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова” Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Гатчина, Россия

На основе гидродинамического подхода с неравновесным уравнением состояния [1-3] рассмотрены столкновения с бериллиевой мишенью ядер ^{12}C при энергиях 0.3-3.2 ГэВ/нуклон, исследовавшиеся на ускорителе ИТЭФ с испусканием протонов [4], пионов [5] и фотонов [6]. Экспериментальные спектры протонов содержат высокоэнергетическую кумулятивную часть, а также мягкую часть, вклад в которую дает фрагментация. Нам удалось в рамках неравновесного гидродинамического подхода с учетом ядерной вязкости и поправки на микроканоническое распределение описать кумулятивную часть спектра протонов [2] и дополнить расчеты

учетом вклада протонов на основе статистического механизма фрагментации в мягкой области спектра [3]. В таком подходе, выделяя стадию сжатия, стадию расширения и стадию разлета с образованием вторичных частиц, мы описали экспериментальные инклюзивные двойные дифференциальные сечения испускания пионов при энергии 3.2 ГэВ/нуклон для ядер углерода [5], которые были представлены в самое последнее время, а также жестких фотонов [6], представленные ранее. Кумулятивный эффект по определению представляет собой коллективный эффект, гидродинамическая теория которого впервые была создана академиком М.А. Лаврентьевым. В нашем подходе описание кумулятивных спектров вторичных частиц достигается за счет выделения и гидродинамической эволюции локального нагрева – hot spot в области перекрытия сталкивающихся тяжелых ионов. Мы рассмотрели в данном подходе эмиссию протонов и пионов для различных ядер также при энергиях ускорителя SIS (GSI). Согласие с экспериментальными данными достигается без введения подгоночных параметров, и может быть распространено на область строящегося в Дубне ускорительного комплекса NICA.

Литература:

- 1 A.T. D'yachenko, K.A. Gridnev, W. Greiner, J. Phys. G. 40, 085101 (2013).
- 2 A.T. D'yachenko, I.A. Mitropolsky, Phys. Atom. Nucl. 83, 558 (2020).
- 3 A.T. D'yachenko, I.A. Mitropolsky, Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 85, 554 (2021).
- 4 B.M. Abramov *et al.*, Phys. Atom. Nucl. 78, 373 (2015).
- 5 V.V. Kulikov *et al.*, Phys. Atom. Nucl. 84, no.4 (2021); Book of Abstracts of LXX Int. Conference “Nucleus-2020” P. 168.
- 6 I.G. Alekseev *et al.*, Phys. Atom. Nucl. 78, 936 (2015).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi$

Баймурзинова Б. С., Цирков Д. А.

Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нурсултан, Казахстан

Реакция $pp \rightarrow d\pi^+$, являющаяся классическим средством изучения NN взаимодействий, имеет два пика в энергетической зависимости дифференциального сечения под нулевым углом $d\sigma(0)/d\Omega$. Для первого пика, расположенного в области суммы масс $N\Delta(1232)$, $\sqrt{s} \approx 2,15$ ГэВ, при анализе данных ANKE-COSY был обнаружен аналог у реакции $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ — спин-изоспинового партнёра $pp \rightarrow d\pi^+$. Здесь $\{pp\}_s$ обозначает дипротон, т. е. несвязанную взаимодействующую протонную пару в 1S_0 состоянии. Ранее опубликованные данные ANKE-COSY также содержат указание на возможность существования аналогичного второго пика.

Парциально-волновой анализ показывает, что первый пик обусловлен для реакции $pp \rightarrow d\pi^+$ тремя доминирующими переходами, проявляющими резонансное поведение в промежуточной двухбарионной системе: 1D_2p , 3F_3d и 3P_2d ; и для реакции $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ двумя переходами 3P_2d и 3P_0s . Переходы, ответственные за второй пик, остаются гораздо менее ясными.

С целью изучения второго пика на установке ANKE-COSY реакция $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ была дополнительно исследована при малых углах в диапазоне энергий пучка $T_{\text{beam}} = 1,0\text{--}2,8$ ГэВ. Были получены угловые зависимости дифференциального сечения $d\sigma/d\Omega$ реакции $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ при нескольких энергиях, энергетические зависимости $d\sigma(0)/d\Omega$ и наклона k угловой зависимости $d\sigma/d\Omega$.

Полученные результаты подтверждают существование второго пика в энергетической зависимости дифференциального сечения реакции $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ под нулевым углом и позволяют оценить его максимум, массу и ширину. Смена знака наклона k по сравнению с районом первого пика даёт указание на изменение динамического механизма реакции при энергиях $\sqrt{s} \approx 2,3\text{--}2,6$ ГэВ.

Полученные результаты могут способствовать развитию теоретического понимания механизмов адронных взаимодействий в рассматриваемой области энергий.

ОПТИМАЛЬНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ В ЗАДАЧЕ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЕРШИННОГО ДЕТЕКТОРА ЭКСПЕРИМЕНТА SPD NICA

Мансурова М.Е.¹, Ососков Г.А.², Жунусова Ж.Х.¹, Гончаров П.В.², Резвая Е.П.², Шоманов А.С.³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

³Назарбаев Университет, г. Нур-Султан, Казахстан

На одной из экспериментальных установок SPD (SpinPhysicsDetector-детектор спиновой физики) на сооружаемом в Объединённом институте ядерных исследований (ОИЯИ) коллайдере NICA [1] предполагается установить вершинный детектор на основе монолитных активных пиксельных сенсоров MAPS [2]. Несмотря на явные преимущества пиксельного съема данных с детекторов MAPS по сравнению со стриповыми и трубочными детекторами, медленный съём информации с детекторов типа MAPS приводит к эффекту наложения данных от 10-15 событий, идущих в потоке, что серьезно затрудняет задачу быстрой реконструкции треков и вершин. В лаборатории информационных технологий ОИЯИ предложено решение быстрого распутывания данных о треках, наложенных при съеме с детектора MAPS с помощью глубокой сверточной нейросети типа LOOT [3], специально обученной для извлечения параметров винтовой линии, описывающей движение заряженной частицы в магнитном поле детектора SPD. Удачная параметризация винтовой линии позволяет потом, после оценки параметров по данным измерений восстановить импульс и другие свойства частицы, необходимые для ее последующей идентификации. В настоящем исследовании выполняется оценка корреляционных свойств вектора стандартных параметров винтовой линии для последующего сокращения его размерности без потери информационных свойств. Такая оптимизация параметризации траектории частицы, позволит существенно сократить время на обучение нейросети и ускорить обработку экспериментальных данных.

Литература:

1. Conceptual design of the Spin Physics Detector, arXiv:2102.00442v2 [hep-ex] 2 Jun 2021.
2. <https://indico.cern.ch/event/730177/contributions/3008653/attachments/1650961/2640499/pdf>.
3. P. Goncharov, G. Ososkov, D. Baranov, S. Shengsen, and Z. Yao. LOOT: Novel End-To-End Trainable Convolutional Neural Network for Particle Track Reconstruction. CEUR Workshop Proc. – Vol. 2507. – pp. 130-134 (2019).

ПОДАВЛЕНИЕ ФОНА В ИССЛЕДОВАНИИ РЕАКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ $\Delta E-E$ – МЕТОДИКИ

Рузиев Э.Т., Артемов С.В., Бахранов О.О., Караходжаев А.А.

Институт ядерной физики АН, Ташкент, Узбекистан

Прецизионные экспериментальные данные по дифференциальным сечениям взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами востребованы как в прикладных, так и фундаментальных исследованиях.

В 70 – 90 годы эти реакции достаточно интенсивно исследовались, особенно в области энергий нейтронов $E_n = 13 - 15$ МэВ, получаемых по реакции $T+d \rightarrow n+\alpha$. Но погрешности в определении сечений с использованием $\Delta E-E$ – метода составляли $\sim 15 - 20\%$, что в большой мере связано со значительной величиной фоновых событий в таких экспериментах [1]. Основными источниками фоновых событий служат реакции $^{28}\text{S}(n,p)^{28}\text{Al}$, $^{28}\text{Si}(n,d)^{27}\text{Al}$ и $^{28}\text{Si}(n,\alpha)^{25}\text{Mg}$, происходящие в материале полупроводниковых кремниевых детекторов. Введение в телескоп дополнительного тонкого ΔE – детектора и использование тройных совпадений существенно понижает вероятность случайных совпадений от реакций, происходящих в каждом из детекторов. Однако регистрация продуктов реакции, произошедшей в первом детекторе ΔE (с вылетом вперед) или в конечном E-детекторе телескопа (с вылетом назад) приводит к реальным тройным совпадениям, образующим фон. Для его подавления нами была использована техника меченых нейтронов [2]. Принцип подавления фона иллюстрируется

рисунком 1. Альфа-частицы, возникающие при падении дейтронного пучка на тритий-содержащую мишень, регистрируются под обратным углом полупроводниковым детектором E_α в некотором телесном угле Ω_α . При этом пучок меченых регистрацией альфа-частицами нейтронов летит вперед в некотором телесном угле Ω_n . Исследуемая мишень устанавливается в вакуумируемой камере на оси этого пучка. Телескоп, состоящий из Si-детекторов ΔE_1 , ΔE_2 и E может быть установлен под требуемыми углами θ относительно пучка меченых нейтронов. При этом камера с мишенью и телескопом очевидно находится в потоке быстрых (в т. числе не меченых) нейтронов, генерируемых в тритиевой мишени нейтронного генератора, так что фоновые реакции идут на мишени и на всех детекторах и элементах конструкций (см. траектории нейтронов 1 и 2 на рисунке).

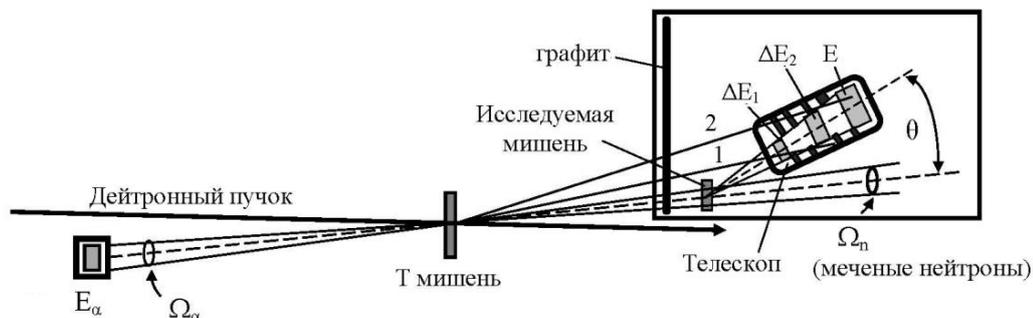


Рисунок 1 - Схема измерений с подавлением фона

Если регистрация совпадающих событий в телескопе разрешается сигналом от детектора E_α , то все продукты реакций, возникающие вне области пересечения пучка меченых нейтронов с исследуемой мишенью, не будут зарегистрированы. Конечно, реакция фоновых событий не будет реализована для малых значений угла θ , когда апертура телескопа перекрывается с пучком меченых нейтронов.

Степень подавления фона была экспериментально оценена в измерениях фоновых двумерных ΔE_2 - E – спектров (при отсутствии исследуемой мишени) на нейтронном генераторе НГ-150 ИЯФ АН РУз. Управление набором осуществлялось сигналом совпадения импульсов от всех четырех детекторов (режим мечения нейтронов), и сигналом совпадения импульсов только от трех детекторов телескопа. Телескоп состоял из детекторов с толщинами $W_{\Delta E1} = 60$ мкм, $W_{\Delta E2} = 75$ мкм и $W_E = 1200$ мкм. По предварительным оценкам, засев фоновыми событиями в кинематически разрешенной области регистрации уменьшился в несколько раз при включении режима меченых нейтронов.

Такой режим измерений планируется использовать для исследования реакций (n,d) на ряде легких ядер с целью получения спектроскопической информации, необходимой для ядерно-астрофизических расчетов.

Литература:

1. G. Pać, I. Slaus and P. Tomas. // Nucl. Instr.&Meth. 34 (1965) 40.
2. <https://neutrontech.ru/index.php?id=about&content=method>

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ, ОПИСАННЫМ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДУАЛЬНОСТЕЙ

Зазулин Д.М. ^{1,2}, Кемелжанова С.Е. ¹, Сидоров Я.В. ¹, Турсумбеков А.Ш. ¹

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

² Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан;

e-mail: denis_zazulin@mail.ru

В работе, с помощью построения геодезических, рассмотрены геометрические свойства равновесных многообразий термодинамических систем с сильным взаимодействием, предсказанных методом голографических дуальностей [1,2]. В качестве формализма исследования использовалась геометротермодинамика [3,4], позволяющая получать результаты инвариантные относительно преобразований Лежандра, т.е. независимые от выбора термодинамических потенциалов.

В этом подходе нами рассмотрены новые типы квантовой жидкости имеющей при низких температурах в своем спектре моду нулевого звука и с экзотической температурной зависимостью теплоемкости [1]. Для этой жидкости в качестве термодинамических потенциалов брались большой термодинамический потенциал, энтропия и химический потенциал зависящие от температуры и плотности барионов.

Также рассмотрены термодинамические системы с конечной барионной плотностью при нулевой температуре [2], для которых в качестве термодинамического потенциала брались большой термодинамический потенциал, зависящий от химического потенциала μ и массы частиц m .

Для всех рассмотренных систем представлены (в виде 3-мерных графиков) результаты построения соответствующих геодезических кривых. На графиках хорошо видно, при каких значениях термодинамических переменных геодезические кривые обрываются, что указывает на возможные фазовые переходы при этих значениях. В частности, нами был воспроизведен фазовый переход второго рода в системе с конечной барионной плотностью при нулевой температуре, определенный в работе [2] при $m = \mu$.

Литература:

1. 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.
2. 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.
3. H. Quevedo, (2007) Geometrothermodynamics, J. Math. Phys. 48, 013506, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2409524>.
4. H. Quevedo, A. Sanchez, S. Taj, A. Vazquez, (2011) Phase transitions in Geometrothermodynamics, Gen. Rel. Grav. 43: 1153. arXiv:1010.5599.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАКОПЛЕНИЯ СИГНАЛА ВДОЛЬ СПЕКТРА К
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ PAMELA

Федосимова А.И.¹, Лебедев И.А.², Дмитриева Е.А.², Ибраимова С.А.², Бондарь Е.А.²,
Красовицкий П.М.¹

¹Институт ядерной физики, Казахстан, г. Алматы

²Физико-технический институт, Казахстан, г. Алматы

PAMELA – международный эксперимент, основными целями которого являются поиск антиматерии и измерение спектров протонов, ядер в широком диапазоне энергий. Экспериментальная установка включает в себя магнитный спектрометр и ионизационный калориметр. Магнитный спектрометр позволяет восстанавливать спектр космических лучей при энергиях до 1 ТэВ [1]. Энергии выше 1 ТэВ определяют с помощью ионизационного калориметра. Ионизационный гетерогенный калориметр имеет толщину 16 радиационных единиц и состоит из чередующихся слоев вольфрама и измерительных слоев (кремниевые детекторы). Частица входит в плотное вещество калориметра и рождает каскад частиц. Если каскад достигает своего максимума, то определяется энергия падающей частицы. Данный метод хорошо работает при больших размерах калориметра, либо для низких энергий. Однако, используя стандартную методику каскадных кривых для эксперимента PAMELA, точность определения энергии высокоэнергичных частиц и ядер достаточно низкая. Для уменьшения ошибок при измерении энергии предложена методика накопления сигнала вдоль спектра и анализа корреляционных кривых.

Суть методики заключается в переходе от анализа внешних характеристик каскада (энерговыведение на каждом слое калориметра от глубины уровня наблюдения) к анализу внутренних характеристик ливня (энерговыведение на каждом слое калориметра от скорости развития каскада). При этом в новой методике определение энергии не зависит от того в каком слое калориметра провзаимодействовала частица и какая множественность была в первых взаимодействиях.

На первом этапе было проведено моделирование прохождения частиц через вещество калориметра. Официальная программа коллаборации PAMELA для определения свойств магнитного спектрометра методом моделирования Монте-Карло прохождения через него заряженных частиц называется GPAMELA [2]. Она позволяет изучать отклик детекторов, определять характерные особенности регистрации частиц разного типа и разрабатывать алгоритмы их выделения [3]. GPAMELA основана на пакете программ GEANT 3.2. Моделирование проведено для высокоэнергичных (1 ТэВ и 10 ТэВ) частиц углерода, железа и протона. На следующем этапе анализировались экспериментальные данные, полученные PAMELA на борту российского спутника “Ресурс ДК1”, запущенного 15 июня 2006 г. на околоземную околополярную орбиту.

С помощью стандартной методики энергии высокоэнергичных частиц не может быть определена для тех частиц, которые не достигли своего максимума в калориметре, поэтому они исключаются при построении спектра, что приводит к существенным искажениям. Чем выше энергия частицы, тем меньше вероятность полного поглощения энергии калориметром. К тому же при использовании стандартной методики возникает проблема насыщенности стрипов, что приводит к преждевременному максимуму каскадной кривой и неточностям в результатах.

Предлагаемая методика корреляционных кривых позволяет определять энергию частицы на восходящей ветви ливня, что позволяет использовать большее количество данных эксперимента, а также не зависит от насыщенности детекторов, что приводит к улучшению точности спектра космических лучей.

Работа поддержана Министерством образования и науки РК, грант № AP08855403

Литература:

1. Koldobskiy S.A., Borisov S.V., Voronov S.A., Galper A.M., Danilchenko I.A., Zverev V.G., Karelin A.V., Koldashov S.V., Leonov A.A., Mayorov A.G., Malakhov V.V., Mikhailov V.V., Runtso M.F. et al. Description of galactic cosmic ray intensity in the last three solar activity minima// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2013. T. 77. № 5. С. 606-608.
2. Boezio M., Pearce M., Albi M. et al. The electron-hadron separation performance of the PAMELA electromagnetic calorimeter. // Astroparticle Physics, V. 26, 2006. – P. 111-118.
3. Ricciarini S. on behalf of the PAMELA collaboration. PAMELA silicon tracking system: Experience and operation. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, V. 582, 2007. – P. 892-897.
4. Adriani O. et al. POSITRONS AND ELECTRONS IN PRIMARY COSMIC RAYS AS MEASURED IN THE PAMELA EXPERIMENT //Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2009. T. 73. № 5. С. 568-570.

ПРОГРАММНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ENSDF NNDC В ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

Дьячков В.В., Зарипова Ю.А, Юшков А.В., Бигельдиева М.Т.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: slava_kpss@mail.ru

Для ядерных расчетов, а также расчетов различных теорий и сравнения с экспериментальными ядерными данными необходимо использовать актуальные численные значения параметров и свойств ядер. Постоянно пополняющийся и обновляющийся международный интернет-ресурс ядерных данных со свободным доступом the National Nuclear Data Center (NNDC) [1] в Brookhaven National Laboratory (США) дает такую возможность.

В настоящей работе представлена разработка авторского программного обеспечения (ПО), которое позволяет использовать формат ENSDF-файлов с данными в собственных алгоритмах для расчетов и моделирования ядерно-физических процессов. Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) содержит оцененную ядерную структуру и данные о распаде в формате, который был впервые разработан W.B. Ewbank и M.R. Schmorak в 1978 году. На текущий момент база данных ENSDF содержит данные для 3403 нуклидов [2].

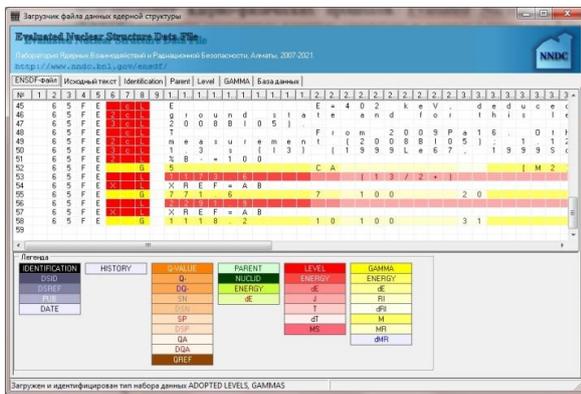


Рисунок 1 – Авторское ПО загрузки ENSDF-файлов

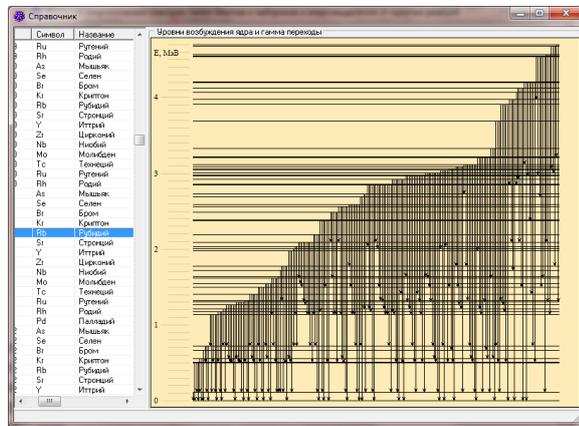


Рисунок 2 – Применение данных уровней возбуждений и гамма-переходов в авторском ПО для расчета ядерных реакций

На рисунке 1 представлено ПО, которое загружает структурированный ENSDF-файл (*.ens), конвертирует его и добавляет данные в локальную базу данных [3]. Локальная база ядерных данных уже используется в других расчетных программах. Несколько интересных применений, помимо исследовательских расчетов, разработанные авторской научной группой, нашли себя в компьютерном лабораторном практикуме (рис. 2) [4], лабораторной работы [5].

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP09258978 финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Литература:

1. National Nuclear Data Center // <https://www.nndc.bnl.gov/>.
2. Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) // <https://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>.
3. Дьячков В.В. Справочник атомных ядер – NDBR & C (Nuclear Data Base Reviewer & Calculator) // свидетельство о государственной регистрации авторских прав № 344 от 16 марта 2012 года ИС 0008104.
4. Джумагулова К.Н., Баимбетов Ф.Б., Рамазанов Т.С., Коданова С.К., Дьячков В.В., Жотабаев Ж.Р., Мукушева М.К. Компьютерный лабораторный практикум «Некоторые проблемы атомной, ядерной физики и физики конденсированного состояния» // Учебно-методическое пособие, Алматы-Курчатов, 2010. – 77 с.
5. В.В. Дьячков, М.Т. Бигельдиева, А.В. Юшков, Ю.А. Зарипова. Расчет дозовой нагрузки радионуклидов в организме человека 1 // Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №8416 от 27 февраля 2020 года. Охранный документ (программа для ЭВМ).

**РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ ИМПУЛЬСУ В
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРОТОНОВ И СИГНАЛЫ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ В
СПЕКТРАХ ФОТОНОВ**

Дьяченко А.Т.^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I”, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение “Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова” Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Гатчина, Россия

Развивая статистическую модель множественного рождения частиц, основанную на работах [1-3]), предложен алгоритм нахождения распределения по поперечному импульсу Λ - гиперонов, образующихся в pp столкновениях при энергиях \sqrt{s} 53, 200, 900 и 7000 ГэВ [4]. Вычисленные спектры Λ - гиперонов согласуются с экспериментальными данными и расчетами по модели кварк-глюонных струн [5].

Анализируя вслед за [6] экспериментальные данные [7] по спектрам мягких фотонов в зависимости от поперечного импульса, в данной работе предлагается интерпретировать ужесточение спектра [7], как проявление вклада новой частицы бозона X17, массой около 17 МэВ, являющуюся кандидатом на роль частиц темной материи. Предложен алгоритм нахождения массы бозона X17 на основе модели трубки. Дана интерпретация экспериментальных данных по спектрам мягких фотонов с помощью новых частиц - бозонов X17 и X38 [8]. Они могут образовывать массивные объекты темной материи в астрофизике. Обосновывается наличие массы бозона X17, равной 17 МэВ, а X38, равной 38 МэВ, исходя из электромагнитной трубки при объединении двумерных $KX_{D_2} \times KЭ_{D_2}$.

Литература:

1. E. Fermi, Prog. Theor. Phys. 5, 570 (1950).
2. Ya. I. Pomeranchuk, Doklady Akad. Nauk 78, 889 (1951).
3. L.D. Landau, Izvestiya AN SSSR Ser. Fiz. 17, 51(1953).
4. A.T. D'yachenko, Phys. Atom. Nucl. 83, 1557 (2020).
5. O. Piskounova, arXiv: 1908.10759v5 [hep-ph].
6. C.Y. Wong, arXiv: 2001.04864v1 [nucl-th].
7. A.Belogianni *et al.* (WA91 Collaboration), Phys. Lett. B548, 129 (2002).
8. Kh.U. Abraamyan *et al.* Observation of the E(38)-boson. arXiv: 1208.3829v1.

**РЕАКЦИИ МНОГОНУКЛОННЫХ ПЕРЕДАЧ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ
НЕЙТРОНОИЗБЫТОЧНЫХ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ И СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Сайко В.В., Карпов А.В.

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Россия

Интересной областью применения ядро-ядерных столкновений тяжелых ионов является получение и изучение ядер, обогащенных нейтронами. В последние годы широко обсуждается возможность синтеза таких ядер в процессах многонуклонных передач (МНП), происходящих в реакциях глубоконеупругого рассеяния тяжелых ионов низких энергий. Целый ряд экспериментальных установок, созданных и создаваемых в ведущих мировых ядернофизических центрах, вовлечены в решение этой задачи. Одной из основных целей исследования ядер, обогащенных нейтронами, является детальное понимание астрофизического *r*-процесса, который протекает через нейтроноизбыточные ядра вдали от линии бета-стабильности. Такие ядра, расположенные в окрестности замкнутых нейтронных оболочек, образуют так называемые точки ожидания *r*-процесса. Знание свойств этих нуклидов играет ключевую роль в моделировании *r*-процесса.

С точки зрения теоретического анализа ядро-ядерных столкновений, представляется чрезвычайно важным построение моделей, дающих максимально полное описание процессов, происходящих при столкновении тяжелых ионов с учетом сильной связи и перекрытия всех реакционных каналов: глубоконеупругого рассеяния, квазиделения, слияния и обычного деления. В представленном цикле работ разработана многомерная динамическая модель ядро-ядерных столкновений, базирующаяся на уравнениях Ланжевена. Модель обеспечивает непрерывное описание эволюции системы сталкивающихся ядер во времени, начиная со стадии сближения снаряда и мишени во входном канале реакции и вплоть до образования конечных продуктов реакции.

Разработанный подход применялся к описанию реакций многонуклонных передач, происходящих в глубоконеупругих столкновениях тяжелых ионов. Результаты расчетов различных характеристик продуктов реакций многонуклонных передач хорошо согласуются с большой совокупностью имеющихся экспериментальных данных.

Выполненные расчеты показали, что реакции многонуклонных передач имеют большую перспективу для синтеза тяжелых нейтроноизбыточных ядер, для которых другие методы либо малоэффективны, либо неприменимы. В частности, такие ядра расположены вблизи заполненной нейтронной оболочки $N=126$ и в области трансурановых элементов, для которых предсказываются экспериментально достижимые сечения, в некоторых случаях превышающие 1 мкб.

Полученные результаты уже используются для проектирования экспериментальных установок, при постановке экспериментов по изучению реакций многонуклонных передач, а также при анализе их результатов, в ведущих ядерно-физических лабораториях: ЛЯР ОИЯИ (Дубна), GSI (Германия), GANIL (Франция) и Университет Ювяскюля (Финляндия).

СЕЧЕНИЕ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАДИОИЗОТОПОВ

Әбдіқали Ж. Н.

*Научные руководители: д.ф.-м.н., зав. кафедрой теоретической и ядерной физики Абишев М. Е.,
Masayuki Aikawa, professor of nuclear medicine*

КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Совершенствование методов спектрометрии высокоэнергетических нейтронов является актуальной задачей в связи с рядом новых научно-технических программ, реализующихся в последнее время. Среди них можно назвать создание мощных источников нейтронов на основе протонных ускорителей для исследования материалов, электроядерный бридинг и трансмутация радиоактивных отходов. Сложность спектрометрии нейтронов с энергиями выше нескольких десятков МэВ заключается в том, что в этом диапазоне неприменимо большинство методов, использующихся для измерения низкоэнергетических спектров нейтронов.

В работе было показано, что реакция согласуется с экспериментом по полным сечениям реакции нуклонов с ядрами в диапазоне энергий 10 МэВ–10 ГэВ без использования свободных параметров для отдельных ядер. Расширение диапазона применимости каскадной модели в область низких энергий позволило отказаться от предравновесной стадии ядерной реакции, предшествующей испарительному каскаду. Успешное описание двойных дифференциальных сечений выхода нуклонов и сложных частиц при взаимодействии нуклонов с ядрами при энергиях ниже 100 МэВ дает основание предполагать, что спектр остаточных ядер также можно рассчитать с достаточной точностью в рамках. Кроме того, результаты измерений имеют достаточно большие погрешности, достигающие нескольких десятков процентов. В связи с этим есть необходимость уточнения сечений, особенно в диапазоне энергий выше 100 МэВ.

Данная работа посвящена расчетному исследованию сечений активации висмута нейтронами с энергиями 15-1000 МэВ, выполненному в рамках обобщенной каскадной модели (ОКМ), и сравнению полученных результатов с экспериментальными данными двух независимых групп в полях высокоэнергетических нейтронов на ускорительных комплексах. Проведено восстановление нейтронных спектров по измеренным скоростям реакций.

Литература:

1. E.Kim, T.Nakamura, A.Konno et al. Measurements of Neutron Spallation Cross Sections of ^{12}C and ^{209}Bi in the 20- to 150-MeV Energy Range. Nucl. Sci. Eng. 129, 209-223 (1998).
2. T.Fukahori. Review of Evaluation in the Medium Energy Region. Proc. 1991 Symp. Nuclear Data, Tokai, Japan, 1991, JAERI-M 91-032, p. 106 (1991).

3. M.Blann. New Precompound Decay Model. Phys. Rev. C54, 1341-1349 (1996).
4. A.V.Sannikov and E.N.Savitskaya. Total Nucleon-Nucleus Reaction Cross Sections Calculated in the Frame of the Cascade Model. Radiat. Prot. Dosim. 110, 27-31 (2004).
5. А.В.Санников, Е.Н.Савицкая. Обобщенная каскадная модель ядерных реакций. IX Российская научная конференция «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях». Тезисы докладов, с. 276-281, Обнинск, 2006.

СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ УСКОРЕННЫХ ПУЧКОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛЯР ОИЯИ

Исатов А.Т.^{а,б,в}, Тетерев Ю.Г.^а, Митрофанов С.В.^а

^а Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций
Россия, 141980, Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, 6

^б Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
Казахстан, 010000, Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2

^в РГП «Институт ядерной физики» МЭ РК
ул. Ибрагимова, 1, Алматы, Казахстан, 050032

Ускорительный комплекс ЛЯР ОИЯИ состоит из 4 циклотронов и 1 микротрона. Диапазон интенсивностей выводимых из ускорителя частиц варьируется от 10^1 ионов/см²·с до десятков мкА. Соответственно, для диагностики параметров ускоренных пучков тяжелых ионов применяются различные типы детекторов: сцинтилляционные, ионизационные детекторы, мониторы, работающие по принципу регистрации вторичной эмиссии электронов, цилиндры Фарадея и т.д.

Сцинтилляционные детекторы применяются для контроля параметров ускоренных пучков тяжелых ионов в диапазоне интенсивностей от единиц ионов до 10^5 ионов/см²·с. Они используются при проведении исследований в области радиоэлектроники, радиобиологии и физики твердого тела. На базе сцинтилляционных детекторов созданы системы для измерения плотности потока ионов и флюенса, многоканальные профилометры и системы измерения энергии ионов.

В диапазоне интенсивностей от 10^5 до $n \cdot 10^9$ ионов/см²·с для диагностики применяются ионизационные детекторы и устройства, работающие по принципу регистрации вторичной эмиссии электронов.

При интенсивностях выше 10^9 ионов/см²·с применяются цилиндры Фарадея (ЦФ) для измерения тока пучка. Также, были разработаны специальные ЦФ для измерения тока пучка с мощностью 3,5 кВт на ускорителе ДЦ-280.

Для измерения профиля пучка на ускорителе ДЦ-280 были разработан и создан сканирующий двухмерный ионизационный монитор профиля пучка. Данное устройство относится к неинвазивному методу диагностики, работающее по принципу регистрации продуктов ионизации остаточного газа.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРУГОГО РАССЕЙЯНИЯ α -ЧАСТИЦ НА ЛЕГКИХ СЛАБОСВЯЗАННЫХ ЯДРАХ ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$

Уразбеков Б.А.^{1,2}, Деникин А.С.^{1,3}, Джансеитов Д.^{1,2}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

³Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

В последние десятилетия благодаря развитию экспериментальной техники и разработки новых теоретических методов не утихает интерес в исследовании кластерной структуры легких ядер. Ядро ${}^9\text{Be}$, в этой связи, является уникальным примером кластерной структуры. Этому свидетельствуют косвенные экспериментальные доказательства, такие как относительно большое значение квадрупольного момента, положительно пространственная четность первого возбужденного состояния, неподдающегося к описанию стандартными оболочечными моделями с кором.

В целях детального изучения ядра ${}^9\text{Be}$ нами [1, 2] были проведены работы на предмет исследования передачи кластеров в прямых ядерных реакциях. Расчеты по ядерным реакциям проведены на основе трехтельной модели $2\alpha + N$, учитывающую специфику внутренней структуры ядра ${}^9\text{Be}$. Полученные результаты для ${}^9\text{Be}(d, \alpha){}^7\text{Li}$ показали, что рассчитанное дифференциальное сечение хорошо согласуется с экспериментальными данными, если учесть механизм последовательной передачи n - p системы. Также было показано, что столь значимое сечение вызвано слабой связью валентного нейтрона ${}^9\text{Be}$, а также спектроскопическими амплитудами близкие к значению 1.0. Необходимо также отметить, что на задних углах рассеяния реакции ${}^9\text{Be}(d, \alpha){}^7\text{Li}$ в основном вызвано механизмом передачей тяжелого иона ${}^5\text{He}$, а последовательная передача n - α оказалась ниже значением на одну степень.

С помощью методов расчетов вариационной и гиперсферических функций в рамках теоретической модели $\alpha + 2N$ в работах [3, 4] было показано, что корреляционные плотности волновых функций могут иметь в основном две геометрические конфигурации: три тела расположены на одной оси, так называемая «сигарообразная» конфигурация, и две p -оболочечные нуклоны расположены намного ближе друг-другу чем до расстояния от кора, так называемая «вертолето-образная» конфигурация. Кластерные структуры такого рода сильно влияют на течение прямых ядерных реакций. Например, стоит отметить экспериментальные данные по упругому рассеянию α -частиц на ядра ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$ [5, 6]. Главной особенностью этих данных является возрастающий характер дифференциальных сечений на задних углах рассеяния. Авторами из работ [5, 6] отмечено, что это вызвано упругой передачей кластера $2N$.

Интересно сделать следующий шаг и применить разработанную нами теоретическую модель [1] к ядрам ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$. В рамках этой модели ядра ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$ рассматриваются как системы, имеющие кластерную структуру $\alpha + 2N$. При этом трехтельная волновая функция исследуемых легких ядер получена вариационным методом на основе функций Гаусса. Гамильтониан содержит парные псевдопотенциалы, которые исключают s -волновое запрещенное состояние. Получены в явном виде формулы для расчета функций распределения плотности ядерного вещества и заряда, а также их среднеквадратичные значения. Рассчитаны фолдинг-потенциалы взаимодействия для систем $\alpha + {}^6\text{He}$ и $\alpha + {}^6\text{Li}$. Полученные потенциалы применены для расчетов ядерных реакций упругого рассеяния, $\alpha + {}^6\text{He}$ и $\alpha + {}^6\text{Li}$, с помощью метода связанных каналов (CRC).

Литература:

1. Urazbekov, B. A., et al. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* 80.3 (2016): 247-251.
2. Urazbekov, B. A., et al. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* 46.10 (2019): 105110.
3. Zhukov, M. V., et al. *Physics reports* 231.4 (1993): 151-199.
4. Kukulín, V. I., et al. *Nuclear Physics A* 453.3 (1986): 365-388.
5. Khoa, Dao T., and W. Von Oertzen. *Physics Letters B* 595.1-4 (2004): 193-201.
6. Oganessian, Yu Ts, V. I. Zagrebaev, and J. S. Vaagen. *Physical Review C* 60.4 (1999): 044605.

СТРУКТУРА ВОЗБУЖДЁННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР ДЛЯ ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ $N = (89-91)$ ДЕФОРМАЦИЙ В ЯДРАХ ^{156}Ho , ^{158}Ho , ^{160}Ho . ИЗОМЕРИЯ. F-ЗАПРЕЩЕННЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Стегайлов В.И.¹, Калинников В.Г.¹, Сушков А.В.¹, Гонс З.¹, Философов Д.В.¹, Ширикова Н.Ю.¹, Тютюнников С.И.¹, Шакун Н.Г.¹, Кобец В.В.¹, Чан Т.Н.^{1,2}, Ваганов Ю.А.¹

¹ Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, Российская Федерация

² Институт физики Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

E-mail: stegajlov2013@yandex.ru

Исследования проводились в рамках проекта «Энергия + Трансмутация» и «ЯСНАПП-2» с использованием ускорителей ОИЯИ: Нуклотрон, Фазотрон и ЛИНАК-200. Измерения проводились с использованием различных спектрометрических методик и полупроводниковых детекторов на базе многодетекторных спектрометров совпадений (рис.1).

В настоящем докладе представлено завершение исследований по следующим направлениям.

1. Завершено исследование возбуждённых состояний и их распада нечётно-нечётных ядер ^{156}Ho , ^{158}Ho , ^{160}Ho .

2. В данных ядрах измерены времена жизни для восьми [1] возбуждённых состояний, из них три времени жизни высокоспиновых изомеров $^{9+m}2\text{Ho}$. Их значения повторены и результаты подтверждены измерениями спектров мишени металлического ^{165}Ho в поле нейтронов в реакциях (n, f) , (n, xp) , на пучке протонов Фазотрона в ЛЯП-ОИЯИ с последующим радиохимическим разделением, а также на пучке тормозного излучения в фотоядерных реакциях (γ, xp) ускорителя электронов ЛИНАК-200 ЛЯП-ОИЯИ [2].

3. В ядрах ^{158}Ho и ^{160}Ho определены значения факторов ветвления уровней 67.2 и 60.0 кэВ.

4. С целью поиска новых слабоинтенсивных переходов в ядре ^{160}Ho проанализированы $K_x(\text{Ho})-\gamma$ и $L_x(\text{Ho})-\gamma$ совпадения и проведена новая обработка гамма спектра в диапазоне (5-300) кэВ.

5. Определены энергии и интенсивности гамма переходов при распаде ядер ^{156}Ho и ^{158}Ho в диапазоне (5-5000) кэВ, и проведено сравнение результатов с литературными данными.

6. Всем низколежащим состояниям в этих ядрах приписана структура уровней, причем в ядре ^{156}Ho основному состоянию приписан спин 4^+ и структура $4^+p\ 5/2^+ 404\uparrow + n\ 3/2^- 521\downarrow$, что позволило определить структуру остальных низколежащих возбужденных уровней в ^{156}Ho .

7. Совместно с теоретиками ЛТФ-ОИЯИ в ядрах гольмия с $A = 156, 158, 160$ выполнены в рамках квазичастично-фононной модели расчеты структуры двуквазичастичных состояний и вероятностей электромагнитных переходов.

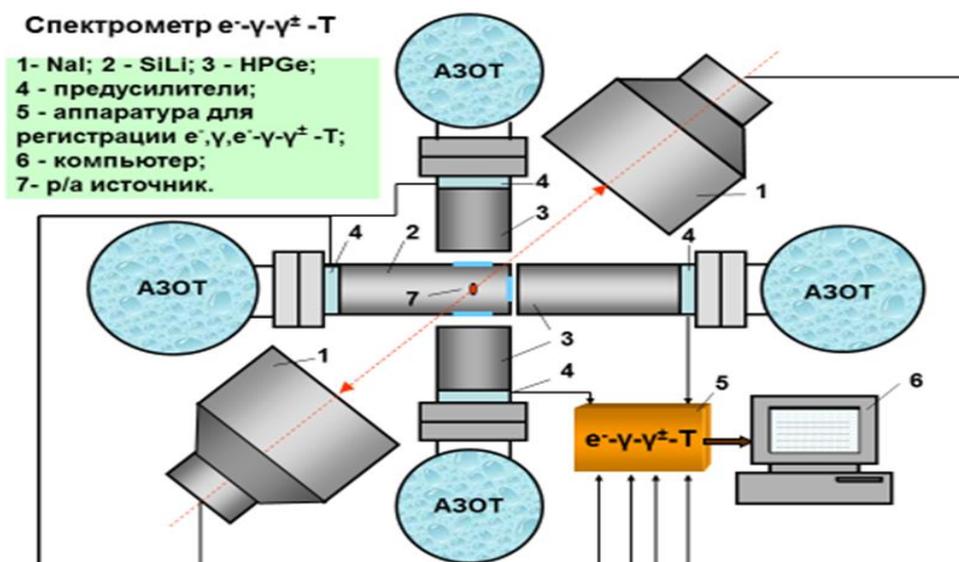


Рисунок 1 - Многодетекторный спектрометр для исследования временных (гамма электрон гамма) совпадений

Литература:

1. V.G. Kalinnikov, A.A. Sushkov, V.I. Stegajlov et al. «Nucleus-2017». Almaty. 2017. P. 170.
2. S.I. Tyutyunnikov, V.I. Stegajlov, V.V. Kobets et al. «Nucleus-2021». St-Petersburg. 2021.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В
ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМЫХ ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВКАХ «PLASMA DYNAMICS»

Раденко В.В.¹, Читура А.С.², Гурская А.В.³, Долгополов М.В.³

¹Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

²ООО НПК «Новая Энергия», Самара, Россия,

³Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

Для решения задачи управляемого синтеза легких ядер и преобразования энергии разработана методика создания и формирования электронно-управляемых ионных потоков в системе циклических соленоидальных и магнитоквадрольных полей путем группировки потоков посредством дискретизации и задания определенных законов последовательности изменения управляющих параметров [1,2]. Определена математическая модель, описывающая формирование электронно-управляемых ионных пучков. Сформулированы условия стабильности ядерного синтеза. Рассмотрены возможности практического применения разработанной установки и созданного экспериментального образца установки, использующей в качестве топлива гидрид лития. Приводится классификация, сравнение установок и особенностей технического исполнения преобразования энергии синтеза легких элементов.

Чтобы попасть в область действия ядерных сил в тех случаях, когда используются заряженные частицы или ионы, их кинетической энергии должно быть достаточно для преодоления кулоновского отталкивания ядра. В тех случаях, когда энергия заряженной частицы или иона меньше высоты кулоновского барьера, вероятность ядерной реакции будет стремиться к нулю [3]. Пучки частиц требуемой энергии (меньше 1 МэВ) легко получить в современных ускорителях. Если энергии частицы недостаточно для преодоления кулоновского барьера, она будет испытывать упругое рассеяние в кулоновском поле ядра, описываемое формулой Резерфорда. Для легких ядер, где кулоновский барьер низок, это правило не применяется. Для получения стабильной реакции ядерного синтеза необходимо выполнить ряд условий:

- 1) суммарная энергия входящей частицы и мишени должна быть выше, чем энергия кулоновского отталкивания;
- 2) плотность n_i входящего потока и плотность мишени n_m для импульсного режима должны быть равны или выше, чем $n_i = n_m \geq 10^{22} \text{ см}^{-3}$;
- 3) Время пребывания в магнитооптической камере $\tau \geq 1 \text{ с}$;
- 4) Энергия ионов во входящем потоке $W_i \geq 200 \text{ кэВ}$.

Генерация для вариантов плотного потока протонов, атомов дейтерия или трития для синтеза нейтронов на ионно-плазменной мишени дейтерия, трития или лития происходит в результате первичного уплотнения потока и дискретизации по программно-определяемой концентрации и средней энергии потока. Для этого потока формируются в строго заданных параметрах: t - период последовательности, n – концентрация и частота дискретных потоков ω .

В процессе формирования электронно-управляемых ионных потоков и ядерного синтеза определяются перспективы использования разработанной технологии в различных областях применения, от энергетических установок до электрических двигателей. Одним из вариантов является использование этой технологии для нагрева струйного потока CO_2 или азота в нефтяном пласте для получения электрической и тепловой энергии, а также, например, для объемной высокочастотной сушки.

Литература:

1. Radenko A.V., Radenko V.V., Dolgoplov M.V. // III International Scientific Conference Material Science. Nonequilibrium phase transformations. 2017. 1 (1). p. 107–108.
2. Akimchenko A., Chepurinov V., Dolgoplov M. etc. // EPJ Web of Conferences. - 2017. - Vol. 158, 06004.
3. Forrester A.T., Alton G.D. // Physics Today. V. 42(6). 1989. p. 77.

ТЕСТ ПРОТОТИПА OLVE-HERO НА УСКОРИТЕЛЕ SPS В ЦЕРН

Сатышев И.^{1,2,*}, Пан А.^{1,2}, Ткачев Л.Г.^{1,3}

¹Объединенный Институт Ядерных Исследований, Дубна, Россия

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

³Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

* E-mail: satyshevi@gmail.com

Согласно программе космических исследований РФ, разрабатывается проект космического детектора OLVE-HERO для измерения космических лучей (КЛ) в диапазоне 1012-1016 эВ. Основным детектором OLVE-HERO является большой ионизационно-нейтронный 3D трековый калориметр на основе борированного сцинтиллятора с вольфрамовым поглотителем. Такой калориметр позволит измерять дополнительный нейтронный сигнал, что позволит улучшить энергетическое разрешение детектора, а также увеличить уровень режекции между электромагнитной и ядерной компонентами КЛ в 30-50 раз во всем диапазоне энергий. Изготовленный в ОИЯИ прототип детектора OLVE-HERO с борированным сцинтиллятором, испытан на тестовых пучках SPS в ЦЕРН в 2018 г. В данной работе представлены результаты испытаний и моделирования прототипа методом Монте-Карло.

Представлены результаты испытаний прототипа калориметра OLVE-HERO на пучке ускорителя SPS CERN во время пучка с ионов Рb 2018 году. Из результатов испытаний пучка и моделирования методом Монте-Карло можно сделать вывод, что борированные сцинтилляционные детекторы дают возможность качественно увеличить способность разделения между адронной и электромагнитной компонентами. Использование в прототипе борированного сцинтиллятора вместе с полиэтиленовым замедлителем дает наглядную картину появления запаздывающих сигналов от захвата нейтрона ядром ^{10}B в диапазоне 0–16 мкс после первичного взаимодействия частицы пучка. Результаты качественно согласуются с моделированием Монте-Карло. Таким образом, равновесие интенсивности потока КЛ и плотности тепловых нейтронов будет определять величину постоянного фонового сигнала в борированных сцинтилляционных детекторах. Этот фоновый сигнал может «засорить» сигнал от начальных ливней КЛ, поэтому есть опасения, что такой детектор даст неверные результаты. Для получения окончательного ответа необходимо провести дополнительные испытания пучков и специальное моделирование этого эффекта с учетом спектра и состава КЛ, а также геометрии детектора. Для оптимизации конструкции детектора OLVE-HERO требуются дополнительный анализ данных, моделирование методом Монте-Карло и дополнительные эксперименты, в частности, на пучке электронов высокой энергии.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ПОТОКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В РЕГИОНЕ г. НУР-СУЛТАН

Морзабаев А.К.^{1,2}, Махмутов В.С.^{2,3}, Ерхов В.И.^{2,3}, Буртебаев Н.¹, Амангельди Н.^{1,2}, Тулеков Е.А.^{1,2}

¹Институт ядерной физики, 050032, г. Алматы, Казахстан

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

³Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва, Россия

E-mail: morzabaev@mail.ru

В период 2013-2019 гг. на базе Евразийского национального университета в г. Нур-Султан (Республика Казахстан) создан комплекс наземной аппаратуры, предназначенный для исследования физической природы вариации электрического поля и космических лучей (заряженных частиц) при поверхностном слое атмосферы [1-3]. В состав комплекса входят два детектора заряженных частиц, нейтронного детектора и электростатического флюксметра EFM-100.

В данной работе представлены результаты анализа данных, полученных на этом комплексе, а также данные о характеристиках межпланетного и геомагнитного поля в исследуемом временном интервале из других источников. Данные наземного комплекса также позволяют проводить исследования на долговременную перспективу и могут качественно дополнить общемировой банк данных наряду с данными существующей сети наземных детекторов.

Работа поддержана Программой № BR10965191 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Литература:

1. Tulekov E.A., Makhmutov V.S., Bazilevskaya G.A., Stozhkov Yu.I., Morzabaev A.K., Philippov M.V., Erkhov V.I., Dyusembekova A.S. Ground-based instrument for the study of cosmic ray variation in Nur-Sultan. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2020, v. 60(6), p. 693-698 10.134/S0016793220060134.
2. Philippov M.V., Makhmutov V.S., Stozhkov Yu.I., Maksumov O.S., Bazilevskaya G.A., Morzabaev A.K., Tulekov Ye.A. Characteristics of the ground-based «CARPET-ASTANA» instrument for detecting charged component of cosmic rays and preliminary analysis of the first experimental data. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 2020, v. 959, 163567/1-7 <https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.163567>.
3. Tulekov Ye., Morzabaev A.E., Makhmutov V.S., Yerkhov V.I., Philippov M.V. Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian national university. Physics. Astronomy. Series*. 2020, v. 4(133), p. 79-85.

ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2.0 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛНОСТЬЮ ОЦИФРОВАННЫХ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ: ОТ ЛАБОРАТОРИЙ К МЕГАПРОЕКТАМ

Бредихин И.

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

Построение цифровых схем для обработки и управления экспериментальными установками за 15 лет с тех пор, как CAEN выпустил на рынок первые диджитайзеры стало, по сути, стандартом. За прошедшие десятилетия сотни средних и крупных экспериментов в мире были выполнены на основе продвигавшейся CAEN парадигмой цифрового подхода. Это и эксперименты по исследованию тёмной энергии, гамма-сферы, построенные за эти годы во многих странах мира, эксперименты по нейтринным осцилляциям, эксперименты на различных токамаках, ядерных реакторах, астрофизика, исследования ядерных распадов и многое-многое другое.

Растущие сложность экспериментов приводят к появлению всё новых требований к цифровой электронике. Они уже не ограничиваются роста скоростей оцифровки, или ростом скорости передачи и обработки данных. Растущие объёмы данных делают всё более и более заманчивой идею не переносить данные на компьютер, а обрабатывать их прямо на железе, непосредственно во время сбора данных. Проблемой тут встаёт либо невозможность изменять встроенную в ПЛИС прошивку, либо требования к написанию сложного низкоуровневого кода для работы с ПЛИС.

Мы рады представить научному сообществу 2-е поколение DIGITIZERS 2.0, которое решает все стоящие перед современным научным сообществом задачи.

- Больше скорости оцифровки
- Большая битность сигнала
- Большие объёмы памяти
- Большие скорости передачи данных
- Большая плотность каналов
- Возможность легко изменять прошивки ПЛИС и обрабатывать данные на самом диджитайзере.

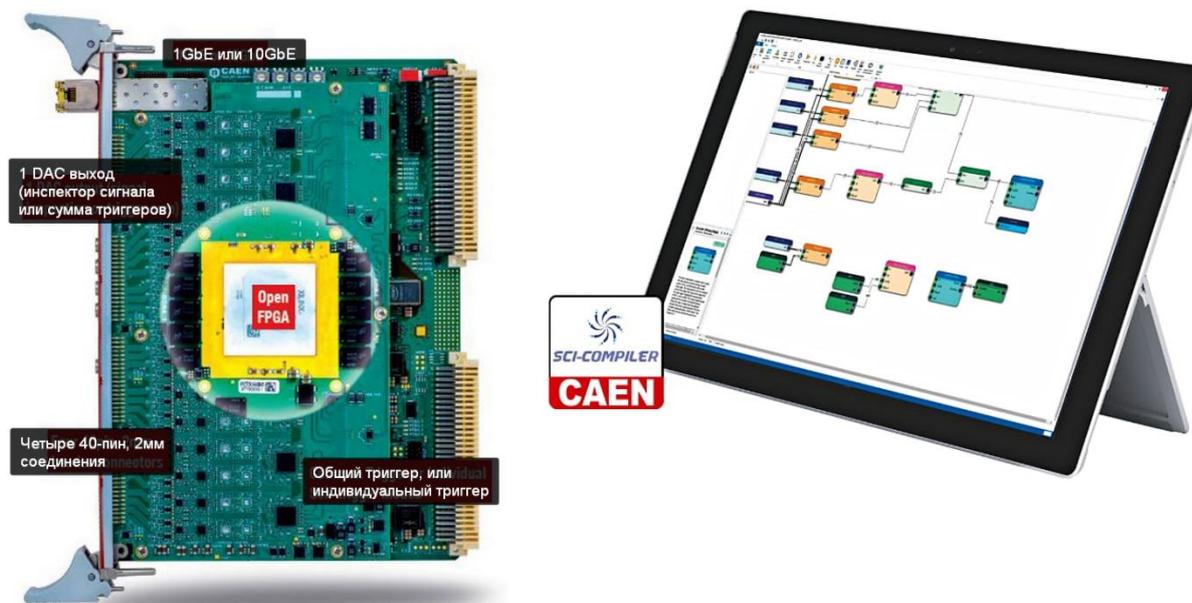


Рисунок 1 - Архитектура открытых ПЛИС в DIGITIZERS 2.0 слева ПО SCI-COMPILER для построения пользовательских прошивок ПЛИС снизу

ЯДРА, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ИЗ ^{238}U , ОБЛУЧЁННОГО ВТОРИЧНЫМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ, ИНИЦИИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ ($E = 60, 100, 140, 180$ МэВ) И ВТОРИЧНЫМ НЕЙТРОННЫМ ПОЛЕМ ИНИЦИИРОВАННЫМ ПРОТОННЫМ ПУЧКОМ ($E = 660$ МэВ)

Стегайлов В.И.¹, Тютюнников С.И.¹, Кобец В.В.¹, Крячко И.А.¹, Перевоицков Л.Л.¹, Расулова Ф.А.¹, Шакур Н.Г.¹, Чан Т.Н.^{1,3}, Юлдашев Б.С.¹, Розов С.В.¹, Смирнов А.А.², Летов А.Г.²

¹Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, Российская Федерация

²Институт физико-технических проблем, 141980, Дубна, Российская Федерация

³Институт физики Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

E-mail: stegajlov2013@yandex.ru

Исследование процессов в урановой мишени (^{238}U), облученной в полях нейтронов и электронов ускорителей ОИЯИ, с целью определения эффективности получения минорных актинидов ^{237}Np и ^{239}Pu проводилось в рамках темы «Энергия + Трансмутация».

В докладе обсуждаются:

- экспериментальная методическая база проводимых исследований,
- экспериментальные результаты по выходам реакций, полученные на базе ^{238}U в поле нейтронов [1] (рис.1) и поле тормозного излучения на пучке электронов (n, f) и (γ, xp),
- экспериментальные результаты по выходам продуктов (γ, xp) реакций, полученные на базе мишени моноизотопа ^{209}Bi , с целью исследования возможностей изучения изомерии ядер на пучке электронов ускорителя ЛИНАК-200,
- исследования реакций в мишенях ^{237}Np и ^{239}Pu в полях нейтронов.

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

A NOVEL CuO/ZnO/PET COMPOSITE FOR THE UV-VIS ASSISTED PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF CARBENDAZIME

Nurmakhan A.E.¹, Mashenseva A.A.¹, Aimanova N.A.^{1,2}, Altynbayeva L.Sh.^{1,2}

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

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: akerke.nurmakhan@bk.ru

Carbendazim (Czm) or methyl-2-benzimidazole carbamate is the most widely used active ingredient in the benzimidazole fungicide carbamate class [1]. This fungicide has protective and curative activity against a wide range of fungal diseases and it is the main decomposition product of other benzimidazole fungicides, such as benomyl or thiophanate-methyl [3]. Czm is very stable in water (with a half-life of 5-26 days), sewage, soil, crops and food, but it is toxic to humans, animals and plants [4]. As Czm is identified as a pollutant of water resources where it can accumulate, it is interesting to study the processes of its detection [5,6], decomposition [7] and disposal. Currently, radiolytic and catalytic decomposition, oxidation and ozonation, membrane distillation, microbiological methods, etc. are successfully used to remove Czm. Various types of nanomaterials such as titanium dioxide, Fe/TiO₂, Ti₂O₃/BiFeO₃ have been successfully used for the photocatalytic decomposition of Czm under UV radiation. The work aims to investigate the possibility of using monocomponent composite track membranes (CTM) with chemically deposited microtubules (MT) of copper oxide, zinc oxide and CuO/ZnO/PET composites as potential catalysts for purifying Czm from aquatic environments.

We synthesized samples of composite track membranes based on CuO/PET copper oxide microtubules, ZnO/PET zinc oxide, and samples of mixed CuO/ZnO/PET composition, in which the content of CuZn substitutional solid solution phase was 13.2%. In research the catalytic properties of the synthesized composite membranes, the decomposition reaction of the toxic pesticide carbendazime was determined, it was found that the greatest efficiency of the catalysts is observed at a pH of the reaction medium equal to 6.0. In the presence of CTM, kinetics reaction of the photocatalytic decomposition of carbendazim is investigated. It is shown that the largest value of the reaction rate constant was observed in the ZnO/PET CTM samples, which is more than the similar parameter in the CuO samples. CuO/PET by 3.7 times. The effect of temperature on the efficiency of Czm decomposition in the temperature range of 14-52°C is investigated. Thermodynamic parameters such as energy, enthalpy, and entropy of activation were calculated. It is shown that the lowest E_A value is found in samples of the mixed CuO/ZnO/PET (18.6 kJ/mol) composition. For ZnO/PET and CuO/PET CTMs, this indicator was 36.90 and 51.2 kJ/mol, respectively. The results show that the CuO/ZnO/PET composite material is an active catalyst for the decomposition of Czm in 6 consecutive test cycles, while the monocomponent material-only in 4 cycles.

The Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under project AP0885527 supported this work.

References:

1. N. Miguel, M. P. Ormad, R. Mosteo, and J. L. Ovelleiro, *Int. J. Photoenergy* 2012, (2012).
2. A. Boudina, C. Emmelin, A. Baaliouamer, M. F. T. Grenier-Loustalot, and J. M. Chovelon, *Chemosphere* 50, 649 (2003).
3. A. Bojanowska-Czajka, H. Nichipor, P. Drzewicz, B. Szostek, A. Gałężowska, S. Męczyńska, M. Kruszewski, Z. Zimek, G. Nałęcz-Jawecki, and M. Trojanowicz, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 289, 303 (2011).
4. A. Farag, H. Ebrahim, R. ElMazoudy, and E. Kadous, *Birth Defects Res. Part B Dev. Reprod. Toxicol.* 92, 122 (2011).
5. L. Huang, C. Wu, L. Xie, X. Yuan, X. Wei, Q. Huang, Y. Chen, and Y. Lu, *Nanomaterials* 9, 1 (2019).
6. Y. Ma, H. Jiang, C. Shen, C. Hou, D. Huo, H. Wu, and M. Yang, *J. Appl. Spectrosc.* 84, 460 (2017).
7. A. Singh, A. Verma, P. Bansal, K. Aggarwal, T. Kaur, A. P. Toor, and V. K. Sangal, *Environ. Technol. (United Kingdom)* 39, 424 (2018).

ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA JET PRINTING OF SILVER CONTAINED THIN FILMS

Ussenov Y.A.^{1,2}, Toktamyssova M.T.^{1,2}, Mutalip A.^{1,2}, Dosbolayev M.K.¹, Gabdullin M.T.⁴, Ramazanov T.S.³

¹NNLOT, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Applied Science and Information Technologies, Almaty, Kazakhstan

³IETP, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴Kazakh - British Technical University, Almaty, Kazakhstan

Nuclear and radiation physics, including ion beam and plasma technology are the important fields for the application in different technological process, including novel material synthesis and surface engineering [1-3]. Screen and inkjet printing have become some of the preferred processes for creating patterns on flat substrates over the past two decades, but disadvantages include poor resolution, organic impurities and the need for post-print heat treatment. The step of removing impurities leads to the formation of voids, which affects the quality of the film and the subsequent performance of the device. Thus, the development of an additional technique capable of synthesizing functional coatings on various substrates is of great interest.

We present direct atmospheric pressure plasma jet printing using a dielectric barrier discharge to eliminate all of the above disadvantages. Plasma is formed inside a quartz tube with a diameter of 3 mm, which is wrapped on the outside by two dielectric barrier discharge electrodes. The quartz tube sharply narrows in the area below the electrodes, creating an exit orifice up to 100 μm in diameter. The plasma-forming gas is helium and / or argon. A solution of silver nitrate in distilled water is fed into the zone of the dielectric barrier discharge in the form of an aerosol, and then leaves the quartz tube through the exit orifice. At a distance of 1.5 mm from the exit hole, there is a polymer substrate that moves to draw a given pattern. As a result of the experiments, silver-containing thin lines up to 570 μm wide were obtained. The material coated on the substrate was studied using a scanning electron microscope, Raman spectroscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy.

The demonstrated technology is suitable for coating conformal and 3D objects in large scale production. The presence of a dielectric material between the electrodes reduces the filament current, resulting in low temperature deposition, suitable for heat-sensitive materials. Consequently, plasma printing technology has the potential for a wide range of applications in flexible electronics.

References:

1. Nassurlla M., Burtebayev N., Sadykov T.Kh. et. al., Chinese Physics C, 44 (10), (2020), 104103.
2. Sadykov B.M., Zholdybayev T.K., Burtebayev N., European Physical Journal A, 57 (4), (2021), 130.
3. Ussenov, Y.A., Toktamyssova, M.T., Dosbolayev, M.K. et. al., Contributions to Plasma Physics, 2021, 61(3), e202000140.

COMBINED STUDY OF LIPID BILAYERS BY RAMAN SPECTROSCOPY, NEUTRON SCATTERING AND MD SIMULATION: THE COMPETITIVE EFFECT OF CHOLESTEROL AND MELATONIN

Arynbek Ye.^{1,2,3}, Vorobyeva M.¹, Mamatkulov K.¹, Kucerka N.¹, Arzumanyan G.¹

¹Frank Lab of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

The changes of the structural properties of membrane - most likely underlying its functional modification, are known to be accompanied by the changes in membrane physico-chemical properties. The role of lipid membrane alternation in Alzheimer's disease has been proposed as a trigger mechanism of amyloid toxicity, thus the membrane-active molecules such as cholesterol and melatonin and their key role in lipid membrane properties is of great importance in understanding molecular mechanisms of membrane functioning.

In the present work, we have studied the impact of cholesterol and/or melatonin on the dynamical and static properties of DPPC phospholipid bilayers using spontaneous Raman spectroscopy, neutron scattering techniques (SANS) and molecular dynamics (MD) simulations. Raman spectroscopy is known to be a sensitive instrument for probing

conformational changes manifested in the Raman spectra of biological samples under certain conditions. Primary information regarding the bilayer thickness parameters was obtained from SANS experiments. Molecular dynamics (MD) simulation on the lipid membrane system was performed using the CHARMM-GUI, VMD, PyMOL and GROMACS packages. Figure 1 illustrates some key results of our studies.

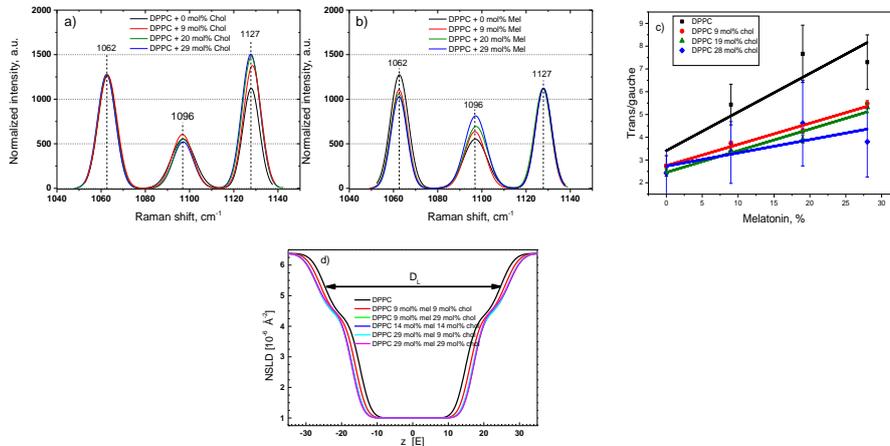


Figure 1 - Normalized Raman spectra of DPPC/cholesterol (a); DPPC/melatonin complexes at different concentrations (b); Values of trans/gauche relation calculated by MD simulation (c); Neutron Scattering Length Density profiles (NSLD) for DPPC based unilamellar vesicle samples dispersed in 100% D₂O (d)

The impact of cholesterol on the increase of the ratio of trans/gauche conformers, accompanied by thickness increase of DPPC bilayers, prompt us to conclude that the region of hydrocarbon chains has been a primary target of cholesterol interactions and its location. These interactions were observed to be modulated by the additional presence of melatonin, though on the studied concentration range it influenced almost solely the dynamics of hydrocarbon chains while has no impact on the bilayer static structure.

DISTRIBUTION OF RESIDUAL STRESSES IN REINFORCING STEEL BARS

Badmaarag A.^{1,2}, Sangaa D.¹, Sikolenko V.^{2,3}, Enkhtur L.⁴

¹Institute of Physics and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

²Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

³Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences, Karlsruhe, Germany

⁴National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

The residual stress distributions investigation on reinforcing steel bars (rebar) samples manufactured by a thermo-mechanical (Tempcore) process has been performed. In respect to the fatigue resistance it was aimed at to measure the longitudinal (axial) residual stresses. The stresses were assessed by deformation measurements during and after the slitting processes. Additional investigations of chemical composition, structural texture, hardness, density and strength were carried out. The main result was that contrary to the former assumption compression stresses exist in the inner cross-section part and tensile stresses near or even at the surface.

References:

- Osterminski K, Volkwein A, Meyer F, Weirich T, Keßler S, Gehlen C, Schießl P. Ermüdungsverhalten von Betonstahl unter Korrosionsbedingungen. Final report, DFG research project GE1773/3-1 & SCHI253/42-1 2013.
- Gehlen C, Osterminski K, Weirich T. High-cycle fatigue behaviour of reinforcing steel under the effect of ongoing corrosion. Struct Concrete 2016:329-37.
- Noville JF. TEMPCORE®, the most convenient process to produce low cost high strength rebars from 8 to 75 mm. METEC & 2nd ESTAD 2015, Duesseldorf Germany.
- Simon P, Economopoulos M, Nilles P. Tempcore – A new process for the production of high-quality reinforcing bars. Iron Steel Engineer 1984:53-7.

5. Rehm G, Russwurm D. Assessment of Concrete Reinforcing Bars made by Tempcore Process. *Betonwerk und Fertigteile-Technik* 1977;6:300–7.
6. Rehm G, Russwurm D. Assessment of concrete reinforcing bars made by the Tempcore process. *Metallurgical Report C.R.M.*, No. 51.1977;10:3–16.
7. Zheng H, Abel A. Residual stress effects on the fatigue properties of Tempcore reinforcing steel. *MAT–TEC* 1997, i.i.t.t.–International, Gournay sur Marne.
8. Zheng H, Abel A. Stress concentration and fatigue of profiled reinforcing steels. *Int. J. Fatigue* 1998;20(10):767–73.
9. Zheng H, Abel A. Fatigue properties of reinforcing steel produced by Tempcore process. *J Mater Civ Eng* 1999; 11(2):158–65.
10. Dieter Jr. GE. *Mechanical Metallurgy*. Toronto, London: McGraw–Hill Book Company New York; 1961.

ELECTROCHEMICAL SENSORS BASED ON TRACK-ETCHED MEMBRANES

Yeszhanov A.B.^{1,2}, Muslimova I.B.^{1,2}, Shakayeva A.Kh.¹, Korolkov I.V.^{1,2}, Zdorovets M.V.^{1,2}*

¹The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Ibragimov str., 1, Almaty 050032, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpaev str., 5, Nur-Sultan 010008, Kazakhstan

*E-mail: arman_e7@mail.ru

Monitoring ions of toxic metals, as well as uranium in the environment and food is important, since they can occur naturally and technologically in soil, water and air and harm human health. Their accumulation in the body can lead to various diseases. Various systems of the body, such as the nervous, reproductive, cardiovascular and renal, suffer from the effects of heavy metal ions. In this regard, the search for effective methods for the detection of heavy metal ions is an urgent task [1]. Analytical methods such as mass spectrometry and optical emission spectrometry, X-ray fluorescence spectroscopy, absorption spectroscopy and flame atomic absorption spectrometry are standard and certified methods for detecting heavy metal ions in microconcentrations. However, these methods are characterized by hardware complexity, high cost, and duration. At the same time, electrochemical analysis is portable, sensitive, easy to computerize and automate, which can be used for the analysis of heavy metals in trace amounts. Among the methods of electrochemical detection, one can single out the methods of polarography and square-wave and pulse voltammetry, which are distinguished by high sensitivity (10^{-9} - 10^{-12} M), selectivity and reproducibility. Mercury and bismuth electrodes are the best studied for stripping voltammetry, but these materials are toxic and difficult to use. In this regard, at present, a search is underway for new materials that would be able to replace mercury and bismuth electrodes [2].

Recently, there has been a growing interest in the use of ion-track membranes as a two-electrode sensor for the detection of certain heavy metal ions. Ion track membranes are characterized by a small thickness (5-24 microns), it is a light and flexible material with pores that have a narrow size distribution. It is possible to precisely control the pore size from 30-50 nm to 3-6 microns and the channel shape. Ion track membranes can be relatively easily modified with functional polymers and metallized with nanoparticles and nanotubes [3]. All these factors make them an attractive object for research in the field of stripping voltammetry. The obtained polyethylene terephthalate (PET) ion-track membranes (TeMs) will be modified for the first time by graft polymerization of acrylonitrile (AN) and glycidyl methacrylate (GMA). Then, polymer-analogous transformations of grafted polyacrylonitrile (PAN) and GMA on ion-track membranes will be carried out in order to create selective groups to the uranyl anion.

Figure 1 shows the dependences of various parameters on the degree of grafting: the concentration of monomers (20-40%), the ratio of monomers (90:10; 70:30; 50:50; 30:70; 10:90). With an increase in concentration, the degree of inoculation increases slightly, however, at 40%, the degree of inoculation begins to decrease. Different ratios of monomers also have little effect on the grafting degree. Thus, in Figure 1b it is shown that at a monomer ratio of 30:70, the value of the degree of grafting reaches its maximum value.

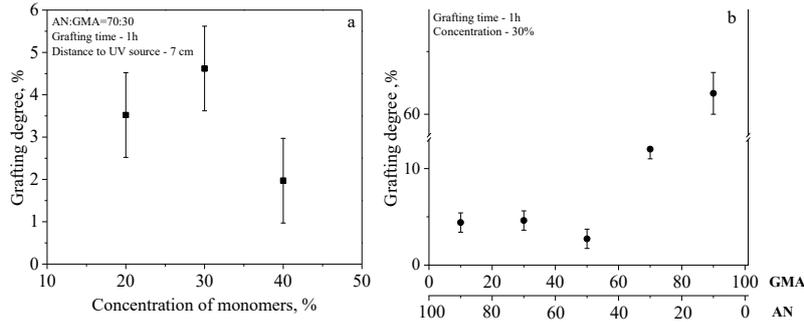


Figure 1 – Dependence of the degree of grafting of AN and GMA on the surface of PET TeMs at various concentrations (a) and monomer ratios (b)

This research has been funded by the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (BR09158958).

References:

1. P.A. Dimovasilis, M.I. Prodromidis, *Sensors Actuators, B Chem.* 156 (2011).
2. R. Brochin, S. Leone, D. Phillips, *Georg. Undergrad. J. Heal. Sci.* 5 (2008).
3. A. Kozlovskiy, I.Korolkov, *Springer Proc. Phys.* 221 (2019) 461–479.

INVESTIGATION OF RESIDUAL LATTICE STRAIN IN A POLYCRYSTALLINE SANDSTONE SAMPLE USING THE NEUTRON TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION

Badmaarag A.^{1,2}, *Sangaa D.*¹, *Sikolenko V.*^{2,3}, *Enkhtur L.*⁴

¹Institute of Physics and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

²Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

³Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences, Karlsruhe, Germany

⁴National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

In this work we investigated residual lattice strain of an polycrystalline sandstone sample. We used the neutron time-of-flight diffraction method. The residual lattice strain was detected on different sample directions, so that we turned the sample in steps of 30° by 180° around the cylindrical z axis. Using the Rietveld refinement of the diffraction pattern we determined the residual lattice strain at five different crystallographic lattice planes (10 $\bar{1}$ 0), (01 $\bar{1}$ 1), (11 $\bar{2}$ 0), (01 $\bar{1}$ 2), and (11 $\bar{2}$ 1). A tensional residual strain of $\mu\epsilon = 1.67$ to 201.5, and a compressional residual strain of $\mu\epsilon = -1.8$ to -182.5 has been detected. These different strains are arranged in the sample by a sinusoidal distribution in radial directions.

References:

1. Cunningham D. (2017), *Geosciences*.7(1), 2;[doi:10.3390/geosciences7010002].
2. Genyao W. (2013) *J. Palaeogeography*. 2(3), 306-317. [doi:10.3724/SP.J.1261.2013.00033].
3. Taran Y.V., Balagurov A. M., Sabirov B., Davydov V. and VenterA.(2014), *Materials Science Forum*.768-769, 697-704.
4. Scheffzük Ch., Müller B.I.R., Breuer S., Altangerel B. and Schilling F.R. (2016), *Mongolian Journal of Physics*. 2, 433-441.
5. Scheffzuek Ch., Hempel H., Frischbutter A., Walther K., and Schilling F. R.(2012) *J. Phys. Conf. Ser.* 340 012038 [doi:10.1088/1742-6596/340/1/012038].
6. Rietveld H.M., (1967), *Acta Cryst*.22.151.
7. Scheffzük Ch., Walther K. and Frischbutter A. (2014) *Materials Science Forum*.777, 136-141.
8. Badmaarag A., Scheffzük Ch., Sangaa D. (2016), *Mongolian Journal of Physics*. 2, 442-448.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE RADIATION RESISTANCE OF NITRIDE CERAMICS

Nashekina E.^{1,2}, Kozlovskiy A.L.^{1,2}

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

²The Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Nowadays, there is an acute question of increasing radiation and corrosion resistance to various types of ionizing radiation, as well as to the accumulation of gas inclusions in the structure of new generation nuclear reactors [1-3]. The main materials possessing the above properties have ceramic structural materials based on carbides, nitrides or borides. However, information on the radiation resistance of ceramic materials and their resistance to radiation exposure is relatively scarce, which opens up great opportunities for studying the resistance of this class of materials to ionizing radiation. As is known, in the case of irradiation with heavy ions, a large number of point defects arise in the structure of ceramics, most of which annihilate in a short time of the order of 10^{-15-13} sec. In this case, the surviving part of point defects is capable of introducing a certain disorder into the structure of the surface layer along the entire depth of the passage of ions in the material. Unlike heavy ions, irradiation with helium ions leads to the formation of helium inclusions, which are due to the low solubility of helium and high mobility, which leads to the formation of helium bubbles in the surface layer. In turn, the creation of additional defects upon exposure to heavy ions can significantly reduce the mobility of helium in the structure of the surface layer. The work shows the promise of using heavy ion irradiation with fluences of 1×10^{13} - 5×10^{13} ion/cm² to reduce helium swelling of aluminum nitride ceramics when irradiated with helium ions with 3×10^{17} ion/cm² fluences, which are characteristic for the formation of helium bubbles.

References:

1. Grimes, Robin W., Rudy JM Konings, and Lyndon Edwards. "Greater tolerance for nuclear materials." *Nature materials* 7.9 (2008): 683-685.
2. Muthuraman, M., N. Arul Dhas, and K. C. Patil. "Combustion synthesis of oxide materials for nuclear waste immobilization." *Bulletin of materials science* 17.6 (1994): 977-987.
3. Xiao, Xiazhi, and Long Yu. "Nano-indentation of ion-irradiated nuclear structural materials: A review." *Nuclear Materials and Energy* (2019): 100721.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MG DOPING ON THE PROPERTIES OF ZrO₂ CERAMICS

Tleubay I., Kozlovskiy A.L.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010008, Astana, Kazakhstan

The Institute of Nuclear Physics, 050032, Almaty, Kazakhstan

The work is devoted to studying the effect of doping with magnesium on the electrical and structural properties of ferroelectric ceramics Zr_{1-x}Mg_xO₂. The magnesium concentration ranged from $x = 0.01$ to $x = 0.1$. The main problem of Zr-based ceramics is the restructuring of the crystal lattice structure, leading to accelerated wear of the material.

The solution to the problem is to synthesize the material with the smallest scale structure with high uniformity, minimal porosity and with well-formed intergranular boundaries. It was found that an increase in magnesium during the synthesis leads to an increase in anticorrosion properties and a decrease in the dispersion of the particles of the composition. Advances in the technology for producing nanosized powder materials with a low degree of dispersion have made it possible to increase the specific conductivity of zirconium dioxide by several orders of magnitude. The considered method for producing zirconium oxide nanoparticles is based on solid-phase synthesis methods: mechanical mixing with simultaneous grinding of reagents with subsequent heat treatment. Zirconium oxide nanopowders are in demand products for obtaining finely dispersed ceramics with a wide range of applications: prosthetics (joints, dentures), environmental catalysts, SOFC, structural ceramics. Interest in this type of ceramics is explained by its ferroelectric properties, resistance to external influences. allows you to use it as solid electrolytes for operation at high temperatures. The synthesis of ceramics based on zirconium oxide with different dopant contents in the structure was carried out by mechanical grinding of the reagents in a mortar and sequential sintering in a furnace.

MEMBRANE DISTILLATION OF PESTICIDE SOLUTIONS

Yeszhanov A.B.^{1,2*}, Korolkov I.V.^{1,2}, Guven O.³, Dosmagambetova S.S.², Zdorovets M.V.^{1,2}

¹The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Ibragimov str., 1, Almaty 050032, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpaev str., 5, Nur-Sultan 010008, Kazakhstan

³Hacettepe University, Ankara, Turkey

*E-mail: arman_e7@mail.ru

At the current level of agricultural development using intensive technologies, the role of pesticides is growing significantly. The widespread use of pesticides leads to environmental pollution and negatively affects human health. Pesticides adversely affect the environmental, surface and groundwater intended for consumption. Daily use of pesticide-infected water lead to increase the risk of disease of central nervous system, reproductive system, and cardiovascular system [1]. Nowadays, various methods for treating pesticides from wastewater, such as coagulation, chemical oxidation, carbon adsorption, ozonation process are known. Membrane technologies are also effective methods for water treatment which are widely used in industry. Nano- and ultrafiltration processes, as well as reverse osmosis have found their application in the treatment of drinking water from pesticides. Recently, a promising method of membrane distillation (MD) is being studied as a water treatment from pesticides [2].

Various types of polymers, for instance, polytetrafluoroethylene (PTFE), polyamide (PA), polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET) and other can be used in MD. In recent years, there has been a significant amount of interest for use of track-etched membranes (TeMs) in MD. Nowadays, various types of polymers are known, intended as a material for TeMs. PET films have high thermal and chemical resistance, transparency, high-tensile strength [3]. At the same time, for the application MD process, PET based membranes require a significant expansion of its hydrophobic characteristics. In this paper, UV-induced graft polymerization of triethoxyvinylsilane (TEVS) with addition of N-vinylimidazole (VIM) and covalent binding of perfluorododecyltrichlorosilane (PFDTs) were used to increase hydrophobic properties of the surface and inner pore walls of PET TeMs. Hydrophobized PET TeMs membranes were tested to decontaminate water from pesticides (carbendazim) with concentrations of 5, 10, 20 mg/l by MD. The average water flux at these concentrations of carbendazim for PET TeMs-PFDTs was 214 g/m²·h, 142.85 g/m²·h and 119 g/m²·h respectively. It was found that the concentration of carbendazim measured by UV spectroscopy in all selected samples was below the detection limit (100 µg/l).

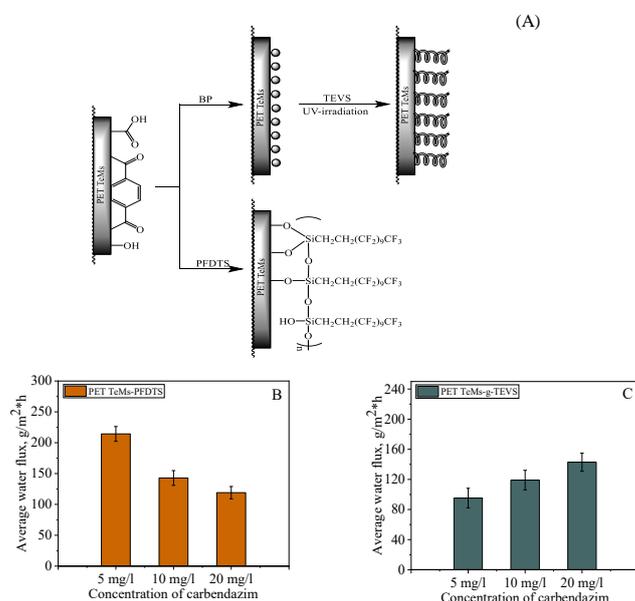


Figure 1 – Scheme of surface modification of PET TeMs (a), characteristics of the pristine and modified PET TeMs (b), water flux for modified PET TeMs-PFDTs (c) and PET TeMs-g-TEVS (d) of pesticide solution (carbendazim) with different concentrations

References:

1. T. Nasrabadi, G.N. Bidhendi, Environ. Earth Sci. 63 (2011).
2. L. Alletto, Y. Coquet, Agron. Sustain. Dev. 30 (2010).
3. I.Korolkov, A.Yeszhanov, Mater. Chem. Phys. 205 (2018).

MONOSILANE (SiH₄) PLASMA KINETICS GENERATED BY E-BEAM AND ELECTRONS' ENERGY DISTRIBUTION IMPACT ON SILICON CHEMICAL VAPOR DEPOSITION

Kunakov S.K.¹, Imash A.A.²

¹al Farabi Kazakh National State University, Department of Nuclear and Theoretical Physics, Kazakhstan, Almaty

²Satbayev University, Engineering physics, Kazakhstan, Almaty

Monosilanium SiH₄ chemical kinetics directly depends on the electrons' energy distribution as well as from the initial electrons cloud formation by external source of ionization. In the present paper electrons' energy, distribution calculated from Monte Carlo technique coupled with chemical kinetics. Time dependent species densities are ruling the formation of electric currents and break down conditions as well as the rate of the silicon deposition substrate. The proposed statistical calculations validated by correspondent Boltzmann equation solutions present drastically different picture of chemical kinetics evolution compared with that depicted by Maxwell distribution. The electrons transport coefficients are also evaluated in strong electric fields and analyzed with the accent on the rate of useful chemical reactions controlled and managed by external forces.

Plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) was widely used in several technological devices among which the first one is the most detailed primary reactions in SiH₄:H₂ plasmas are presented and described. The formation of chemical bonds and their chemical properties are also described in. Chemical reactions usually choose the way to the equilibrium state resulting in output components and the most undesirable form. It should be pointed out that the unimolecular decomposition of SiH₄ is accompanied by ions and excited states formation. However, the plasma phase within which the ions and excited states like SiH₄⁺, H⁺, H^{*}, H₂^{*} were not taken into consideration. In the research the electron-molecule collisions, cluster growth kinetics in dusty in low-pressure SH₄ plasma analyzed.

A series of works were undertaken to analyze the chemical kinetics in (SiH₄+H₂), mixtures by the Monte Carlo technique. Homogeneous pyrolysis of silane and detailed research up to 5 eV of SiH₄ was theoretically studied decomposition of SiH₄.

Main conclusions:

- The time dependent solution of Boltzmann kinetic equation solution for electrons function of energy distribution was obtained.
- Monte Carlo technique applied to the simulation of the electrons energy spectra evolution to the Maxwellian one was developed
- Relaxation of electrons energy spectra to the local Maxwellian distribution demonstrates wave like nature
- Chemical kinetics shows drastic dependence of ions formation from the time dependent electrons energy spectra in PECVD technology for (SiH₄: H₂), plasma.

NANO- AND MICRO- SCALE PHONON HEAT TRANSPORT IN SWIFT HEAVY ION IRRADIATED INSULATORS

Utegulov Z.N.¹, Abdullaev A.¹, Koshkinbayeva A.¹, Chauhan V.², Wang Y.², Muminov B.¹, Nurekeyev Z.¹, O'Connell J.³, van Vuuren A.J.³, Khafizov M.², Skuratov V.⁴

¹Department of Physics, School of Sciences and Humanities, Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

²Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Ohio State University, Columbus, OH, USA
Centre for HRTEM, Nelson Mandela University, Port Elizabeth, South Africa

⁴Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

E-mail: zhutegulov@nu.edu.kz

We present our latest results on phonon-mediated thermal transport in swift heavy ion (SHI) irradiated insulating single *metal oxide* crystals: sapphire (Al₂O₃) [1-3], yttrium aluminum garnet- Y₃Al₅O₁₂ (YAG) [2], zinc oxide (ZnO) [2], magnesium oxide (MgO) [2] irradiated by 167 MeV Xe ions at 10¹² – 10¹⁴ ions/cm² fluences and *alkali halide* (LiF) irradiated by 710 MeV Bi ions at 10¹⁰ - 10¹⁴ ions/cm² [4]. Depth profiling of cross-plane thermal conductivity was examined across nanometer and micrometer depth scales, by femtosecond laser-based time-domain thermoreflectance (TDTR) and continuum laser wave-based modulated thermoreflectance (MTR) methods, respectively.

In *sapphire*, using TDTR [1], we were able to probe nanoscale nonhomogeneous damage profile by distinguishing two structural regions resulting from different regimes of microstructure evolution caused by *electronic energy loss* as a function of ion fluence. By tuning the penetration depth of the thermal waves using different laser modulation frequencies, these two regions with distinct conductivities were determined to be a several micrometer thick ion track region and several tens of nanometer-thick amorphous layer present only above 5.0×10^{13} ions/cm². Anisotropic thermal transport behavior [3] was investigated in *sapphire* patterned by vertically aligned few-nanometer diameter and several micrometer long cylindrical latent ion tracks formed by SHIs. In the low ion-track density regime, cross-plane thermal conductivity is larger, whereas in the high track density regime, the trend reverses and in-plane conductivity becomes larger. The crossover between these regimes is attributed to the interplay between phonon scattering with ion track boundaries and phonon confinement effects. In the low track density regime, the material is described by bulk phonon dispersion and anisotropy in thermal transport is attributed to the aligned nature of tracks that effectively reduce the mean free path of phonons traveling in the in-plane direction more than in the cross-plane direction. In the high-density regime, larger conductivity reduction in the cross-plane direction is consistent with previous observations, where the anisotropic reduction in thermal conductivity is owed to the anisotropic reduction of acoustic velocity caused by phonon confinement.

Comparative nano- and micro-scale *thermal depth profiling* [2] in such *metal oxides* such as sapphire, YAG, MgO and ZnO revealed that thermal conductivity degradation in SHI irradiated YAG and Al₂O₃ is attributed to formation of ion tracks and subsequent amorphization, while in ZnO and MgO it is mostly due to point defects. Additionally, notably lower conductivity when probed by very low penetrating waves is consistent with hillock formation. An analytical model based on Klemens-Callaway method for thermal conductivity coupled with a simplified microstructure evolution capturing saturation in defect generation was used to obtain depth dependent damage across the ion impacted region. The study demonstrated that YAG (MgO) has the highest (lowest) damage profile resulting in weak (strong) dependence of thermal conductivity with the depth.

The proliferation of SHI-induced structural defects (color centers) in *alkali halides*, such as LiF [4], was qualified and quantified by optical absorption and photoluminescence spectroscopies. Klemens thermal model was applied to correlate the concentrations of color center defects to thermal conductivity reduction in irradiated LiF crystals. From estimated densities of various defects, the color centers contribution to phonon scattering is highest at fluences up to 6×10^{11} cm⁻². Further degradation of the thermal conductivity was ascribed to increasing impact of extended defects such as dislocations and ion tracks.

The presented advanced laser-based approach facilitates future studies aiming at resolving the impact of distinct damage resulting from electronic and nuclear stopping regimes under irradiation across nano- and micro-subsurface scales in insulators. Our work sheds new light on how SHI induced defects affect thermal transport degradation and recovery of oxide ceramics as promising candidates for next generation nuclear reactor applications.

References:

1. A. Abdullaev, V. S. Chauhan, B. Muminov, J. O'Connell, V. A. Skuratov, M. Khafizov, Z. N. Utegulov // J. Appl. Phys. 2020. V.127. P.035108 (2020).
2. A. Abdullaev, A. Koshkinbayeva, V. Chauhan, Z. Nurekeyev, J. O'Connell, A. J. van Vuuren, V. Skuratov, M. Khafizov, Zhandos N. Utegulov // J. Nucl. Mat. 2021. *in press*.
3. V. S. Chauhan, A. Abdullaev, Z. Utegulov, J. O'Connell, V. Skuratov, M. Khafizov // AIP Advances. 2020. V.10. P.015304.
4. A. Koshkinbayeva, A. Abdullaev, Z. Nurekeyev, V. A. Skuratov, Y. Wang, M. Khafizov, Z. N. Utegulov // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B: Beam Inter. Mat. Atoms. 2020. V.475. P.14.

NANOSCALE PHASE SEPARATION AND SUPPRESSION OF SUPERCONDUCTIVITY OF HIGH-T_c CUPRATES

Dzhumanov S., Kurbanov U.T.

Institute of Nuclear Physics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, 100214, Uzbekistan
(E-mail: dzhumanov@inp.uz, ukurbanov@inp.uz)

The mechanisms of metal-insulator transitions and related nanoscale phase separation, and subsequent evolution of insulating and metallic/superconducting phases in underdoped high-T_c cuprates have not yet been completely clarified, because these materials in the intermediate doping regime exhibit the unusual insulating, metallic, and superconducting states [1-4]. The lightly doped, underdoped, and optimally doped cuprates share the most intriguing insulating, metallic and superconducting properties, which can not be understood in terms of the existing theories of insulators, metals, and

superconductors. There are also indications for the coexistence of insulating and metallic/superconducting phases in high- T_c cuprates [5-7] and for the manifestations of these coexisting phases in the normal and superconducting properties of underdoped and optimally doped cuprates [7,8]. Despite the considerable theoretical effort [9,10], our understanding of the unusual behaviors of the underdoped and optimally doped cuprates both in the normal state (above the superconducting transition temperature T_c) and in the superconducting state is still far from the satisfactory. The main problem is that the insulating and metallic/superconducting properties of these materials depend on the nature and types of charge carriers introduced by the doping, which have especially been the subject of controversy, being attributed either to some hypothetical quasiparticles (e.g., holons and quasifree electrons or holes) [2,11] or self-trapped quasiparticles (large and small polarons) [3,12].

In this work, we study the mechanisms of the metal-insulator transitions, nanoscale phase separation, and subsequent evolution of coexisting insulating and metallic/superconducting phases in hole-doped cuprates. We will clarify how these interrelated phenomena in La - and Y -based cuprates can occur in a wide doping range from lightly to optimally doped regime. We will examine thoroughly the possible effects of nanoscale phase separation and evolution of coexisting insulating and metallic/superconducting phases on high- T_c superconductivity in underdoped and optimally doped cuprates. In so doing, we will show that the nanoscale phase separation and effects of coexisting insulating and metallic/superconducting phases manifest themselves in the doping-dependent electronic properties of underdoped cuprates, in the suppression of their superconductivity.

References:

1. M. Imada, A. Fujimori, Y. Tokura. Metal-insulator transitions. *Rev. Mod. Phys.* 70, 1039 (1998).
2. P.A. Lee, N. Nagaosa, X.-G. Wen. Doping a Mott insulator: Physics of high-temperature superconductivity. *Rev. Mod. Phys.* 78, 17 (2006).
3. S. Dzhumanov. *Theory of Conventional and Unconventional Superconductivity in the High- T_c Cuprates and Other Systems* (Nova Science Publishers, 2013).
4. S. Dzhumanov. The dependence of T_c on carrier concentration in high- T_c superconductors. *Superlatt. Micros.* 21, 363 (1997).
5. A. Ino, C. Kim, M. Nakamura, T. Yoshida, T. Mizokawa, Z.-X. Shen, A. Fujimori, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida. Electronic structure of $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ in the vicinity of the superconductor-insulator transition. *Phys. Rev. B* 62, 4137 (2000).
6. N.V. Anshukova, A.I. Golovashkin, L.I. Ivanova, A.P. Rusakov. The effect of superstructural ordering on the properties of high-temperature oxide superconductor systems. *J. Exp. Theor. Phys* 96, 1045 (2003).
7. S.I. Vedenev. High-temperature superconductors in high and ultrahigh magnetic fields. *Phys. Usp.* 55, 625 (2012).
8. S. Ono, Yoichi Ando, T. Murayama, F.F. Balakirev, J.B. Betts, G.S. Boebinger. Metal-to-insulator crossover in the low-temperature normal state of $Bi_2Sr_{2-x}La_xCuO_{6+\delta}$. *Phys. Rev. Lett.* 85, 638 (2000).
9. S. Dzhumanov, O.K. Ganiev, Sh.S. Djumanov. Pseudogap formation and unusual quasiparticle tunneling in cuprate superconductors: Polaronic and multiple-gap effects on the tunneling spectra. *Phys. B* 427, 22 (2013).
10. B. Sacepe, T. Dubouchet, C. Chapelier, M. Sanquer, M. Ovsadia, D. Shahar, M. Feigel'man, L. Ioffe. Localization of preformed Cooper pairs in disordered superconductors. *Nat. Phys.* 7, 239 (2011).
11. B.K. Chakraverty, A. Avignon, D. Feinberg. Understanding high temperature superconducting oxides. *J. Less-Common Metals* 150, 11 (1989).
12. D. Emin, M.S. Hillery. Formation of a large singlet bipolaron: Application to high-temperature bipolaronic superconductivity. *Phys. Rev. B* 39, 6575 (1989).

PHOTOLUMINESCENCE OF $MgAl_2O_4$ IRRADIATED WITH HIGH ENERGY HEAVY IONS

Mamatova M.^{1,2}, Skuratov V.A.^{2,3}, Olejniczak A.^{2,4}, Dauletbekova A.K.¹, Giniyatova S.G.¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev Str., Nur-Sultan, Kazakhstan

²Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, 6 Joliot-Curie Str., Dubna, Russia

³National Research Nuclear University MEPhI, 31 Kashirskoe shosse, Moscow, Russia

⁴Faculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University, 7 Gagarina Str., Torun, Poland

Radiation-resistant optical components, such as radio-frequency and diagnostics windows are an important integral part of nuclear fusion reactors. Among many dielectrics, $MgAl_2O_4$ is known for its transparency in a wide spectral range, thermal stability and high radiation tolerance [1]. At present, most of experimental studies about radiation defects in spinel were received using high-energy electrons, neutrons and low energy ions [2 – 4], contrary to data for swift heavy ions. The aim of this work is to study radiation defects in $MgAl_2O_4$ irradiated with high energy heavy ions using picosecond pulse photoluminescence.

2. MATERIALS SCIENCE AND RADIATION SOLID STATE PHYSICS

Spinel samples were irradiated with 710 MeV Bi, 167 MeV Xe, 107 MeV Kr and 46 MeV Ar ions up to the fluence $2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ at IC-100 and U-400 cyclotrons in Flerov Laboratory of Nuclear Reactions JINR (Dubna, Russia). The photoluminescence spectra excited by picosecond laser source (wavelength 445 nm, pulse duration FWHM $< 80 \text{ ps}$) have been measured at room temperature using the confocal microscope Integra Spectra, NT-MDT. It was shown that the PL spectra from intact (unirradiated) MgAl_2O_4 contain sharp lines with a maximum at 1.8 eV related to emission of Cr^{3+} ions and a band at 2.35 eV, which is assigned to Mn^{2+} ions emission. As a result of irradiation with high energy Kr ions, a broad emission band appears at 1.7 – 2.5 eV (500 – 750 nm), which indicates the radiation origin of the corresponding luminescence centers. The luminescence intensity increases with the fluence of ions, while the emissions of Cr^{3+} and Mn^{2+} impurities completely disappears for these samples. Similar bands were observed in the PL spectra of MgAl_2O_4 irradiated with Bi, Ar and Xe ions. It was found that radiative lifetimes equal 8 ns, 8.9 ns, 12.3 ns and 13.7 ns for the emission wavelength 500 nm, 520 nm, 620 nm and 650 nm, respectively. Further studies of the pulse photoluminescence of spinel are suggested for better understanding the nature of this emission.

References:

1. S.S. Raj, S.K. Gupta, V. Grover, K.P. Muthe, V. Natarajan, A.K. Tyagi. MgAl_2O_4 spinel: Synthesis, carbon incorporation and defect-induced luminescence. *Journal of Molecular Structure* 2015; 1089: 81-85.
2. S.P. Gokov, V.T. Gritsyna, V.I. Kasilov, S.S. Kochetov, Yu.G. Kazarinov. Efficiency of defects formation in spinel under high energy electron and gamma beam irradiation. *Вопросы атомной науки и техники* 2009; 41 (49): 81-84.
3. A. Lushchik, E. Feldbach, E.A. Kotomin, I. Kudryavtseva, V.N. Kuzovkov, A.I. Popov, V. Seeman, E. Shablonin. Distinctive features of diffusion-controlled radiation defect recombination in stoichiometric magnesium aluminate spinel single crystals and transparent polycrystalline ceramics. *Scientific reports, nature search* 2020; 10: 1-9.
4. E. Feldbach, I. Kudryavtseva, K. Mizohata, G. Preditis, J. Raisanen, E. Shablonin, A. Lushchik. Optical characteristics of virgin and proton-irradiated ceramics of magnesium aluminate spinel. *Optical Materials* 2019; 96: 1-7.

RADIOTHERMOLUMINESCENCE OF γ -IRRADIATED NANOCOMPOSITES

Kuliev M.M., Ismayilova R.S.

Institute of Radiation Problems of ANAS

It is well known that thanks to processing of composite materials by ionizing radiation new possibilities appear in this direction. On the other hand, the stability of the electroactive properties of polymer composites is determined both by relaxation processes that occur during heating of the sample and are associated with molecular mobility, as well as by including the movement of individual large and small kinetic units of polymers. In this regard, it is interesting and important from both a theoretical and a practical point of view to study the effect of polar organic and inorganic additives on relaxation processes and the electroactive properties of composites.

It is known that the stability of the electroactive properties of materials is determined by relaxation processes in them. From this point of view, the study of the effect of additives of organic and inorganic nature on the electroactive properties of polymers is an important issue in modern materials science. One of the methods for studying relaxation processes is the method of radiothermoluminescence (RTL). Therefore, the presented work presents the results of studying the RTL of γ -irradiated nanocomposite materials ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) / α - SiO_2 . Samples in the form of films $180 \pm 10 \mu\text{m}$ thick were obtained by hot pressing (at a pressure of 15 MPa for 5 minutes and at a temperature of 190°C). Irradiation was carried out with ^{60}Co γ - radiation on a PXM- γ -20M installation at liquid nitrogen temperature. The dose rate was $3.3 \times 10^{-3} \text{ Gy / h}$. The absorbed dose is $1 \cdot 10^4 \text{ Gy}$. Irradiation has been performed by the γ -radiation of ^{60}Co on the RXM- γ -20M equipment at the liquid nitrogen temperature. The dose rate was $3,3 \cdot 10^{-3} \text{ Gr/h}$. Absorbed dose was $1 \cdot 10^4 \text{ Gr}$. RTL spectra have been prepared by the use of the equipment TLG-69M. The method is described in velocity in the temperature range from 100 to 300 K. As usually, the reproducibility of the positions of the RTL maxima was 2-3 degrees. Luminosity of the sample was registered in the range 300...820 nm by the use of photomultiplier FEU-51 and signal was recorded to the line of the electronic line recorder TZ-4620. Sample temperature was registered by the use of thermocouple.

On the RTL spectra of pure UHMWPE and a nanocomposite with a volume content of 1% α - SiO_2 , two maxima are observed at temperatures (116 and 110K) and (205 and 203K), respectively, and an inflection after a low temperature maximum. We believe that these maxima (γ - and β - relaxation) are due to the recombination of trapped electrons with positive ions. The glass transition process (β -process) of UHMWPE is caused by the segmental mobility of CH_2 groups in the amorphous phase.

The introduction of nanosized α -SiO₂ into UHMWPE leads to the following changes in the RTL curves: an increase in the concentration of α -SiO₂ to 5 vol% practically does not affect the luminous intensity of the low-temperature region and does not change the position of the maximum of the high-temperature peak (except for UHMWPE -3 vol% α -SiO₂). For UHMWPE + 3% α -SiO₂ samples, this maximum is observed at 212 K, i.e. shifts towards high temperatures by 8°C. Such a shift can be associated with an increase in the number of overstressed chemical bonds, as well as with an increase in the decrease in the segmental mobility of macromolecules near the solid surface of the filler particles. The kink observed after the low-temperature peak in the case of composites with α -SiO₂ concentrations of 3 and 5 vol% disappears and a doublet is observed in these samples, the nature of which is not yet clear. To clarify the nature of this doublet, a series of model experiments is required.

With increase of the volume content of the nano-filler and as a consequence of UHMWPE polymer rate located in border layers, molecular mobility of the polymer chains and their kinetical units responsible for the RTL formation will decrease. This causes a shift in the low-temperature peak of the luminosity. Shift of the glassing peaks towards high temperature region at higher content of the filler is connected with the increase of the number of the overvoltage chemical bonds as well as with the strength of the processes of the decrease of the segmental mobility of the macromolecules around the solid surface of the nanofiller

An increase in the concentration of the filler α -SiO₂ in UHMWPE from 0 to 3 vol% leads to an increase in the intensity of the β - maximum, and at a concentration of 5 vol% the amplitude of the maximum remains almost unchanged. It is known that most of the electrons responsible for the luminescence of the irradiated composite are released during the destruction of trap cavities. It turns out that up to about 3% of the α -SiO₂ content, the number of traps for electrons grows, and then their saturation occurs.

Thus, it was found that changes in the molecular structure of UHMWPE by the introduction of nanoscale α -SiO₂ and γ -radiation into it manifest themselves in the RTL spectra, the temperature and intensity (amplitude) of the β -maximum can be used as diagnostic parameters for changing the segmental mobility of the nanocomposite matrix.

REAL AND PECULIAR ISOTOPE EFFECTS ON THE CRITICAL TEMPERATURE OF THE SUPERCONDUCTING TRANSITION IN HIGH- T_c CUPRATES

Dzhumanov Sh., Malikov Sh.R., Djumanov Sh.S.

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

High- T_c cuprates are unconventional superconductors, since they exhibit unusual superconducting properties, which cannot be understood within the Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) theory of superconductivity [1] or within the other theories based on the different BCS-like models (including also the combined Hubbard-and BCS-like models) of Fermi-liquid superconductivity (see Refs.[2-4]). One of the important properties of conventional BCS superconductors and unconventional non-BCS superconductors is the dependence of the superconducting transition temperature T_c on the isotope mass M of the atoms in these materials. In weak-coupling BCS superconductors, T_c dependence on the Debye temperature (which is proportional to $M^{-1/2}$), and on the electron-phonon coupling constant (weakly depending on M) and therefore, T_c varies as $M^{-\alpha}$, where α is the isotope-effect exponent equal to 0.5. For these superconductors, the isotope effect on T_c was discovered well before the BCS theory and the measured value of α was actually closer to 0.5. Such an isotope effect on T_c was not found in high- T_c cuprates. The well-established experimental data for isotope effects on T_c in these materials provided strong evidence that the high- T_c cuprate superconductors exhibit strongly reduced and most interestingly, sing reversed isotope effects on T_c and rather different values of the oxygen isotope-effect exponent α_o varying from the negative value $\alpha_o = -0.013$ [5] to the positive value $\alpha_o = 0.16$ [6]. The origin of such anomalous isotope effects on T_c are still poorly understood since many competing theories proposed for explaining the observed values of T_c and α_o in high- T_c cuprates are based on the above-mentioned BCS-like models of Fermi-liquid superconductivity. But the applicability of these theories can be justified only for overdoped cuprates with large enough Fermi surfaces. In these systems Cooper pairs behave like fermions. While the underdoped and optimally doped cuprates might be in the bosonic limit of Cooper pairs and in the regime of Bose-liquid superconductivity [7-10].

In this work we show that the essential features of the observed unusual isotope effects on T_c in high- T_c cuprates can be explained naturally within a mean-field theory of Bose-liquid superconductivity [11]. We argue that the polaronic effects and Bose-liquid superconductivity give rise to the novel and peculiar isotope effects on T_c observed in various high- T_c cuprates, since the mass of large polarons and the optical phonon energy entering into the expressions for the renormalized Bose-Einstein condensation temperature T_{BEC}^* and the T_c defined as the true superfluid condensation

temperature of bosonic Cooper pairs could be the origins of such isotope effects on T_c . Our calculation results for T_c and α_0 show that the real and peculiar isotope effects on T_c in these high- T_c materials are strongly suppressed and weak in full accordance with various well performed experiments.

References:

1. J. Bardeen, L.N. Cooper, J.R. Schrieffer, Phys. Rev. 108, 1175 (1957).
2. X.-Y. Su, J. Shen, L.-Y. Zhang, Phys. Lett. A143, 489 (1990).
3. P.A. Lee, N. Nagaosa, X.-G. Wen, Rev. Mod. Phys. 78, 17 (2006).
4. V.Z. Kresin, S.A. Wolf, Rev. Mod. Phys. 81, 481 (2009).
5. H.J. Bornermann, D.E. Morris, H.B. Liu, Physica C182, 132 (1991).
6. K.A. Müller, Z. Phys. B80, 193 (1990).
7. S. Andergassen et al. Phys. Rev. Lett. 87, 056401 (2001).
8. Yu.V. Kopaev et al., Physica C460-462, 261 (2007).
9. R. Zeyher, A. Greco, Phys. Rev. B80, 064519 (2009).
10. S. Dzhumanov et al., Phys. Lett. A380, 2173 (2016).
11. S. Dzhumanov, Physica A517, 197 (2019).

REMOVAL EFFICIENCY OF VARIOUS CLASSES OF TOXIC CONTAMINANTS BY COMPOSITE TRACK-ETCHED MEMBRANES WITH DEPOSITED COPPER MICROTUBES

Altynbaeva L.Sh.^{1,2}, Nurmakhan A.E.¹, Mendibaeva A.Zh.¹, Mashentseva A.A.¹, Aimanova N.A.^{1,2}

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

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: lilija310378@gmail.com

The effective treatment of contaminated water from toxic pollutants is an urgent and relevant problem. Currently available water treatment technologies, such as adsorption or coagulation, only concentrate the pollutants or convert them to other phases, but contaminants still remain and are not completely “destroyed” [1]. Other traditional methods of water purification, such as sedimentation, filtration, chemical and membrane technologies, are associated with high operating costs and can generate toxic secondary pollutants in the ecosystem [2]. The most common and widely used disinfection process is chlorination, but the by-products of chlorine-based disinfection are mutagenic and carcinogenic to human health [3]. To date, many papers have dealt with the reaction of liquid-phase hydrogenation of aromatic nitro compounds and photocatalytic dyes degradation on by using nanoscale heterogeneous catalysts [4,5]. Composite TeMs with deposited NTs of copper subgroup metals have also been successfully tested as catalysts for 4-NP reduction reaction in our previous studies [6,7].

We suggest simple electroless template synthesis approach that doesn't required complicated equipment and expensive chemicals for nanotubes deposition and nanoparticles synthesis and an eco-friendly reducing agents could be applied (DMAB, ascorbic and glyoxilic acids et al).

In this study a catalytic ability of composite track-etched membranes (CTeMs) with embedded copper microtubes were examined. Removal of the next toxic pollutants such as p-nitrophenol, potassium ferrocyanide (III), Cr (VI) ions as well as carbendazim fungicide was studied using UV-Vis spectroscopy in bath mode.

Main kinetic and thermodynamic parameters were determined for all studied reactions. Effect of reducing agent (on the synthesis stage) on the CTeMs catalysts effectiveness was discussed.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under project AP08855527.

References:

1. M. N. Chong, B. Jin, C. W. K. Chow, and C. Saint, Water Res. 44, 2997 (2010).
2. U. I. Gaya and A. H. Abdullah, J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev. 9, 1 (2008).
3. J. Lu, T. Zhang, J. Ma, and Z. Chen, J. Hazard. Mater. 162, 140 (2009).
4. R. Sedghi, M. M. Heravi, S. Asadi, N. Nazari, and M. R. Nabid, Curr. Org. Chem. 20, 696 (2016).
5. K. Zhang, J. M. Suh, J.-W. Choi, H. W. Jang, M. Shokouhimehr, and R. S. Varma, ACS Omega 4, 483 (2019).
6. A. A. Mashentseva and M. V Zdorovets, Pet. Chem. 59, 552 (2019).
7. A. A. Mashentseva, D. I. Shlimas, A. L. Kozlovskiy, M. V Zdorovets, A. V Russakova, M. Kassymzhanov, and A. N. Borisenko, Catalysts 9, 737 (2019).

SOLVING MAJOR CHALLENGES FOR ADVANCED REACTORS: COUPLED EFFECTS AND RADIATION DAMAGE MEASUREMENT

Short M.¹, Connick R.¹, Dacus B.¹, Hirst Ch.¹, Zheng G.¹, Zhou W.¹, Cao P.², Hattar K.³, Buller D.³, Middlemas S.⁴, Bachav M.⁴, Kombibah B.⁴, Yang Y.⁵, Minor A.⁵

¹MIT, USA

²U. California Irvine, USA

³Sandia National Laboratory, USA

⁴Idaho National Laboratory, USA

⁵U. California Berkeley, USA

Advanced fission and fusion reactors are absolutely necessary to combat climate change in our lifetime. Their performance hinges upon the continued health of their materials, and because few have ever been constructed, few data exist which predict how structural materials will behave in these advanced reactors. In this talk, recent work will be presented regarding three major topics, which represent key findings and capabilities for advanced reactors. (1) The coupled effects of radiation and corrosion in molten salt and liquid lead, where we observe radiation *decelerated* corrosion in some cases, and (2) The direct measurement of radiation damage via Wigner energy, in which defect reactions reveal a sixth stage of radiation damage recovery previously unknown from resistivity measurements. (3) In situ monitoring of structural material health during irradiation to 100 DPA using picosecond ultrasonic spectroscopy, where changes in surface acoustic waves indicate the onset of radiation void swelling. These new findings and capabilities help us to derisk advanced reactor designs, making their safe operation more certain and predictable.

STRUCTURAL-PHASE STATE OF MULTILAYER CO-CR-AL-Y COATINGS

Zhilkashinova As.M.¹, Skakov M.K.², Gradoboyev A.V.³, Zhilkashinova Al.M.¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²National Nuclear Center, Kurchatov, Kazakhstan

³National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

It is known the search for new high-temperature coatings is associated first of all with the optimization of the chemical composition of new compositions with the development and mastering of new technological processes, as well as with the use of newly created coatings [1]. The basic system of heat-resistant coatings is Me-Cr-Al where Fe, Co, Ni, etc. can act as Me [2].

In the present work technological modes have been developed and a method for applying a coating of the Co-Cr-Al-Y composition with a controlled concentration of constituent elements has been studied. To obtain multilayer Co-Cr-Al-Y coatings a magnetron system with dual magnetrons with a pulse frequency of 40 kHz and a duty cycle of 0.5 was used.

The main limiting factor was that cobalt being a ferromagnetic closes the lines of the magnetic system of the magnetron transferring it to the diode mode of operation, which makes it impossible to use a disk cobalt target. To solve this problem it was used a composite target.

In the erosion zone of the aluminum disk (matrix), discs of metals were inserted, the amount (cobalt - 6 pcs. And yttrium - 1 pcs.) and the diameter of which was chosen in proportion to the coefficient of sputtering of this element and its required concentration in the final coating. As a result of the partial closure of the magnetic lines of the magnetron the discharge did switches into the diode mode which made it possible to control the power density on the target and control the composition of the resulting final coating.

The results of experimental studies have shown that the Co-Cr-Al-Y system forms dense coatings without a pronounced columnar structure characteristic of traditional metal coatings. The thickness of all synthesized Co-Cr-Al-Y coatings is $2 \pm 0.2 \mu\text{m}$.

It is shown in the work that with a relatively uniform distribution of Al and Y in the coating thickness the layers of enriched / depleted Co / Cr alternate in accordance with the parameters of magnetron sputtering.

Diffraction studies have shown an almost complete absence of a crystal structure for all types of synthesized multilayer Co-Cr-Al-Y coatings. Apparently, this is due to the amorphizing properties of cobalt and its tendency to form

metallic glasses. The absence of Co and Al peaks in XRD images is due to the fact that they form an X-ray amorphous layer.

Summarizing the results of TEM and XRD analyzes we can state the formation of an amorphous Co / Al matrix with Cr and Y nanocrystals distributed in the thickness of the coating.

The work was carried out within the state budget project of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 306/2020 (Contract No. 113 dated June 01, 2020) "Creation of composite coatings to improve the operational properties of critical units of industrial equipment" (2020 - 2022).

References:

1. Bhushan B. Principles and Applications of Tribology - 2013, 980 p. DOI: 10.1002/9781118403020.
2. Kablov, E.N. Kablov E.N., Kablov S.A. Protective coatings for turbine blades of promising gas turbine engines. Muboyadzhyan // GTT. 2001. No. 3 (12). Pp. 30–32.

STUDYING OF THE EFFECT OF RADIATION DEFECTS ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES IN THE p-CuTlS SINGLE CRYSTAL

Madatov R.S.^{1,2}, Baylarov G.B.¹, Mamishova R.M.^{1,2}, Faradjova U.F.²

¹Institute of Radiation Problems, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

²National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan

One of the important issues of modern materials science, as well as solid state physics is the acquisition of new materials with high thermal conductivity and the development of methods for the purposeful management of their properties. Based on the literature, we can say that copper thallium chalcogenides- Cu–Tl–X (x = S, Se) are an interesting research object for the creation of new thermo materials. Triple compounds of the A^IB^{III}C^{VI}₂ type with a chalcopyrite structure have long attracted the attention of researchers in connection with the prospects for their practical application as elements of solar energy converters, nonlinear optics, efficient emitting LEDs and photodetectors. In the study of phase transitions (PT), one of the important aspects is to identify the relationship between the structural and thermal characteristics of the material. To determine this relationship, it is necessary to investigate the physical properties of the material in the temperature range of PT.

There is no more information about the electrical conductivity, thermoelectric and optical properties of this crystal in the scientific literature. Although there is some information about their electronic structure and anomalies of conductivity at low temperatures, but they do not allow to make model suggestions about the properties of conductivity. In order to complete the above theoretical and experimental results and obtain new data, the current transfer mechanism in the CuTlS single crystal was studied in the temperature range of 100–300K.

The studied p-CuTlS compound was grown at high temperature using the Bridgman–Stockbarger method. The obtained single crystal had a diameter of 1cm, a length of 8cm and a specific resistance of ~ 40 Ω · cm. Crystal structure and lattice parameters of the sample obtained by X-ray analysis method a = 4.08; c = 8.16Å; z = 2 were calculated, and it was determined that the compound crystallizes in tetragonal crystal system.

Silver paste was used for the conductive ohmic contact and the distance between the contacts was L = 6mm. The size of the studied sample is 2 × 0.5 × 6mm. Measurements were made on a B7-30 universal ampere-voltmeter at a voltage of 0–20V (E ~ 10–105V/cm) and a temperature range of 100–300K.

Herein, both initial(before irradiation) and γ-irradiated electrical and photoelectric properties of p-CuTlS monocrystal with specific resistance ρ = 40 Ω·cm have been studied at various temperatures and electrical fields. It was determined that the cause of the conduction disorder observed in the CuTlS single crystal at low electric fields and high radiation doses is the formation of defect clusters dominated by cation vacancies. A sharp increase in current at high electric fields and temperatures occurs as a result of thermo-field ionization of the acceptor level with activation energy ΔE_a = 0,08 eV and the ionization voltage decreases with increasing radiation dose. Based on the determination of the parameters (λ, r_m, n₀, ε) that determine the mechanism of current flow, the dependence of the shape of the potential hole on the radiation dose was determined.

SWIFT HEAVY ION IRRADIATION INDUCED LATENT TRACKS IN NANOCRYSTALLINE $Y_4Al_2O_9$

Mutali A.K.^{1,2,3}, Ibrayeva A.D.^{2,3}, Skuratov V.A.³, Sohatsky A.S.³, Korneeva E.³, van Vuuren A.J.⁴, O'Connell J.H.⁴, Zdorovets M.V.^{1,2,5}

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010000 Nur-Sultan, Kazakhstan, mutali@jinr.ru

²Astana branch of the Institute of Nuclear Physics, 010008 Nur-Sultan, Kazakhstan

³G.N. Flerov Laboratory of Nuclear Reactions of Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

⁴Centre for HRTEM, Nelson Mandela Metropolitan University, 77000 Port Elizabeth, South Africa

⁵Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, we present the results of the study of structural changes in monoclinic yttrium aluminum oxide $Y_4Al_2O_9$ (YAM) obtained using high-resolution scanning/transmission electron microscopy (S/TEM). Previous theoretical [1,2] and experimental [3,4] investigations have demonstrated that YAM has a unique combination of high melting point (2020 °C), low density (4.44 g/cm³), low high-temperature thermal conductivity (the minimum thermal conductivity is 1.13 W·m⁻¹K⁻¹) and relative low Young's modulus (191 GPa). The samples were irradiated with swift Bi and Xe ions with energies ranging from 156 to 714 MeV. These ions have electronic stopping powers in the range from 5 to 35 keV/nm. The ion fluence was within the non-overlapping track regime for latent ion tracks, i.e. 5×10^{11} cm⁻². Studies of the structure by S/TEM methods have shown that after irradiation with swift heavy ions, latent tracks are formed, which constitute an amorphous formation in YAM particles. Large track sizes at low energies of Xe ions and a decrease of track diameters at the highest energy of Bi ions are associated with the so-called "velocity effect" [5,6]. A direct correlation was revealed between the track diameters and the electron energy losses Se , the analysis of which made it possible to estimate the threshold value for formation of latent tracks in nanocrystalline YAM Set ~ 7 -8 keV/nm.

References:

1. Zhou Y., Xiang H., Lu X., Zhihai F., Zhongping L. Theoretical prediction on mechanical and thermal properties of a promising thermal barrier material: $Y_4Al_2O_9$. *Journal of Advanced Ceramics* 2015; 4(2): 83–93.
2. Zhan X., Li Z., Liu B., Jingyang W., Yanchun Z., Zijun H. Theoretical prediction of elastic stiffness and minimum lattice thermal conductivity of $Y_3Al_5O_{12}$, $YAlO_3$ and $Y_4Al_2O_9$. *Journal of the American Ceramic Society* 2012; 95(4): 1429–1434.
3. Mah T., Petry M.D. Eutectic composition in the pseudobinary of $Y_4Al_2O_9$ and Y_2O_3 . *Journal of the American Ceramic Society* 1992; 75(7): 2006–2009.
4. Zhou X., Xu Z., Fan X., Sumei Zh., Xueqiang C., Limin H. $Y_4Al_2O_9$ ceramics as a novel thermal barrier coating material for high temperature applications. *Materials Letters* 2014; 134: 146–148.
5. Chadderton L.T. Nuclear tracks in solids: registration physics and the compound spike. *Radiation Measurements* 2003; 36(1–6): 13–34.
6. Lang M., Hasenkamp W., Ishikawa N., Medvedev N., Neumann R., Papaleo R. et al. Influence of ion velocity on the track morphology in dark mica. *GSI Scientific Report* 2005; 3: 343.

SYNTHESIS AND STUDY OF ZIRCONIUM DIOXIDE COMPACTS IRRADIATED WITH ELECTRONS AND IONS

Nikiforov S.V.¹, Akhmetova-Abdik G.², Dauletbekova A.², Karipbayev Zh.², Zvonarev S.¹, Ananchenko D.¹, Zdorovets M.^{1,3}

¹Ural Federal University, 19, Mira Str., Yekaterinburg, Russia

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev Str., Nur-Sultan, Kazakhstan

³The Institute of Nuclear Physics' Astana branch, 2/1 Abylaikhan Ave., Nur-Sultan, Kazakhstan

Zirconium dioxide of various phase composition, widely used in modern technology, should have high stability of characteristics under various radiation effects. This is especially important when used in military and space technology, as well as in the nuclear industry. The determining factor influencing the stability of the luminescence properties of oxide dielectrics under irradiation is the formation of radiation-induced defects in the anion sublattice (oxygen vacancies). Investigation of the effect of the size of nanoparticles, doping in the synthesis of micro- and nanostructured compacts and ceramics based on ZrO_2 is necessary to predict and increase the radiation resistance, as well as to elucidate the nature of the intrinsic luminescence of ZrO_2 , which has not yet been finally established [1-3].

Micro- and nanostructured compacts were prepared by uniaxial cold pressing of monoclinic ZrO_2 nanopowder and tested using SEM (Carl Zeiss Sigma VP), and X-ray fluorescent analysis. The compacts were irradiated by 130 keV and 10 MeV electrons (Linear Electron RADAN Accelerator, LERA-10-10C, Yekaterinburg, Russia) and 200 MeV Xe ions (cyclotron DC-60, Nur-Sultan, Kazakhstan). Thermo stimulated luminescence (TSL) of irradiated samples showed the presence of different peaks. A number of TSL peaks have been identified. The kinetic parameters of the TSL were also calculated.

References:

1. C. Barry Carter, M. Grant Norton. Ceramic Materials. Science and Engineering. Springer, 2007. 716 p.
2. Salari, S., and F.E. Ghodsi. Journal of Luminescence 182 (2017): 289-299.
3. Aleksanyan E., Kirm, M., Feldbach, E., & Harutyunyan, V. Radiation Measurements 90 (2016): 84-89.

SYNTHESIS OF THE METAL OXIDES NANOPOWDERS BY WET-COMBUSTION TECHNIQUE USING ECO-FRIENDLY PLANT REDUCTION AGENTS

Aimanova N.A.^{1,2,}, Nurmakhan A.E.¹, Mashentseva A.A.¹*

¹ The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Ibragimov str., 1, Almaty 050032, Kazakhstan;

² L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpaev str., 5, Nur-Sultan 010008, Kazakhstan

*E-mail: nurgulim.a.a@gmail.com

A rapid progress of nanotechnologies and the intensive use of nanosized materials in biological and medical fields are the driving force for the development of new and improvement of existing methods and technologies of synthesizing nanomaterials. The methods of green chemistry relying on the use of highly effective, inexpensive, and nontoxic biological resources for the synthesis of nanoparticles of metals and their oxides are of particular concern for researchers. In contrast to conventional synthetic methods the methods of green chemistry are not only environmentally friendly but also make it possible to synthesize nanoparticles free of trace impurities used in the synthesis of precursors and reducers. Nanoparticles of copper (II), zinc and nickel oxides are synthesized by wet combustion of the extract of *Serratula coronata* L. growing on the territory of Central Kazakhstan. The study of the chemical composition of the starting plant material by HPLC and spectrophotometry showed the presence of a significant amount of various fractions of phenolic compounds in the composition of the extracts [1]. The complex study of the structure and composition of the synthesized nanoparticles by scanning electron microscopy, energy-dispersive spectroscopy, and X-ray phase analysis shows that the nanoparticles contain no additional impurities, have the monoclinic structure, and possess a high degree of crystallinity. Catalytic activity is tested in methylene blue dye degradation under exposure to visible light (500 W, 7500 lm). The degradation efficiency is studied as a function of catalyst mass and initial dye concentration. When studying the effect of catalyst mass on the efficiency of dye degradation the mass of nanoparticles was varied from 25 to 100 mg, the methylene blue concentration was 1.0 mg/L, and the time of mixture exposure in all experiments was 100 min. The effect of initial dye concentration on the efficiency of its degradation was studied in the range of methylene blue concentration of 1.0–10.0 mg/L, and the amount of the loaded catalyst in all experiments was 100 mg.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under project AP09057856.

References:

1. A. A. Mashentseva, N. A. Aimanova, B. S. Temirgaziev, A. T. Zhumazhanova, and B. I. Tuleuov, *Pet. Chem.* 60, 1141 (2020).

THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF γ -IRRADIATED BUTADIENE NITRILE RUBBER NANOCOMPOSITE

Khankishieva R.F., Akhundzada H.N., Ismayilova P.I., Aliev A.K., Valieva S.A., Azizova A.S.

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

The current work presents a study of the radiation crosslinking process of NBR in the presence of crosslinking agent-1,3-disulphochloridebenzene (DSChB) and 2, 4-diamino-6-phenylsymmetriazine (DAPhST) and the effect of metal nano oxides on the plasto-elastic, physical, mechanical and operational properties of NBR. NBR (SKN-40), in which the amount of bounded nitrile groups in the molecule was 40%, was used as an object of study (Production of Rosspolimer, Russia). Zinc oxide 20-30 nm (ZnO, CAS 1314-13-2) and alumina oxide 25-30 (Al₂O₃, CAS 1344-28-1) nanopowders were used to activate crosslinking of the polymer. Nanomaterials were purchased from Sky Spring Nanomaterials Inc, Houston, USA. The aromatic chlorine-containing compound 1,3-disulphochloridebenzene (DSChB) was used as a

crosslinking agent, which readily reacts with NBR macromolecules in the process. For decreasing the absorbed doses, 2, 4-diamino-6-phenylsymmetriazine (DAPhST) was used as a sensitizer and polyester resin as a plasticizer (emollient).

Composites were irradiated at the Co⁶⁰ gamma ray irradiation source (the dose rate of 0,49 Gy/s) which was supplied by Institute of radiation Problem of Azerbaijan National Academy of Science with various gamma ray radiation (300 KGy). The hardness tests of the samples were performed according to ISO 868 standard with a Shore Durometer type. The tensile tests were carried out using a Zwick 1435 universal testing machine. The samples had a standard dumbbell shape. At least three dumbbell-shaped tensile samples (crosslinked by sulphur, irradiation and thermo-radiation) were tested for each kind of NBR composite and then the average was taken as the final result. Tensile properties, such as tensile strength (TS) and elongation at break (EB), were measured before and after the aging procedure. The coefficients of aging in terms of the tensile strength (K_{σ}) and elongation at break (K_{ε}) were calculated using equations (1) and (2):

$$K_{\sigma} = \frac{(\sigma_{\text{aged}} - \sigma_{\text{unaged}})}{\sigma_{\text{unaged}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_{\varepsilon} = \frac{(\varepsilon_{\text{aged}} - \varepsilon_{\text{unaged}})}{\varepsilon_{\text{unaged}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

where σ_{aged} and σ_{unaged} are the tensile strength of the aged and unaged specimens, $\varepsilon_{\text{aged}}$ and $\varepsilon_{\text{unaged}}$ are the elongation at break of the aged and unaged specimens, respectively. It is known that hardness values of rubber samples decrease due to environmental factors. As a result, this study provides an alternative approach for preventing reduction of hardness values by minimizing frequently occurring thermo-oxidative aging of rubber in the oil industry.

The results of this study allows to conclude that elastomeric materials (EM) based on NBR and metal nanooxide obtained by the thermoradiation method in the presence of a crosslinking agent and sensitizer (DSChB, DAPhST) are superior to sulfuric and irradiated vulcanizates in terms of thermal aging resistance and dynamic endurance of repeated stretching in aggressive environments. Radiation vulcanization with the participation of nano metal oxides can overcome the drawbacks of chemical vulcanization such as pollution, energy-saving and reduced time of vulcanization.

In conclusion, this work has achieved enhancement of the curing process and mechanical properties of elastomer composites by using a combination of nano metal oxides and a crosslinking agent DSChB, which may give a valuable inspiration for the preparation of high-performance rubber composite materials.

TITANIUM BERYLLIDE AS AN ALTERNATIVE TO BERILLIUM IN NUCLEAR AND THERMONUCLEAR TECHNOLOGY. POSSIBILITIES OF UMP JSC IN DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND MANUFACTURING OF PRODUCTS FROM BERYLLIDES

Frants E.V., Borsuk A.N., Vechkutov A.N., Zenkov K.V., Zorin B.L., Kylyshkanov M.K., Podoinikov M.A., Udartsev S.V.

JSC "Ulba Metallurgical Plant", Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan

For many decades, beryllium has been used as a structural element in nuclear installations as a moderator / breeder of fast neutrons. The consequence of neutron irradiation is a significant production of gas products in the form of helium and tritium, which leads to swelling and loss of strength properties of beryllium reflectors. The relatively low melting point of beryllium also imposes restrictions on the high-limit temperature regimes of the reactor core.

As an alternative to pure beryllium, it is necessary to consider intermetallic compounds based on it, in particular titanium beryllide. Preliminary studies on the thermal desorption of helium and tritium from titanium beryllide have shown that this material has a much lower retention tendency and a lower release temperature. The higher melting point of titanium beryllide compared to pure beryllium is also an advantageous characteristic.

Over the past years, UMP JSC, thanks to its research in this area, has achieved significant success in the development of technology for obtaining intermetallic billets and articles based on titanium and chromium beryllides. As a technology demonstrator, prototypes of structural elements of a helium-cooled blanket breeder module of the projected DEMO reactor were made by order of the Karlsruhe Institute of Technology, Germany.

The advantages of titanium beryllide, as well as the success achieved in the production of billets and products from it, open up opportunities for a more extensive study of the nuclear, physical and mechanical properties of this material with the possibility of further use in nuclear technology, including thermonuclear reactors, and in high-temperature instrumentation.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА W-6Re ПОСЛЕ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Кравчук К.С.¹, Гладких Е.В.¹, Никитин А.А.², Захарова П.С.²

¹ФГБНУ ТИСНУМ, Троицк, Москва, Россия

²НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ, Москва, Россия

В настоящей работе проведено комплексное исследование образца монокристалла сплава W-6Re после ускоренного облучения 5.6 МэВ ионами Fe²⁺. Облучение образцов проводилось в ускорительном центре НИЦ "Курчатовский институт" – ИТЭФ на тяжелоионном ускорителе ТИПр [1,2]. Облучение проводилось в температурном интервале 300-500 °С до дозы 35 смещений на атом. Глубина поврежденного слоя при этом составила 1.2 мкм.

Методом динамического инструментального индентирования [3] на установке «НаноСкан-4D» продемонстрирован способ анализ механических характеристик в области радиационного воздействия. Данный метод заключается в непрерывном вдавливании индентора (алмазного наконечника в виде трехгранной пирамиды типа Берковича) с одновременным колебательным движением. Такой процесс аналогичен множеству циклов нагрузки-разгрузки и дает значения твердости и модуля упругости как практически непрерывную зависимость от глубины внедрения индентора.

На малых глубинах наблюдается нелинейный характер полученных данных, обусловленный так называемым размерным эффектом [3]. Для устранения этого эффекта индентора производится пересчет полученных значений в координаты H² от 1/h (диаграмма Nix-Gao [4]). Значения твердости для облученного и необлученного слоя определялись построением линейной аппроксимации экспериментальных данных на диаграмме Nix-Gao методом наименьших квадратов.

Получено, что в результате облучения происходит значительное приращение прочности материала, на величину порядка (1.6±0.2) ГПа. Изменение механических свойств материала связано с образованием радиационно-индуцированных кластеров и дефектов структуры в виде дислокационных петель, обнаруженных методами электронной микроскопии.

Литература:

1. Рогожкин С.В., Никитин А.А., Хомич А.А. и другие, Требования к комбинированному пучку Fe + H/He на ускорителе ТИПр для моделирования нейтронного воздействия // Ядерная физика и инжиниринг. 2019. Т. 9, № 3. С. 245-258.
2. Kulevoy T., Aleev A., Ivanov S., Kozlov A., Kropachev G., Kuibeda R., Nikitin A., Rogozhkin S., Semennikov A., Sharkov B. and Zaluzhny A. // Proceedings of International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators. 2009. V. AP/P5 07. P.1.
3. Cheng Y.-T., Cheng C.-M. Scaling, dimensional analysis, and indentation measurements // Materials Science and Engineering R. 2004. Vol. 44. P. 91-149.
4. Nix W.D., Gao H. Indentation size effects in crystalline materials: a law for strain gradient plasticity // Journal Mech. Phys. Solids. 1998. Vol. 46, № 3. P. 411–425.

ВЛИЯНИЕ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Таиметов М.Ю.¹, Саидов Р.П.¹, Исमतов Н.Б.¹, Абдаминов А.Б.²

¹Институт ядерной физики АН РУз, 100214, г.Ташкент, Узбекистан

²Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо-Улугбека, 100174, г.Ташкент, Узбекистан

Одним из широко используемых полиэтиленов в промышленности и отраслях экономики является полиэтилен низкой плотности (ПЭНП). ПЭНП имеет низкую кристалличность (50-60 % кристалличности) и основная цепь содержит множество боковых цепей из 2-4 атомов углерода, что приводит к неправильной упаковке молекулярной цепочки, низкой кристалличности [1]. Влияние внешних факторов таких как: температура, давление и радиация на полиэтилен низкой плотности способствует получению качественно новых материалов с улучшенными свойствами. В [2] исследовано влияние радиации на топографию поверхности полиэтилена низкой плотности. Установлено, что с увеличением поглощенной дозы γ -излучения до 100 кГр

увеличивается кристаллическая область, а дальнейшее увеличение доз до 2000 кГр приводит к изменению морфологии этой области, то есть средний размер кристаллической области уменьшается с 30 до 20 нм [2].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния γ -радиации на морфологии поверхности полиэтилена низкой плотности.

Исследование морфологии поверхности образца проводилось на сканирующем зондовом микроскопе SPM 9700HT (Shimadzu). Для этого выбирался участок образца размером 30x30 мкм. Облучение образцов полиэтилена проводилось на канале источником изотопа ^{60}Co ($E_{cp}=1.25$ МэВ) при мощности дозы 90 Р/с до экспозиционной дозы $5 \cdot 10^7$ Р.

На рисунке 1 показаны результаты исследования шероховатости поверхности полиэтилена низкой плотности, измеренные на сканирующем зондовом микроскопе.

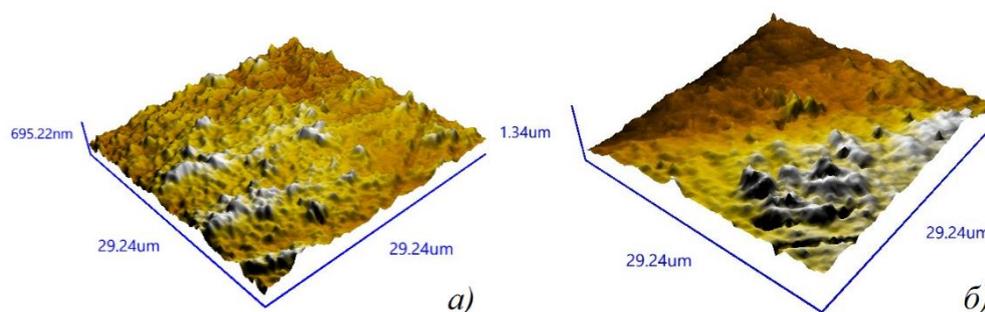


Рисунок 1 - Шероховатость поверхности полиэтилена низкой плотности: а –исходный образец; б-после облучения гамма излучением экспозиционной дозой $5 \cdot 10^7$ Р

Изучение влияния радиации на шероховатость поверхности полиэтилена низкой плотности показали, что при воздействии γ -излучения шероховатость полиэтилена сглаживается. Однако, увеличилась ширина бугорка и выросла его высота (Рис.1(б)). Расчеты максимального значения среднего арифметического отклонения профиля исходного образца ПЭНП составляет $R_a=73,1$ нм, высота средней шероховатости $R_z=417$ нм. После облучения гамма лучами максимальное значение среднего арифметического отклонения профиля составляет $R_a=93$ нм, высота средней шероховатости $R_z=618$ нм.

При воздействии радиации на полиэтилен шероховатость поверхности сглаживается, но из-за увеличения высоты бугорка, значения средней шероховатости поверхности увеличивались после облучения дозой $5 \cdot 10^7$ Р на 48 %. Это может быть обусловлено тем, что при воздействии радиации на полиэтилен происходит поперечная сшивка между макромолекулами полиэтилена [3].

Литература:

1. S. Alnaimi, B. Elouadi, I. Kamal. Structural, Thermal and Morphology Characteristics of Low Density Polyethylene Produced by QAPCO// <https://www.researchgate.net/publication/281818492>, p.10.
2. J. C. M. Suarez, E. E. C. Monteiro, E. B. Mano. Study of the effect of gamma irradiation on polyolefins - low-density polyethylene// Polymer Degradation and Stability 75, 2002, pp.143–151.
3. М.Ю. Ташметов, Н.Б. Исмаев. Радиационные технологии на основе ускорителей электронов. Монография, Ташкент, 2020, стр.144.

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ердаулетов М.,^{2,3} Напольский Ф.¹, Авдеев М.^{1,2}, Кривченко В.¹

¹Государственный Университет «Дубна», Россия

²Объединенный институт ядерных исследований, Россия

³Евразийский Национальный университет им Л.Н. Гумилева, Казахстан

Ограниченный запас ископаемых источников энергии, а также повсеместное ухудшение экологической обстановки, приводит к необходимости увеличения доли потребления возобновляемой энергии и к неизбежному использованию электрических приводов для транспортных средств. Широкое использование возобновляемых источников энергии и электрических транспортных средств ограничивает отсутствие высокоёмких и энергоэффективных накопителей энергии, среди которых перезаряжаемые химические источники тока (ХИТ) занимают важное место. В области «зелёной» энергетики ХИТ необходимы для выравнивания нагрузки в электрических сетях, регулирования частоты и обеспечения потребителей возобновляемой энергией в моменты провалов генерации энергии, возникающей при использовании ветряных, солнечных или волновых электростанций. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование существующих, поиск и развитие новых энергоёмких и эффективных перезаряжаемых ХИТ.

Основной целью работы является выработка общих научно-технических критериев к оптимизации микроструктуры, как электродов на основе широкого спектра активных анодных и катодных материалов и графено содержащих углеродных добавок, так и модифицированных гель-полимерных электролитов, позволяющих добиться существенного выигрыша в удельной энергии и мощности аккумуляторов в широком диапазоне рабочих температур.

Отдельно методом малоуглового рассеяния нейтронов будет исследована пористость электродных покрытий, а также ее влияние на степень заполнения пор электролитами.

Задачей работы ставится исследование структурных особенностей электродных покрытий и определение их влияния на электрохимические характеристики. В ходе работы рассмотрен широкий круг активных материалов и проведено структурное исследование покрытий, содержащих разные наноструктурированные проводящие добавки: стандартные сажи, производные графена, модифицированные углеродные нанотрубки. При этом будет прослежена эволюция формирования композиционных электродных покрытий, начиная с исходных растворов, и, далее, на всех последующих этапах, включая нанесение паст на подложку, сушку, прессование, заполнение электролитом.

Заключение: Электроды с 1% УНТ демонстрируют более высокую удельную емкость по сравнению с электродами, содержащими 5-15% сажи. Тем не менее, увеличение содержания УНТ до 10% значительно снижает объемную емкость электрода, которая даже ниже, чем для электрода с сажей. Измерения SANS показали, что сеть УНТ встроена в электродный слой обеспечивает его большую смачиваемость электролитом по сравнению с сажей, используемой в качестве проводящая добавка. Это приводит к лучшей производительности C-скорости электрода. При изготовлении толстых электродов необходимо учитывать реологические свойства электродной суспензии. Наши результаты показали, что увеличение массового содержания УНТ более 5% значительно усложняет процесс их диспергирования в растворителе и изготовление толстых однородных слоев становится проблематичным.

Литература:

1. Wenxin Mei, Haodong Chen, Jinhua Suna and Qingsong Wang, Sustainable Energy Fuels 2019, 3, 148.
2. Tyler Du Beshter, Puneet K. Sinha, Alex Sakars, Gerald W. Fly and Jacob Jorne, J. Electrochem. Soc. 2014, volumE 161, Issue 4, A599-A605.

**ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СКЛОННОСТЬ К КОРРОЗИИ
ПОД ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т, НАХОДЯЩЕЙСЯ В
РАЗЛИЧНОМ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОМ СОСТОЯНИИ**

Яровчук А.В., Цай К.В., Диков А.С., Максимкин О.П.

Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

Изучено влияние термического и радиационного воздействия на сопротивление к коррозионному растрескиванию под постоянной нагрузкой (КРПН) аустенитной стали 12Х18Н10Т.

Образцы для исследований имели форму плоских пластин размерами (0,3 x 10,0 x 7,0) мм, в центре рабочей части которых вырезалась фаска глубиной 1,0 мм и шириной 1,5 мм, что обеспечивало концентрацию растягивающих напряжений в узкой зоне. Эксперименты проводили на воздухе и в агрессивной среде (30% раствор FeCl₃). Получены данные изменения коэффициента трещиностойкости, критической скорости высвобождения энергии и скорости раскрытия трещины для стали 12Х18Н10Т в различных структурно-фазовых состояниях: аустенизированном, облученном нейтронами до флюенса ~10²⁰ н/см² и после отжига при температурах 400, 650, 700 и 800°С, длительностью 3 часа.

Показано, что облученная нейтронами аустенитная сталь обладает пониженными характеристиками трещиностойкости и критической скорости высвобождения энергии по сравнению с аустенизированным и отожженным материалом. Для облученной нейтронами стали критическая скорость высвобождения энергии почти в 10 раз меньше, а скорость раскрытия трещины на два порядка выше, чем для необлученной, что свидетельствует об усилении склонности к коррозии.

Методами фратографического анализа, оптической металлографии и просвечивающей электронной микроскопии определен характер разрушения стальных образцов при испытаниях на воздухе и в хлорсодержащей среде. Установлено, что показатели КРПН зависят от состояния границ зерен, наличия и дисперсности включений, плотности распределения и вида дефектов, а также от развития фазового $\gamma \rightarrow \alpha'$ мартенситного превращения.

Анализ полученных данных позволил определить механизм развития коррозионного растрескивания под напряжением аустенитной стали при изменении среды испытания и структурно-фазового состояния материала. Исследованиями установлено, что в агрессивной среде, содержащей активные ионы хлора, механизм разрушения необлученных и облученных нейтронами образцов стали 12Х18Н10Т первоначально носит межкристаллитный характер, который затем преобразуется в транскристаллитный.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № BR09158499 Министерства энергетики Республики Казахстан.

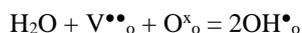
**ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ АРГОНА НА СВОЙСТВА ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ
НА ОСНОВЕ LaScO₃**

Хромушин И.В., Аксенова Т.И.

Институт ядерной физики Министерства энергетики РК, Алматы, Казахстан

На сегодняшний день известно множество сложных оксидов, обладающих свойством протонной проводимости. Практически всех из них объединяет наличие вакансий в кислородной подрешетке.

При отжиге во влажной атмосфере такие материалы интеркалируют воду в соответствии со следующей квазихимической реакцией, записанной в нотации Крегера-Винка



где $\text{V}^{\bullet\bullet}_\text{O}$ – вакансии в кислородной подрешетке, $\text{OH}^\bullet_\text{O}$ – протон, локализованный на ионе кислорода, $\text{O}^{\times}_\text{O}$ – кислород решетки.

Таким образом, водород попадает в решетку оксидов, и материалы приобретают свойства протонной проводимости, которая обуславливается перескоками H^+ - протонов по кислородной подрешетке. Для создания

вакансий в решетке сложных оксидов, как правило, используется частичное замещение одного из металлических компонент оксида элементом, валентность которого ниже. При этом, если концентрация замещающего элемента мала, материал сохраняет исходную структуру, а в нем образуются кислородные вакансии. Последнее следует из сохранения электронейтральности оксида.

В данной работе изучено влияние способа формирования дефектов в подрешетке лантана и имплантации низкоэнергетических ионов аргона на структуру и свойства скандата лантана.

В качестве объектов исследования использовали керамические образцы скандата лантана $\text{La}_{1-x}(\text{Ca},\text{Sr})_x\text{ScO}_{3-\delta}$, синтезированные путем акцепторного допирования, т.е. частичного замещения трехвалентного лантана двухвалентным Ca или Sr ($x = 0.05, 0.1$). В данном случае, в материале образовывалось $\delta=x/2$ кислородных вакансий. Наряду с этим были исследованы образцы скандата лантана с дефицитом по лантану $\text{La}_{1-x}\text{ScO}_{3-\delta}$ ($x=0.03, 0.05, 0.1$). В этом случае в оксиде образовывалось $\delta=1.5x$ кислородных вакансий. После синтеза образцы отжигались на воздухе при температуре 650°C в течении 8 часов. После отжига часть образцов облучалась ионами аргона с энергией 100 кэВ на ускорителе ДЦ-60 до флюенса 10^{17} см⁻².

Показано, что способ формирования дефектов в подрешетке лантана не оказывает существенного влияния на структуру LaScO_3 . Согласно рентгенофазовым исследованиям синтезированные образцы LaScO_3 , имеют орторомбическую структуру и характеризуются равномерным распределением элементов во всем объеме образцов. Исключение составляет образец $\text{La}_{0.9}\text{ScO}_{2.85}$, структура которого существенно отличается от структуры бездефицитного LaScO_3 . Методом термодесорбционной спектроскопии показано, что на допированных образцах $\text{La}_{1-x}(\text{Sr},\text{Ca})_x\text{ScO}_{3-\delta}$ растворение воды имело место при выдержке образцов на воздухе при комнатной температуре. Предварительный отжиг образцов на воздухе при 650°C приводил к существенному росту количества растворенной в образцах воды. При этом количество интеркалированных протонов росло с ростом степени катионного допирования x . Оказалось, что количество воды, растворенной в образцах $\text{La}_{1-x}\text{ScO}_{3-\delta}$, было существенно ниже, чем в образцах $\text{La}_{1-x}(\text{Sr},\text{Ca})_x\text{ScO}_{3-\delta}$ при одинаковых значениях x . Предполагается, что в дефицитных по La образцах доминирующим становится взаимодействие дефектов - блокировка кислородных вакансий за счет образования комплексов $(V_{\text{La}}''')_2(V_{\text{O}}^{\bullet\bullet})_3$ и, как следствие, снижение растворимости воды. Результаты термогравиметрического анализа хорошо согласуются с данными термодесорбции.

Имплантация низкоэнергетических ионов аргона практически не повлияла на структуру скандата лантана исследованных составов, но изменила морфологию их поверхности. Так, поверхность необлученного допированного скандата лантана состояла из ограненных зерен размером 1-3 мкм, которые после облучения становились овальными. На образцах с дефицитом лантана после облучения более четко проявлялась гранулярная структура.

По данным термодесорбционной спектроскопии и термогравиметрического анализа установлено, что имплантация ионов аргона в твердые керамические образцы скандата лантана не оказывает существенного влияния на концентрацию интеркалированных протонов. В то же в ходе термогравиметрических исследований на облученных порошкообразных образцах скандата лантана в низкотемпературной области выявлены дополнительные пики потери массы по сравнению с необлученной керамикой, что свидетельствует о появлении радиационно-активированных центров сорбции атмосферных газов.

Изучено влияние облучения ионами аргона на проводящие свойства скандата лантана. Получены температурные зависимости проводимости «объема» и границ зерен, определены соответствующие энергии активации. Сделан вывод, что облучение ионами аргона способствовало улучшению проводящих свойств скандата лантана, синтезированного посредством создания дефицита по лантану.

Работа была выполнена при поддержке Министерства энергетики Республики Казахстан. (Программа целевого финансирования BR09158499 «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СПЕКТРЫ ДИФфуЗНОГО
ОТРАЖЕНИЯ (ДО) СТЕАТИТОВОЙ КЕРАМИКИ СНЦ

Нурутдинов И., Саудахмедов К.Х.

Институт Ядерной Физики АН РУз, 100214, Ташкент.
skhahramon@yandex.ru

Развитие атомной техники и энергетики потребовало решения новых проблем, связанных с радиационной физикой диэлектриков. В этом аспекте керамические диэлектрики на основе $MgSiO_3$ т.е. стеатитовые керамики имеют особое место. Эти материалы широко используются в основных узлах АЭС как высокочастотные, термостойкие диэлектрики. Изучение деградации в полях радиации свойств керамических материалов имеет важное значение. В данной работе методом диффузного отражения (ДО) были изучены радиационные дефекты, возникающие под воздействием высоких доз γ -облучения ($\geq 10^{19}$ Р) в стеатитовой керамике СНЦ. При изучении термической стабильности полос поглощения (ПП) с максимумами при $\lambda=220$ и 260 нм в УФ области и видимой области (ВО) спектра с максимумами $400-550$ нм выявлено, что по мере увеличения температуры отжига до $T \sim 800^\circ\text{C}$ наблюдается увеличение коэффициента диффузного отражения-R, то есть наблюдается отжиг центров окраски (ЦО), ответственных за выше отмеченные ПП. При температурах $\geq 800^\circ\text{C}$ наблюдается уменьшение коэффициента отражения-R. Это явление нельзя было объяснить, исходя из отжига радиационных ЦО, так как при высокотемпературном отжиге ЦО должны были исчезнуть. Вероятно, этот эффект обусловлен отжигом самих образцов (без учёта отжига радиационных дефектов). Для выяснения этого было исследовано влияние температуры отжига на отражательную способность необлученной керамики. Для этого брались два необлученных образца керамики, один, из которых служил эталоном, а другой подвергался термическому отжигу при различных температурах, после чего проводилось измерение диффузного отражения-R относительно эталона. Как показали измерения спектров ДО отожженных образцов по мере увеличения температуры отжига наблюдается уменьшение коэффициента диффузного отражения-R в УФ области и ближе к ВО. Отсюда видно, что уменьшение коэффициента отражения-R в γ -облученных образцах при $T > 850^\circ\text{C}$ обусловлено изменением условий отражения света образцом в результате термообработки. Стеатитовые материалы, являются многофазными материалами, при высокотемпературных термообработках могут изменять своё фазовое состояние по сравнению с исходным. Относительно полиморфных превращений, области устойчивости указанных форм и температур их взаимного превращения, существуют противоречивые данные. Основные сведения по полиморфизму приведены в [1]. По их данным, только энстатит и протоэнстатит имеют области устойчивого существования. При 1042°C энстатит переходит в высокотемпературный протоэнстатит. Клиноэнстатит, по [1] это метастабильная фаза, причем температура метастабильного превращения между клиноэнстатитом и протоэнстатитом составляет $\geq 865^\circ\text{C}$. Эта схема до известной степени согласуется со схемой полиморфных превращений $MgSiO_3$. По этой схеме энстатит рассматривается как низкотемпературная форма метасиликата магния, необратимо переходящая при 1260°C в протоэнстатит; последний при охлаждении превращается не в энстатит, а в клиноэнстатит, который при соответствующих условиях может перейти в энстатит. Отсюда можно сделать вывод, что уменьшение коэффициента отражения-R может быть обусловлено фазовым превращением, т. е. метастабильным превращением между протоэнстатитом и клиноэнстатитом, который имеет место при температуре $\geq 865^\circ\text{C}$ [1].

Литература:

1. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. –Москва: Высшая школа.1988г. –399с.

**ВЫТРАВЛИВАНИЕ ТРЕКОВ В ОКСИДЕ И НИТРИДЕ КРЕМНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ
МОРФОЛОГИИ СФОРМИРОВАННЫХ ОБЛУЧЕНИЕМ БТИ НАНОПОРИСТЫХ СЛОЕВ**

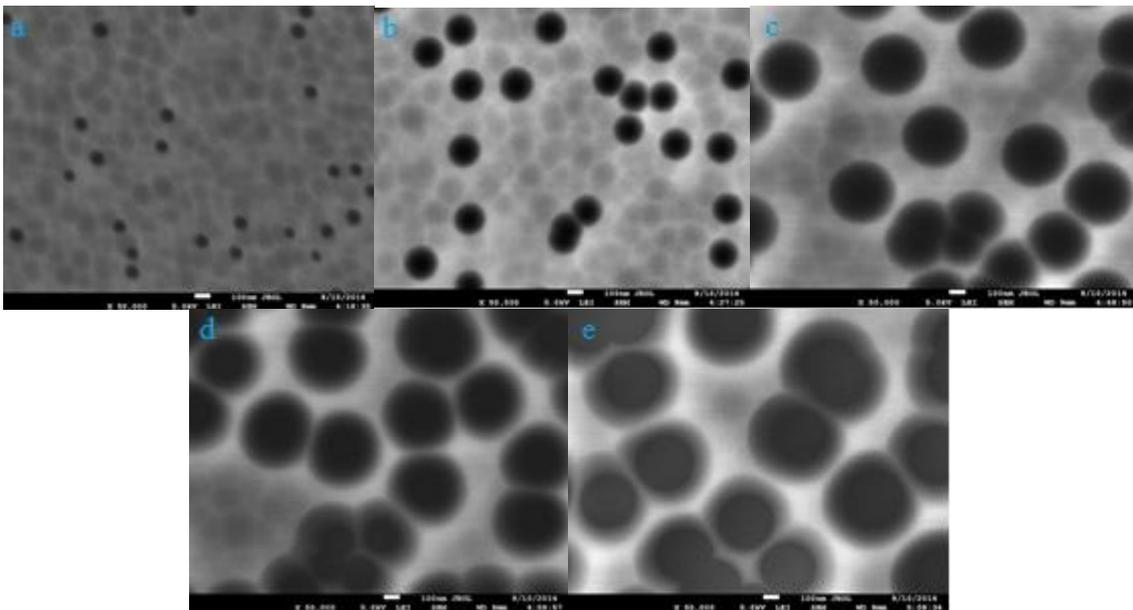
Федосимова А.И.¹, Мурзалинов Д.О.², Лебедев И.А.², Ибраимова С.А.², Дмитриева Е.А.², Бондарь Е.А.²

¹РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Казахстан
²ТОО «Физико-технический институт», г. Алматы, Казахстан

Для изготовления однослойной структуры SiO₂/Si методом PECVD на кремниевую подложку КДБ 12 диаметром 100 мм с кристаллографической ориентацией (111) наносилась пленка диоксида кремния из смеси тетраэтоксисилана и кислорода. Температура осаждения составляла 300 °С, толщина SiO₂ по данным эллипсометрии составляла 1 мкм.

Для отработки процесса вытравливания треков в слое диоксида кремния был выбран режим облучения ионами ксенона с энергией 133 МэВ флюэнсом 1×10^9 см⁻². Как показали результаты моделирования в рамках модели термического пика, при обработке во фтористоводородной кислоте образцов SiO₂/Si, облученных ионами ксенона с энергией 133 МэВ, можно достичь воспроизводимого создания наноканалов с регулярной формой в слое диоксида кремния, причем ожидалось, что плотность этих каналов будет соответствовать флюэнсу.

Как видно из рисунка 1, после облучения и обработки в растворе HF в местах вхождения ионов в оксидный слой вытравливаются отверстия (поры) почти правильной сферической формы. Плотность вытравленных треков примерно соответствует флюэнсу.



- a - Поверхность оксидного слоя после обработки в течение 2,5 минут
- b - Поверхность оксидного слоя после обработки в течение 5 минут
- c - Поверхность оксидного слоя после обработки в течение 10 минут
- d - Поверхность оксидного слоя после обработки в течение 12,5 минут
- e - Поверхность оксидного слоя после обработки в течение 15 минут

Рисунок 1- Образец SiO₂/Si облучен ионами Хе (133 МэВ, 1×10^9 см⁻²)

При малых временах обработки в травителе средний диаметр пор линейно растет с увеличением времени травления. Оптимальный интервал длительности обработки в растворе фтористоводородной кислоты составляет 2 - 8 минут. При работе в этом временном интервале диаметр вытравленных ионных треков может быть изменен от 100 до 400 нм при увеличении времени травления.

Работа поддержана Министерством образования и науки РК, грант № AP09058002.

ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДОЗНОГО ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА Zr-⁵⁷Fe

Верещак М.Ф.¹, Манакова И.А.¹, Шоканов А.К.², Суслов Е.Е.¹, Тлеубергенов Ж.К.¹

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан

Методами абсорбционной (MS) и конверсионной (CEMS) мессбауэровской спектроскопии, рентгеновской дифракции (XRD) и растровой электронной микроскопии проведены исследования влияния высокоэнергичных однозарядных ионов ⁵⁷Fe на структурно-фазовое состояние циркония. Для расчета степени воздействия ионного пучка на кристаллическую решетку циркония использовали программу SRIM-2008. Программа позволила определить длину проективного пробега ионов ⁵⁷Fe в цирконии и рассчитать число атомов мишени, подвергнутых облучению, а также оценить число смещений, вызванных этими ионами.

Образцы циркония после прокатки до 20 мкм и гомогенизирующего отжига в вакууме при температуре 850°C подвергали облучению на ускорителе тяжелых ионов UKP-2-1 Института ядерной физики (Алматы, Казахстан). Энергия ионов 1 МэВ, ток пучка на мишени ~ 100 нА, доза 5x10¹⁶ ион/см². Локальное окружение атомов ⁵⁷Fe определяли методом мессбауэровской спектроскопии на спектрометре MS-1104Em при комнатной температуре. Источником γ -квантов служил ⁵⁷Co в Сг. Обработку мессбауэровских спектров осуществляли методом модельной расшивки с помощью программы SpectrRelax. Структурное состояние циркония до и после облучения регистрировали на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker с медным излучателем и графитовым отражателем. Морфологию поверхности и элементный состав и определяли с помощью растрового электронного микроскопа JEOLJSM-6610, оснащенный энергодисперсионным анализатором. Содержание имплантированного ⁵⁷Fe в матрице циркония оказалось равным 1.51±0.09%. MS- и CEMS-спектры на ядрах ⁵⁷Fe, имплантированного в кристаллическую решетку циркония, представляют собой суперпозицию двух дублетов: дублет D1 интенсивностью 17.4% с изомерным сдвигом – 0.38 мм/с и квадрупольным расщеплением 0.96 мм/с; дублет D2 интенсивностью 82.6% с изомерным сдвигом – 0.25 мм/с и квадрупольным расщеплением 0.49 мм/с. Мессбауэровские параметры дублетов соответствуют аналогичным параметрам интерметаллидов Zr₃Fe и ZrFe₂. Известно, что легирующие элементы 3d-группы имеют низкую растворимость в цирконии, что исключает образование твердого раствора замещения в кристаллической решетке циркония. Следует отметить, что температура на мишени в процессе облучения не превышала 60°C, что явно недостаточно для осуществления кристаллизации и формирования нанокристаллических фаз в приповерхностных слоях и объеме Zr Fe-сплава. Термическая рекомбинация вакансий и междоузельных атомов внутри каскада смещений возможна и обусловлена термическими пиками. Рентгеноструктурный анализ (XRD) показывает постоянство параметра кристаллической решетки циркония до и после облучения. На рентгенограммах облученного циркония также наблюдаются рефлексы интерметаллидов Zr₃Fe и ZrFe₂.

Работа была выполнена при поддержке Министерства энергетики Республики Казахстан. (Программа целевого финансирования BR09158499 «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

ДЕЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ

Мухтаров А.П.^{1,2} Усманова С.А.³

¹Институт ядерной физика АН РУз, Ташкент, Узбекистан

²Алмалыкский филиал НИТУ МИСиС, Ташкент, Узбекистан, amukhtarov@gmail.com

³НИИ окружающей среды и природоохранных технологий, Ташкент, Узбекистан

В последнее время кремниевые наночастицы вызывают огромный интерес в связи с обнаружением уникальных свойств, которые открывают широкие возможности дальнейшей миниатюризации в электронике и фотонике, использования в качестве квантовых точек в различных устройствах и другие. В частности, природа необычных свойств кремниевых нанотрубок (Si NT) обусловлено характером межатомных связей и состоянием

электронных орбиталей на поверхности нанотрубок. Однако, исследованиям механизма делокализации электронов химических связей и их связи со свойствами нанотрубок кремния уделяется недостаточно внимания.

В данной работе нами исследован характер π -связи между атомами кремния в Si NT и природа делокализации электронов на поверхности трубки с использованием метода функционала локальной плотности с обменно-корреляционным потенциалом Бекке-Пердью в базисе валентных двойных дзета с поляризационными функциями [1]. Оптимизация геометрии была проведена с сохранением симметрии модели.

Нами выявлено, что (n,n)-SiNT имеет шероховатую форму, тогда как (n,0)-SiNT гладкую поверхность. Это объясняется относительным положением несвязанных р-орбиталей атомов кремния. Сильная π -связь стабилизирует гладкую структуру. Слабая π -связь на поверхности трубки приводит к ребристой поверхности.

Сила π -связи определяется степенью делокализации π -электронов. Для определения степени делокализации электронов был использован индекс Вайберга-Майера (ВМ). Индекс ВМ был вычислен с использованием программы JANPA [2] на базе набора натуральных и оптимизированных по свойствам локализованных орбиталей (CLPO).

Литература:

1. F. Neese // Software update: the ORCA program system, version 4.0, Wiley Interdiscip. Rev.: Comput. Mol. Sci. 2018, 8, e1327.
2. Николаенко Ю., Булавин Л.А., Ховорун Д.М.; JANPA: кроссплатформенная реализация с открытым исходным кодом Natural Population Analysis на платформе Java, Выч. и теор.химия 2014, V.1050, P.15-22.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА γ -ОБЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИТОВ

Набиева А.Н.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

В настоящее время все большее применение находят полимерные композиты, поскольку введение в полимеры различных модификаторов способствует повышению их эксплуатационных ресурсов. В процессе эксплуатации они поддаются воздействию внешних факторов и в том числе радиационного облучения. Однако, несмотря на наличие теоретических и экспериментальных работ, вопрос влияния радиационного облучения на свойства нано- и микро композитных материалов все еще остаётся актуальным. Из-за того, что полимерные композиты находят широкое применение в авиации и ракетостроении при разработке средств исследования космического пространства требуются новые материалы, которые должны выдерживать нагрузки космических полетов (высокая температура и давление, вибрационные нагрузки на этапе выведения, низкие температуры космического пространства, глубокий вакуум, радиационное воздействие и т.д.) и иметь достаточно низкую удельную массу. Исходя из этого, можно предполагать, что для композиционных материалов, применяемых в космической индустрии, одной из наиболее перспективной матрицы является полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), который относится к уникальным физико-механическим свойствам и композиты на его основе могут отвечать требованиям, предъявляемым к композитным материалам, предназначенных для этой индустрии.

В данной работе исследовались диэлектрические свойства (ϵ , $tg\delta$) систем полимер-оксид металлов на примере смесей полиэтилена высокой плотности марки 20806 -024 с нанокислотой алюминия (Al_2O_3) с размером 40 нм и плотностью 3,89 г/см³. Образцы композитов в виде диска получали из гомогенной смеси порошков ПЭВП и наполнителя с помощью ручного обогреваемого пресса при 433 К и давления 15 МПа. Режим кристаллизации закалка – охлаждение образца в смеси вода лед. Толщина образцов (100-130) мкм. Облучение образцов композита производилось на источнике γ -излучения ⁶⁰Co на установке РХМ- γ -20М. Мощность дозы излучения 3,3·10³ Гр/ч. Диэлектрическая проницаемость (ϵ) и тангенс угла диэлектрических потерь ($tg\delta$) образцов исследовали на плоских конденсаторах по двухэлектродной системе в эквивалентной схеме параллельно соединенных резистора и конденсатора в диапазоне частот 25÷10⁶ Hz при амплитуде измерительного напряжения $U \approx 1В$ с применением специальной экранированной измерительной ячейки типа «сэндвич».

Результаты исследования частотных зависимостей ϵ ПЭВП с разным объемным содержанием наполнителя Al_2O_3 показали, что при увеличении концентрации наполнителя до 10%об. диэлектрическая проницаемость на частоте 1кГц увеличивается по сравнению с полимерной матрицей от 2,3 до 3,3; т.е. увеличивается в 1,5 раза. При всех концентрациях Al_2O_3 до 10%об. значение ϵ в системе ПЭВП+ Al_2O_3 при комнатной температуре в интервале частот $\nu=25-10^6$ Гц практически остается постоянным. Такое поведение зависимости $\epsilon=f(\nu)$ показывает, что СО группы, которые появляются в полимерной матрице при изготовлении и обработке этого

материала не способны ориентироваться под действием электрического поля. Параметр $\Delta\varepsilon=(\varepsilon_c-\varepsilon_\infty)$, где ε_c и ε_∞ - низкочастотная и высокочастотная диэлектрические проницаемости соответственно, описывающие полную ширину дисперсии всех образцов составляет приблизительно $\varepsilon_c-\varepsilon_\infty=2,01-1,99=0,02$.

Следует отметить, что воздействие γ -излучения ($D=100\text{кГр}$) приводит к увеличению значения ε . При этом степень уменьшения ε для композита ПЭВП+10% Al_2O_3 увеличивается и параметр $\Delta\varepsilon$ составляет $\varepsilon_c-\varepsilon_\infty=4,28-3,23=1,03$.

Зависимость $\text{tg}\delta=f(T)$ для чистого ПЭВП и композитов ПЭВП+10% об Al_2O_3 обнаруживает максимумы при частотах 200Гц;200кГц и 500кГц соответственно. После воздействия γ -облучения указанные максимумы исчезают, характер зависимости $\text{tg}\delta=f(\nu)$ меняется: значение $\text{tg}\delta$ всех образцов с увеличением частоты уменьшается.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАММА ОБЛУЧЕННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Нуриев М.А., Шукюрова А.А., Гасымова А.И., Маммадова А.Ш.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

В последние годы большое внимание уделяется разработке технологии получения и изучения физических свойств нанокompозитов с полупроводниковыми частицами. Изучение диэлектрических характеристик нанокompозитов, в частности, температурной зависимостей основных диэлектрических параметров (ε , $\text{tg}\delta$ и ρ) представляет большой интерес для их применения в различной области науки и электротехники. В данной работе были исследованы дозовые зависимости диэлектрических параметров гамма облученных нанокompозитов на основе пористых пленок полиэтиленатерфалата (ПЭТФ) и наночастиц сульфида кадмия (CdS).

Объектами исследования являлись нанокompозиты ПЭТФ/CdS полученные на основе промышленных трековых мембран (пористых пленок) из ПЭТФ толщиной $\sim 27\mu\text{м}$ изготовленных в ОИЯИ в Дубне. В данной работе, в порах трековых мембран ПЭТФ методом послойной хемосорбции были сформированы наночастицы CdS. Были исследованы образцы ПЭТФ и нанокompозиты ПЭТФ/CdS на его основе с тремя и девятью циклами формирования. Изменение диэлектрических параметров (ε , $\text{tg}\delta$ и ρ) в переменном поле измеряли с помощью измерителя иммитанса E7-20 при скорости нагрева 2,5К/мин. Облучение образцов произведено на установке МРХ- γ -25М на основе изотопа Co^{60} .

Обсуждения результатов: Из зависимостей диэлектрических параметров (ε , $\text{tg}\delta$ и ρ) от дозы облучения D видно, что ПЭТФ относительно устойчив к воздействию гамма излучения. А в диэлектрических параметрах композитов ПЭТФ/CdS наблюдается некоторое изменение в дозовых зависимостях (Рис.1).

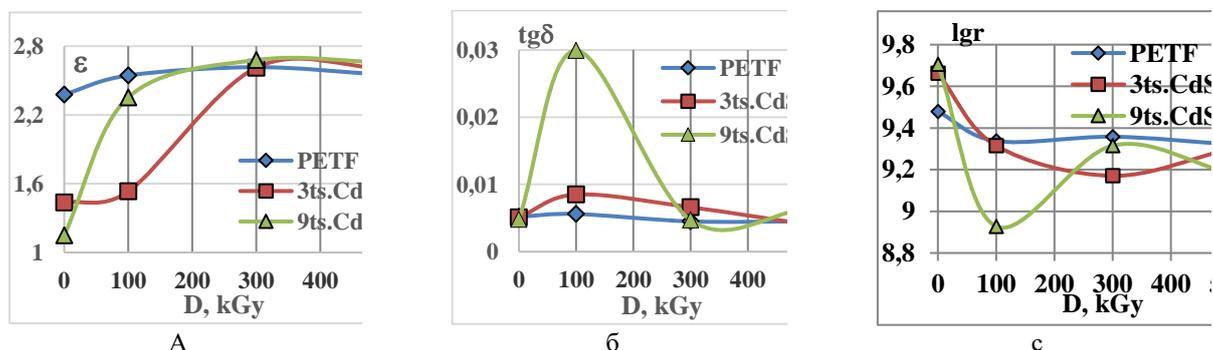


Рисунок 1 - Зависимость диэлектрических параметров от дозы облучения пористого ПЭТФ и композитов на его основе ПЭТФ/CdS сформированных при различных тсиклах: а- $\varepsilon(D)$; б- $\text{tg}\delta(D)$; в- $lgr(D)$

Так, начальное значения ε для композитов имеет пониженное значение в сравнении с исходным ПЭТФ. После воздействие гамма излучения наблюдается рост значения диэлектрической проницаемости с дальнейшей стабилизацией после определенной дозы. Стабилизация для композитов ПЭТФ/9цикл.CdS наблюдается при значении дозы 100 кГр, а для композитов ПЭТФ/3цикл.CdS при значении дозы 300кГр. Наблюдаемые эффекты для диэлектрической проницаемости ПЭТФ/CdS считаем, что является результатом поляризации Максвелла – Вагнера в межфазной границе матрицы с наполнителем и кроме этого двух других причин. Первый из этих

причин является деструкция в полимерной матрице при воздействии гамма излучения, который приводит к образованию в цепях фрагментов дипольного типа повышающий полярности системы и вторая, миграция сформированных в поверхностной и приповерхностной области пленок наночастиц CdS в глубину пор трековых мембран из ПЭТФ. Известно, что после воздействие ионизирующей радиации размеры наночастицы понижается в результате разложения их и можем сказать, что миграция по порам мембран облегчается. Из зависимостей видно, что с увеличением дозы облучения, причины, перечисленные наверху, приводит к некоторому понижению удельного сопротивления, которой сопровождается повышением тангенса угла диэлектрических потер исследуемых композитов ПЭТФ/CdS.

Таким образом, можно сказать, что изменение в диэлектрических параметрах нанокомпозитов ПЭНП/CdS зависит от улучшения взаимодействия полимерной матрицы с наночастицами CdS в объеме полимера и взаимоотношения процессов сшивки и деструкции после воздействия радиации.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ РЕАКТОРНОГО СПЛАВА САВ-1 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ПОСТРАДИАЦИОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ

Цай К.В., Рофман О.В., Яровчук А.В., Отставнов М.А., Максимкин О.П.

Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

Алюминиевые сплавы, содержащие кремний, применяются в ядерной энергетике благодаря комплексу ядерно-физических свойств, включающих высокую пластичность, теплопроводность и удовлетворительную стойкость к водной коррозии. Сплавы системы Al-Mg-Si (САВ, РАР) и их близкие аналоги (сплавы 6061 и 6063) используются в конструкционных элементах активной зоны, в системах охлаждения и управления исследовательских ядерных реакторов. В исследовательском реакторе ВВР-К (Алматы, Казахстан) низколегированный сплав САВ-1 в закаленном и естественно состаренном состоянии служит материалом защитных оболочек твэлов и стержней автоматического регулирования, а также каналов, чехлов, трубопроводов.

В работе представлены результаты материаловедческих исследований влияния нейтронного облучения и старения на микроструктуру, микротвердость и коррозионную стойкость сплава САВ-1 (Al-Mg-Si). Рассматриваемые образцы вырезали из отработавших деталей активной зоны реактора ВВР-К, облученных нейтронами до флюенсов $10^{21} - 10^{26}$ н/м² при температуре <math><100^{\circ}\text{C}</math> и, после вывода из эксплуатации, находившихся в сухом хранилище около 20 лет. Изучение микроструктуры и свойств облученных материалов проводили с помощью методик просвечивающей электронной микроскопии и ЭДС-анализа (микроскоп JEM-2100 (JEOL) с приставкой X-max), измерения микротвердости Виккерса (микротвердомер ПМТ-3) и коррозионных испытаний.

Показано возрастание микротвердости реакторного сплава САВ-1 с ростом флюенса нейтронного облучения, а также ухудшение стойкости к питтинговой коррозии по сравнению с необлученным материалом. Исходная микроструктура сплава после облучения максимальным флюенсом нейтронов характеризовалась наличием следов радиационно - термического старения: кластеров дефектов и зародышей зон Гинье – Престона (ГП).

С целью имитации критических условий сухого хранения отработавших твэлов с ядерным топливом проведены изохронные отжиги (длительностью 1 час) при температурах 100 – 300^oC для облученных нейтронами образцов САВ-1, с последующим измерением микротвердости и коррозионными испытаниями.

Выявлены особенности изменения микроструктуры облученного нейтронами сплава САВ-1 при пострадиационном термическом старении: 1) образование развитых зон ГП и зародышей вторичных фаз при температурах $\leq 200^{\circ}\text{C}$; 2) стабилизация и рост частиц вторичных фаз (Mg₂Si, Si, β'' и др.) при 250^oC. Отмечено, что накопление мелкодисперсных частиц кремния приводит к локальному обеднению матрицы зерен по Si и обогащению по Mg, что существенно влияет на коррозионные свойства сплава.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № BR09158499 Министерства энергетики Республики Казахстан.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ GaS<Yb> ПРИ ОБЛУЧЕНИИ
ГАММА КВАНТАМИ

Мадамов Р. С., Тагиев Т. Б., Халилзаде А. Ш.

Институт Радиационных Проблем НАН. 370143, Баку, Азербайджан

В данной работе приведены результаты исследований электрических свойств монокристаллов GaS<Yb> 0.1 ат% облученными гамма-квантами с целью выяснения влияния взаимодействия структурных дефектов с радиационными дефектами на электрические свойства слоистого монокристалла GaS<Yb>.

Монокристаллы GaS, легированные Yb были получены методом Бриджмена и обладали проводимостью р-типа. Примесь итербия вводилась в шихту перед синтезом. Удельное сопротивление полученных образцов при комнатной температуре составляло $\sim 10^5$ - 10^6 Ом см.

Облучение образцов гамма- квантами осуществлялось на установке Co⁶⁰ при комнатной температуре. Для создания омических контактов, в качестве материала была, использовалась индий, которой выплавлялся на противоположной поверхности кристалла.

Исследована температурная зависимость электропроводности нелегированных и легированных редкоземельными элементами Yb монокристаллов GaS до и после облучения γ - квантами.

В нелегированного кристалле GaS электропроводности в области температуры $T=120\div 240$ К не зависит от температуры, а в области высоких температур $T>240$ К растёт с температурой. При этом найденные по наклону высокотемпературной ветви кривых $\sigma(10^3/T)$ значения энергии активации проводимости составляет ~ 0.90 эВ. Для легированных образцов до и после облучения на кривых $\sigma(10^3/T)$ наблюдается по два прямолинейных участка, соответствующих уровням, связанным с присутствием Yb -0.05 и 0,04 эВ. Это означает, что при облучении кристаллов GaS<Yb> вводятся дополнительный уровень с участием итербия. Однако следует отметить, что поведение ход кривых электропроводности в облученных образцах GaS<Yb> в интервале температур $T=200\div 270$ К отличается по сравнению с необлученных образцов. В области температур $T=200\div 270$ К в облученных образцах GaS<Yb> наблюдается, гашение проводимости, которое с увеличением дозы облучения глубина гашения уменьшается, а также ширина гашения смещается в высокотемпературного сторону. Обнаружено, что после облучения GaS<Yb>, $D=20, 50$ крад значение энергии активации примесного проводимости меняется с увеличением дозы облучения от $E=0.05$ эВ до $E=0.016$ эВ соответственно. В области высоких температурах ($T>200$ - 240 К) электропроводность образцов растёт с увеличением дозы облучения. Вычисленные значения энергии активации для облученных образцов изменяется от 0.86эВ до 0.68 эВ, что связано генерация дополнительных собственных заряженных радиационных дефектов и изменением их нахождения в кристаллических структурах.

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ СТАЛИ ЭК-181 ВЫЗВАННЫЕ ОБЛУЧЕНИЕМ ИОНАМИ КРИПТОНА
ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 350 °С

Диков А.С., Рофман О.В., Иванов И.А., Байгонов М.Т

Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан.

Феррито-мартенситные 12%- е хромистые стали с быстрым спадом наведенной радиоактивности являются перспективными конструкционными материалами для активных зон ядерных энергетических реакторов нового поколения. Условия работы в таких установках характеризуются комплексным сочетанием сложных эксплуатационных факторов – температура 320 – 700 °С, нейтронные потоки до 10^{16} см⁻²·с⁻¹, термомеханические нагрузки достигающие значений 0,5-0,6 предела текучести и т.д. [1]. В этой связи, исследование таких характеристик как склонность к радиационному охрупчиванию в диапазоне температур эксплуатации, а также деградация микроструктуры стали под воздействием облучения является актуальной задачей.

В работе изучено влияние облучения ионами Kг⁸⁴⁺ при температуре 330 °С на морфологию поверхности, микроструктуру и фазовый состав малоактивируемой жаропрочной феррито-мартенситной стали ЭК-181 (Fe-12Cr-2W-V-Ta-Ba).

Облучение ионами Kг позволяет моделировать каскадное рождение дефектов структуры и накопление продуктов деления ядерного топлива.

В исходном состоянии сталь ЭК-181 характеризуется дуплексностью структуры с высокой плотностью наночастиц размерами до 5 нм, которые представляют собой вторичные выделения типа VC однородно распределённые в объеме материала. Мартенситная фаза, сформированная в результате полиморфного превращения, представлена в виде пластинчатого и реечного мартенсита с соотношением ~ 1:3.

Исследования поверхности стали ЭК-181 после ионного облучения показали, что облучение ионами Kr^+ приводит к модифицированию поверхностного слоя и формированию нанокристаллической структуры изменяющей шероховатость поверхности [2]. Модифицированный слой затрудняет идентификацию микроструктурных особенностей стали.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № BR09158499 Министерства энергетики Республики Казахстан.

Литература:

1. Решетников Ф.Г., Бибилашвили Ю.Х., Головин И.С. и др. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов / Под ред. Ф.Г. Решетникова. Кн. 1. М.: Энергоатомиздат, 1995, 320 с.
2. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Д.М. Поута, Г. Фоти, Д.К. Джекобсона – М.: Мир, 1987. – 424 с.

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ CaF_2 , ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ He^{132}

Асылбаев Р.Н.¹, Баубекова Г.М.², Акилбеков А.Т.², Анаева Э.Ш.¹

¹НАО «Павлодарский педагогический университет», 140000, г. Павлодар, Республика Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
010008, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Монокристалл фторида кальция со структурой флюорита является широкощелевым диэлектриком с шириной запрещенной зоны 12,2 эВ. Распространённое применение данного материала связано, в первую очередь, с прозрачностью в широком спектральном диапазоне от 0,12 до 9,5 эВ. Данное свойство позволяет применять кристаллы в различных оптических приборах, особенно в качестве линз в ультрафиолетовой фотолитографии с рабочей длиной волны 193 нм. Кроме того, CaF_2 является дозиметрическим и сцинтилляционным материалом.

В исследовании были использованы монокристаллы CaF_2 с малым содержанием примесей Y^{3+} , выращенные из расплава в графитовом тигле по методу Бриджмана-Стокбаргера в Государственном оптическом институте им. Вавилова. Образцы были выколоты вдоль плоскости (111) в виде пластинок с размерами примерно 5×5 мм и толщиной 0,8–1 мм. В работе были использованы как не облученные образцы, так и образцы, облученные ионами He^{132} . Облучение ионами He^{132} выполнялось на циклотроне DC-60 (Нур-Султан, Республика Казахстан) с энергией ионов 1,75 МэВ/нуклон в диапазоне флюенсов $5 \cdot 10^{12}$ – 10^{14} ион/см². Основные результаты предыдущих исследований представлены в [1,2]

Для изучения спектров катодолюминесценции использовалась установка с двойным вакуумным монохроматором (диапазон энергии фотонов 4,5–11 эВ). Образец устанавливался в гелиевый вакуумный криостат (температурный диапазон 5–400 К). Характеристики облучения: энергия электронов 10 кэВ, длительность импульса электронов 10 нс, ток 0,5 мкА. При изучении кинетики затухания катодолюминесценции были применены следующие параметры: энергия электронов 10 кэВ, ток 0,5 мкА, частота импульса 5 кГц. Для аппроксимации кинетики затухания люминесценции в первом приближении были использованы экспоненциальные функции.

Для изучения свечения примесных центров, а также влияния ионного облучения на свечение АЛЭ были измерены спектры катодолюминесценции в кристаллах CaF_2 как необлученных, так и предварительно подвергнутых воздействию протонами или ионами He^{132} . Все измеренные нами спектры катодолюминесценции кристаллов CaF_2 содержат интенсивную полосу люминесценции с максимумом при 4,4 эВ, которая соответствует свечению автолокализованных экситонов. Наиболее интенсивна люминесценция в необлученном кристалле, тогда как облученные протонами и ионами He^{132} образцах наблюдается заметное тушение данной люминесценции. Для необлученных образцов CaF_2 были измерены при 77 и 295 К кинетики затухания катодолюминесценции из разных спектральных областей. Аппроксимации кинетик затухания свечений были выполнены с использованием трех экспоненциальных функций. В результате были вычислены времена

затухания свечений, регистрируемых в различных областях спектра катодолюминесценции при температурах 77 и 295 К.

Предварительное облучение тяжелыми высокоэнергетическими ионами вызывало сильное тушение люминесценции автолокализованных экситонов, возбуждаемой стационарным пучком электронов. Следует отметить, что интенсивность собственной люминесценции может служить как мера радиационных разрушений в широкощелевых материалах. Например, экситоны являются чрезвычайно чувствительными к структурным дефектам в твердых телах.

Работа поддержана Министерством образования и науки РК, грант № AP09562859.

Литература:

1. Assylbayev R., Akilbekov A., Dauletbekova A., Lushchik A., Shablonin E., Vasil'chenko E. Radiation damage caused by swift heavy ions in CaF₂ single crystals // Radiation measurements. – 2016. – Vol. 90. – P. 18-22.
2. Assylbayev R., Lushchik A., Lushchik Ch., Kudryavtseva I., Shablonin E., Vasil'chenko E., Akilbekov A., Zdorovets M. Structural defects caused by swift ions in fluorite single crystals // Optical materials. – 2018. – Vol. 75. – P. 196-203.

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОБАЛЬТОВЫХ НАНОСТРУКТУР В ПОРАХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ

Голота И.К., Козловский А.Л.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

Интерес к наноструктурам на основе кобальта обусловлен не только возможностью получения метастабильных фазовых состояний, но и его огромным потенциалом в практическом применении в таких областях как катализ, аккумуляторные источники питания, биомедицина и т.д.

Основной целью данной работы является систематическое изучение влияния прикладываемой разности потенциалов на структурные свойства, фазовый состав Co-наноструктур полученных с применением темплатного метода синтеза. Новизна работы заключается в детальном изучении фазовых превращений при различных разностях прикладываемых потенциалов и их влиянии разного фазового состава на магнитные и проводящие свойства, а также оценке возможности получения нанопроволок не только однофазного состава (hcp) или (fcc), но и их смешанного типа с различным содержанием фаз, что можно в дальнейшем использовать в практическом применении для магнитной записи или катализе. Смешанный фазовый состав нанопроволок может привести к неординарным изменениям в магнитных и проводящих свойствах.

В работе рассмотрено влияние разности прикладываемых потенциалов на структурные, магнитные и проводящие свойства, а также фазовый состав Co нанопроволок полученных методом электрохимического синтеза. Установлены зависимости изменения структурных параметров для Co нанопроволок, а также фазовые превращения от разности прикладываемых потенциалов. Показано, что использование разности прикладываемых потенциалов 1.25-1.5 В позволяет получать нанопроволоки с гексагонального типа кристаллической решетки, а увеличение разности потенциалов до 2.5-2.75 В позволяет получать структуры с доминированием кубической гранцентрированной фазой с выделенным направлением текстуры. Изменение степени текстурирования Co нанопроволок приводит к изменению магнитных характеристик, а также изменению графиков вольт-амперных кривых. Показана перспективность применения метода электрохимического синтеза для получения Co нанопроволок к различным фазовым составом, путем изменения разности прикладываемых потенциалов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Ыскаков А^{1,2,3}, Васильевский И.С⁴, Булавин М.В.³

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г.Нур Султан, Казахстан

²Институт ядерной физики Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

³Объединенный институт ядерных исследований, г.Дубна, Россия

⁴ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г.Москва, Россия

Полупроводниковые гетероструктуры являются более сложными, составными материалами, чем однородные полупроводники. В связи с тем, что в современных гетероструктурах электронный поток локализован в поперечном пространственном измерении размерами порядка 10-20 нм, деградация электрических и оптических параметров в таких структурах будет отличаться от объемных полупроводников.

Гетероструктуры имеют важное значение в области СВЧ электроники, лазеров, фотоники и сенсоров. С другой стороны, в отличие от сведений по механизмам радиационной деградации в объемных полупроводниках, в многослойных современных гетероструктурах данных по радиационной деградации в открытых источниках оказывается крайне мало. Однако, в связи с растущими потребностями работы электронных устройств наблюдается расширение режимов работы устройств в экстремальные диапазоны — воздействия высоких температур, ионизирующих излучений, потоков заряженных частиц, радиации, области применения электронных материалов. В области радиационного материаловедения полупроводников особенно важными направлениями является космические применения, спутниковая связь в режиме выброса солнечной радиации, экстремальная радиац. нагрузка устройств вблизи стенки реактора термоядерного синтеза.

В связи с этим комплексное исследование процессов деградации свойств полупроводниковых гетероструктур InAlGaAs под действием нейтронного облучения представляется важной и своевременной задачей.»

Результаты исследование влияние дозовых эффектов при облучении быстрыми нейтронами эпитаксиальных полупроводниковых наногетероструктур A_3As с различным содержанием InAs в наноразмерном канале InyGa1-yAs с высокой электронной плотностью ($0,5 \div 3 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}$) на их структурные свойства в диапазоне флюенсов $5 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}$ для оценки и анализа радиационной стойкости современных материалов электронной компонентной базы СВЧ и функциональной электроники на основе арсенидных гетероструктур показаны на рис .1.

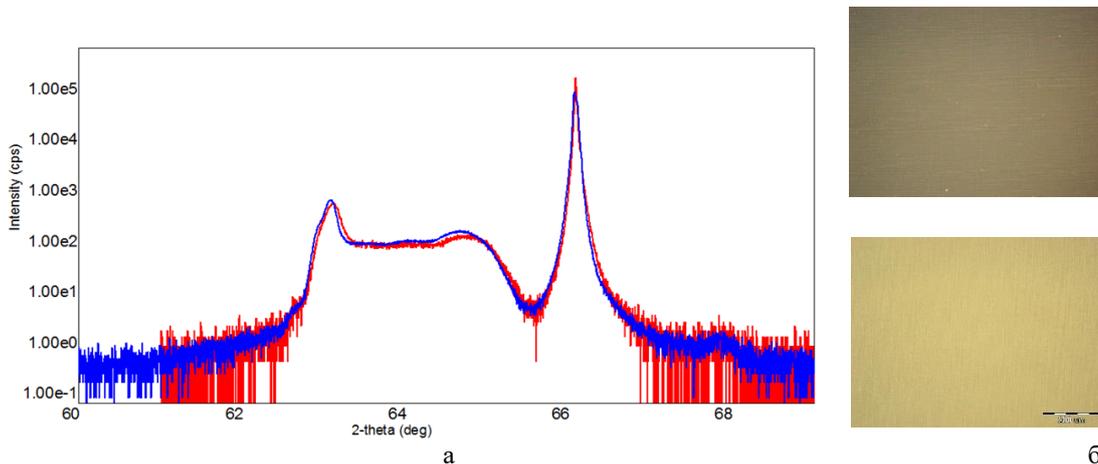


Рисунок 1– Рентгенодифракционный анализ до и после облучения (а), оптическая микрофотография поверхности МНЕМТ образцов до и после облучения (б)

В целом, для данного флюенса не наблюдается заметного изменения структурных параметров и деградации тонкой структуры рентгеновской дифракции, таким образом, структурные свойства образцов остаются достаточно хорошими. Не наблюдается изменение параметров решетки наноразмерных активных слоев (это привело бы к смещению угловых положений максимума), или генерации кластерных дефектов или дислокаций с высокой плотностью, (это приводило бы к увеличению полуширины пиков и росту фонового сигнала вдали от основных пиков).

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ
В НИТРИДЕ АЛЮМИНИЯ**

Козловский А.Л.

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

Одним из перспективных материалов для ядерной энергетики, в частности, конструкционных материалов для высокотемпературных реакторов нового поколения, являются керамики на основе нитрида алюминия, обладающие высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами. Данный тип керамик нашел широкое применение в качестве основы для микроэлектронных устройств, теплоизоляционных материалов, космической и реакторной техники [1-3].

В работе, применяя метод съемки рентгеновских дифрактограмм в развертке $\varphi=0-360^\circ$, показана кинетика изменения геометрии кристаллитов, а также деформации кристаллической решетки вдоль осей а и с керамик нитрида алюминия в результате гелиевого распухания. Кинетика деградации керамик AlN была смоделирована путем облучения низкоэнергетическими ионами He²⁺ (40 кэВ) с дозами облучения 10¹⁶-10¹⁸ ион/см². Выбор энергий, доз и типа ионов обусловлен возможностью моделирования процессов гелиевого распухания и последующей деструкции приповерхностного слоя толщиной до 0.5 мкм. В ходе проведенных экспериментов показано, что основные структурные искажения происходят при дозах выше 10¹⁷ ион/см² и связаны с возникновением анизотропии формы кристаллитов, а также деформации кристаллической решетки вдоль обеих осей. Анизотропия формы кристаллитов, возникающая при большедозном облучении, обусловлена процессами дробления зерен, формированием аморфных включений в структуре приповерхностного слоя, а также процессами окисления и последующей коррозии приповерхностного слоя, подверженного облучению. Анализ топографических изображений поверхности керамик до и после облучения, а также результаты картирования свидетельствуют о формировании вблизи дефектных областей большого скопления кислорода, наличие которого связано с процессами деградации и внедрения с последующим образованием оксидных включений.

Литература:

1. Kozlovskiy, A. L., et al. "The influence of the energy of incident protons on the defect formation and radiation resistance of AlN ceramics." *Solid State Sciences* 107 (2020): 106367.
2. Kozlovskiy, A. L., I. E. Kenzhina, and M. V. Zdorovets. "Study of radiation resistance to helium swelling of AlN ceramics in case of irradiation with low-energy He 2+ ions with energy of 40 keV." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* (2021): 1-11.
3. Kozlovskiy, Artem L., et al. "Dynamics of radiation damage in AlN ceramics under high-dose irradiation, typical for the processes of swelling and hydrogenation." *Crystals* 10.6 (2020): 546.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ
В ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ**

Арутюнян В. В., Алексанян Э. М., Бадалян А. О.

Национальная научная лаборатория им А. Алиханяна, Ереван, Армения

При разработке космических средств требуются новые материалы, которые должны выдерживать нагрузки космических полетов (высокие температура и давление, вибрационные нагрузки на этапе выведения, низкие температуры космического пространства, глубокий вакуум, радиационное воздействие, микрочастицы и т.д.) и иметь достаточно низкую удельную массу.

Целью настоящей работы является исследование радиационных и физических свойств новых композитных терморегулирующих покрытий с применением синхротронного излучения в вакуумной ультрафиолетовой области.

Терморегулирующие покрытия (ТРП) нового поколения предназначены для осуществления как функции пассивного терморегулирования, так и термостагирования. Назначение и применение разработанных покрытий не ограничивается только нано спутниками, в будущем станут незаменимыми для поддержания теплового режима любых космических объектов, включая спутники, станции, возвращаемые аппараты. Материалы ТРП

для КА должны иметь низкий коэффициент поглощения (α_s) и высокий коэффициент отражения (ϵ) в широком диапазоне излучения, а также высокую радиационную стойкость. Для проведения исследований по изучению радиационных и спектроскопических свойств композитных ТПП были использованы образцы полученные методом гидротермального микроволнового синтеза силиката циркония. Силикат циркония является перспективным оптическим люминесцентным материалом благодаря высокому квантовому выходу при возбуждении, стабильности технологических свойств, устойчивости к химическим и тепловым воздействиям.

Исследованы спектроскопические характеристики пигмента для ТПП-силиката циркония ($ZrSiO_4$) (возбуждение люминесценции и люминесцентные свойства) с применением синхротронного излучения широкой области спектра 2-20 эВ на станции SUPERLUMI лаборатории HASYLAB. Эксперименты выполнены при температурах 300 и 10К. Наблюдаемые в спектрах возбуждения люминесценции и люминесценции исследуемых $ZrSiO_4$ широкополосные полосы в области 3.0-11.0 эВ характерны для многих силикатов, что обычно связываются с излучением дефектных примесных центров и $[SiO_4]^{4-}$, обусловленных присутствием примесных ионов и локальными искажениями кремний-кислородных тетраэдров. Нарушение регулярных связей в циркониевых и кремниевых подрешетках может привести к возникновению короткоживущих оптически-активных дефектов, как например, анионные вакансионные центры люминесценции, типа F и F^+ в УФ и ВУФ областях спектра. Образование указанных анионных центров люминесценции может происходить под действием квантов света высокой энергии, как например, синхротронное излучение, в результате в объеме кристаллической решетки генерируются электронно-дырочные пары, часть из них рекомбинируют.

Возбуждение люминесценции и фотолюминесценция в силикатах в оптически- активных центрах фотонами с энергией в области межзонных переходов процесс их релаксации включает стадию формирования многокомпонентных дефектных комплексов и эффективно возбуждаются в области УФ–ВУФ излучения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ И НАНОКЕРАМИК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $CaF_2:SrF_2:YbF_3$

Ашууров М.Х.^{1,2}, Нурутдинов И.², Бойбобоева С.Т.²

¹ ГНПП “Фонон” РУз., ул. Кичик Халка Йўли 50, Ташкент, 100054, Узбекистан

² Институт Ядерной Физики АН РУз., пос. Улугбек, Ташкент, 100214, Узбекистан.

Кристаллы CaF_2 , активированных редкоземельными элементами, используются в качестве активной среды лазера в связи с известными хорошими оптическими, механическими и термическими свойствами. По этой причине на сегодняшний день считаются одними из наиболее перспективных матриц для твердотельных лазеров. Популярность иттербиевых лазеров обуславливаются отсутствием собственного концентрационного тушения, т.е. возможность создания сред с высокой концентрацией активатора [1]. Тем не менее, известным монокристаллам $CaF_2:Yb^{3+}$ присущ и ряд как технологических, так и спектроскопических недостатков, которые могут ограничивать их использование. Одним из направлений поиска новых материалов с необходимыми свойствами в современном материаловедении является усложнение химического состава, т.е. переход от однокомпонентных к многокомпонентным кристаллам. Процесс синтеза монокристаллов твердых растворов $CaF_2-SrF_2-YbF_3$, которые обеспечивают более низкого порога генерации и более высокой эффективности (полный КПД составляет 53%, дифференциальный КПД-83%) лазеров на их основе, более прост, чем синтез монокристаллов типа $MeF_2:YbF_3$ ($Me=Ca, Sr$) [2]. Другим направлением поиска эффективных лазерных и сцинтилляционных материалов является синтез оптических нанокерамик на основе фторидов щелочноземельных элементов соответствующего состава [3]. В настоящей работе проводились сравнительные исследования различных иттербиевых центров в монокристаллах и нанокерамиках твердых растворов $CaF_2:SrF_2:YbF_3$.

Спектры оптического поглощения (ОП) исходных кристаллических и керамических образцов $65CaF_2:30SrF_2:5YbF_3$ содержали полос поглощения (ПП) с максимумами при 227, 261, 273, 300 и 361 нм в УФ-области, а также группу линий при 860-1060 нм с максимумами при 922, 930, 966, 975, 1010 нм в ИК- области. Спектр поглощения ионов Yb^{2+} кристаллических образцов $CaF_2:YbF_3$ характеризуется четырьмя интенсивными ПП в УФ– области спектра с максимумами при: $A_1=227$ нм, $A_2=262$ нм, $A_3=274$ нм, $A_4=364$ нм [4]. Расположение максимумов этих полос практически не изменяются и в монокристалле, и в нанокерамике. В кристаллических образцах $CaF_2:YbF_3$ при концентрациях активатора 1~5 моль % как плечо полосы A_1 наблюдается полоса $G=214$ нм, но это полоса не наблюдалась в монокристалле и нанокерамике $65CaF_2:30SrF_2:5YbF_3$. Кроме того, малоинтенсивная полоса с максимумом 320 нм, наблюдаемая в образцах $CaF_2:YbF_3$, в твердых растворах $65CaF_2:30SrF_2:5YbF_3$ не обнаруживается. Вместо этого в твердых растворах зафиксирована полоса с максимумом ≈ 300 нм.

В кристалла $\text{CaF}_2:\text{YbF}_3$ при концентрациях активатора 1~5 моль % самый интенсивный пик поглощения находится при 978 нм [4]. Однако в монокристаллах и нанокерамике твердого раствора $65\text{CaF}_2:30\text{SrF}_2:5\text{YbF}_3$ это пик смещается в коротковолновую сторону до 975 нм. При переходе кристаллов от $\text{CaF}_2:\text{YbF}_3$ к $65\text{CaF}_2:30\text{SrF}_2:5\text{YbF}_3$ вместо полосы максимумом при 922 нм наблюдается два пика: 922 нм и 930 нм. Если учесть, что полоса с максимумом при 930, 967-969 нм обусловлена тетрагональными центрами C_{4v} , а полоса 975 нм – к тригональным центрам C_{3v} [1,4], то можно утверждать о том, что в монокристаллах и нанокерамиках твердого раствора $65\text{CaF}_2:30\text{SrF}_2:5\text{YbF}_3$, в основном, образуются тетрагональные C_{4v} и C_{3v} центры.

Наши экспериментальные результаты показывают, что изменение состава твердых растворов $\text{CaF}_2:\text{SrF}_2:\text{YbF}_3$ при добавлении SrF_2 в кристаллическую систему приводит к изменению формы спектров поглощения, а так же к изменению интенсивностей отдельных линий и смещению максимума спектра поглощения в коротковолновую область в ИК- области спектра. При этом, помимо смещения в коротковолновую область, наблюдается и сужение самой интенсивной полосы поглощения в ИК-области, которое, по-видимому, связано с уменьшением числа различных оптических центров ионов Yb^{3+} , которые приводит к уменьшению неоднородного уширения линий поглощения. Это позволяет получать требуемые спектроскопические свойства редкоземельного иона, т.е. позволяет управлять положением и интенсивностью линий поглощения за счет изменения состава твердых растворов.

Литература:

1. Реут Е.Г. Оптика и спектроскопия. С.Петербург, 1976. Т.40. С.99–103.
2. Т.Т. Басиев, С.В. Васильев, и др. Квантовая электроника, 2007, том 37, №10, 934–937.
3. Т. Т. Basiev, M. E. Doroshenko, P. P. Fedorov, V. A. Konyushkin, S. V. Kuznetsov, V. V. Osiko, and M. Sh. Akchurin.
4. Optics letters 2008 Vol. 33, No. 5 Pp.521-524.
5. Ашуров М.Х., Бойбобоева С.Т., Нуридинов И и др. Неорганические материалы. - Москва, 2016. -Т. 52, № 8. - С.842-850.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ СЛОИСТОГО МОНОКРИСТАЛЛА GaSe ПРИ ОБЛУЧЕНИИ γ - КВАНТАМИ НА АСМ

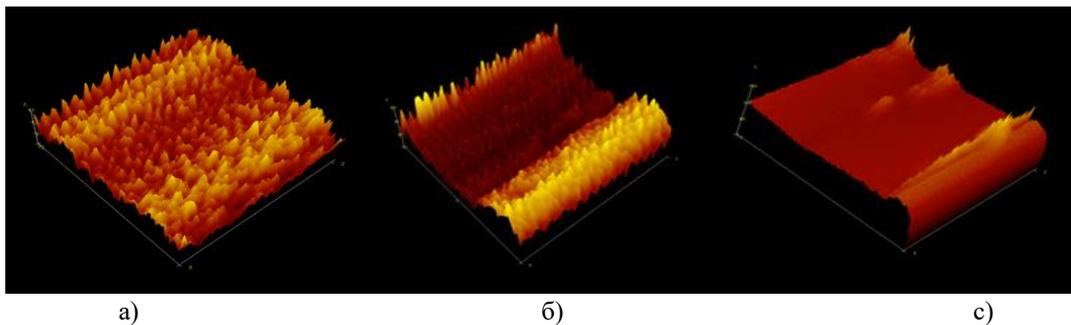
Садыглы Л.Е., Бахышова К.З.

Институт Радиационных Проблем НАкадемия Наук Азербайджана Баку, Азербайджан

В последнее время растет интерес к кристаллическим веществам с высокой анизотропией физических свойств. Этот интерес связан с их возможными приложениями для устройств. GaSe представляет собой монокристалл полупроводника со слоистой структурой, и интерес к этому материалу стимулируется не только его основными свойствами, но и возможностью его практического применения. Кристаллы со слоистой структурой, такие как GaSe, характеризуются сильной (ковалентной) связью внутри слоев и слабой (вероятно, Ван-Дер-Ваальсовой) связью между слоями.

Исследованный нами GaSe представляет собой слоистый кристалл, полученный методом направленной кристаллизации Бриджмена-Стокбергера, и в монокристалле слои расположены в 4-слойной последовательности Se-Ga-Ga-Se вдоль оси «С»-атомов. Полупроводниковый монокристалл GaSe р-типа характеризуется зеркальной поверхностью, дефектным монокристаллом с нерегулярной структурой. Из-за высокой концентрации дефектов в кристалле (10^{17} см^{-3}) свойства кристалла зависят от концентрации дефекта [1]. Для контроля концентрации используется радиационная технология. В представленной работе поверхностные эффекты монокристалла GaSe до и после облучения (при различных дозах облучения γ -квантами: 50 и 100 крад) исследовались в контактном режиме с помощью Атомно-Силового Микроскопа (АСМ) с использованием зондового сканирующего микроскопа NanoEducator, с горизонтальным обзором 50 нм.

На изображениях показаны морфологические изменения в трехмерных изображениях поверхности на исходной (до облучения) поверхности монокристалла GaSe (рис.1а), $D_\gamma = 50$ крад (рис.1б) и $D_\gamma = 100$ крад (рис.1с), соответственно.



а) Исходное (до облучения) 3D изображение поверхности кристалла GaSe;
б) 3D изображение поверхности кристалла GaSe при дозе облучения $D_\gamma=50$ крад;
в) 3D изображение поверхности кристалла GaSe при дозе облучения $D_\gamma=100$ крад

При исследовании поверхностных эффектов методом АСМ было обнаружено, что с увеличением дозы облучения наблюдаются изменения дефектной структуры по объему кристалла. Так, при увеличении дефектов структуры (р-типа) при дозе облучения $D_\gamma=50$ крад избыток Se, при дозе облучения $D_\gamma=100$ крад наблюдается «сглаживание» дефектов с увеличением структурно противоположных дефектов (n-типа).

Литература:

1. А.З. Абасова, Р.С. Мадатов, В.И. Стафеев, Радиационно-стимулированные процессы в халькогенидных структурах, Баку - «ЭЛМ»-2010, 349 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА ДОПИРОВАННЫХ Gd В ГИПЕРТЕРМИИ

Егізбек К.Б.¹, Козловский А.Л.¹

¹Институт Ядерной Физики, Нур-Султан, Казахстан

В современном мире магнитные наночастицы являются одним из важных классов магнитных наноматериалов [1,2]. Их малые размеры, большая площадь удельной поверхности, а также кристаллическая структура и устойчивость к деградации открывают широкие перспективы применения в различных областях науки и техники.

Целью данной работы является изучение влияния фазового состава синтезированных наночастиц $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3$ на эффективность применения в качестве основы для экспериментов магнитной гипертермии. Данный класс структур является одним из наиболее перспективных материалов для биомедицинского применения и magnetic resonance imaging. В ходе исследования установлена динамика фазовых превращений наночастиц $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{GdFeO}_3 \rightarrow \text{GdFeO}_3$ в зависимости от температуры отжига. Определено, что преобладание в структуре наночастиц фазы GdFeO_3 приводит к укрупнению их размеров с 15 до 40 нм. Однако в ходе экспериментов по определению устойчивости к деградации и коррозии установлено, что наибольшей коррозионной стойкостью обладают наночастицы GdFeO_3 . В ходе гипертермических испытаний установлено, что изменение фазового состава наночастиц приводит не только к увеличению скорости нагрева наночастиц, но и увеличению удельной величины поглощения, что свидетельствует о большом количестве выделяемого тепла в единицу времени в локальной области. В ходе испытаний на цитотоксичность установлено, что все синтезированные наночастицы обладают низкой токсичностью и не вызывают бурной гибели клеток.

Литература:

1. Frimpong, Reynolds A., and J. Zach Hilt. "Magnetic nanoparticles in biomedicine: synthesis, functionalization and applications." *Nanomedicine* 5.9 (2010): 1401-1414.
2. Mohammed, Leena, et al. "Magnetic nanoparticles for environmental and biomedical applications: A review." *Particuology* 30 (2017): 1-14.

**ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ, ПОЛУЧЕННЫХ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОЙ, ГРАВИТАЦИОННОЙ И МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИЕЙ**

Шоканов А.К.¹, Верещак М.Ф.², Манакова И.А.², Тлеубергенов Ж.К.², Смихан Е.А.¹

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

²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Методами ядерной гамма-резонансной спектроскопии на ядрах ⁵⁷Fe, рентгеноструктурного анализа 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 определен элементный и фазовый состав, а также морфологический тип гранул.

Магнитную сепарацию узких фракций осуществляли с помощью магнитного сепаратора с регулируемой напряженностью магнитного поля путем подбора постоянных магнитов, отличающихся величиной магнитной индукции. В результате получен магнетитовый продукт с чистотой ~ 95% ферросфер.

Мессбауэровские спектры 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 образцов 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. 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 герцинита, входящие в состав алюмосиликатных глобул. Показано, что размер глобул алюмосиликатов напрямую связан с содержанием алюминия в них.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
СТЕКЛАМИ 0.5TeO₂-(0.5-x)WO₃-xV₂O₃**

Темір А.^{1,2}, Жумадилов К.Ш.², Козловский А.Л.¹

¹Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

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

В последние годы, одними из перспективных защитных материалов, обладающих достаточно хорошей прозрачностью, являются аморфноподобные стекла или керамики на основе TeO₂, WO₃, SiO₂, Bi₂O₃, Sm₂O₃, Nb₂O₅, MoO, NaO, CeO₂ и т.д. [1-3]. Интерес со стороны исследователей к данным структурам обусловлен их уникальным сочетанием структурных, оптических, прочностных свойств, а также высокой плотностью, сравнимой с плотностью свинца [1-3]. Большой интерес среди всех комбинаций данных оксидов представляют структуры на основе TeO₂, WO₃ и Bi₂O₃, обладающие не только хорошими показателями прочности и оптических характеристик, но и высокими показателями экранирующих характеристик.

Работа посвящена исследованию влияния изменения концентрации V₂O₃ в структуре теллуридных стекол 0.5TeO₂-(0.5-x)WO₃-xV₂O₃ на оптические, экранирующие и прочностные характеристики. В качестве метода получения стекол был выбран механохимический способ с последующим спеканием при температуре 1000°C. Данный способ получения стекол позволяет получать аморфноподобные стекла с высокими показателями прочности. В ходе определения прочностных свойств установлено, что увеличение концентрации V₂O₃ приводит к увеличению прочности на 30-50 % при концентрациях x=0.2-0.25. В ходе измерений оптических свойств было

определено, что увеличение концентрации Bi_2O_3 приводит к изменению величины пропускания, а также смещению края фундаментального поглощения. Анализ экранирующих характеристик показал, что увеличение концентрации Bi_2O_3 приводит к увеличению поглощающей способности стекол, а в случае экранирования гамма-излучения с энергиями 130 кэВ практически полному поглощению гамма-квантов, вероятность поглощения составила более 96 %.

Литература:

1. Kozlovskiy, A. L., and M. V. Zdorovets. "Effect of doping of $\text{Ce}^{4+/3+}$ on optical, strength and shielding properties of $(0.5-x)\text{TeO}_2-0.25\text{MoO}-0.25\text{Bi}_2\text{O}_3-x\text{CeO}_2$ glasses." *Materials Chemistry and Physics* (2021): 124444.
2. Temir, A., et al. "Study of the effect of doping CeO_2 in $\text{TeO}_2\text{-MoO-Bi}_2\text{O}_3$ ceramics on the phase composition, optical properties and shielding efficiency of gamma radiation." *Optical Materials* 115 (2021): 111037.
3. Temir, A., et al. "Synthesis, phase transformations, optical properties and efficiency of gamma radiation shielding by $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2\text{-WO}_3$ ceramics." *Optical Materials* 113 (2021): 110846.

КИНЕТИКА ДЕСОРБЦИИ ГЕЛИЯ ИЗ СТАЛИ 12X18H10T ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ НАСЫЩЕНИЯ

Акаев С.О.^{1,2}, Кислицин С.Б.², Партыка Я.³

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан.

²Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан.

³Люблинский технический университет, Люблин, Польша.

Приведены результаты сравнительных исследований кинетики десорбции гелия при линейном нагреве образцов аустенитной нержавеющей стали 12X18H10T насыщенных разными способами: облучение на ускорителе ДЦ-60 Астанинского филиала ИЯФ, реакторах ВВР-К и БН-350.

Облучение на ускорителе проводилось на низкоэнергетическом канале двухзарядными ионами гелия с энергией 22.5 кэВ/заряд, т.е. полный заряд альфа-частицы равен 45 кэВ. Температура облучения не превышала 473 К. Флюенс α -частиц составил $1 \cdot 10^{18}$ ион/см².

Насыщение образцов в реакторе ВВР-К проводилось в наполненных гелием ампулах при температуре 1033 К. Давление гелия при облучении не превышало атмосферного. Флюенс за время облучения составил $9 \cdot 10^{23}$ н/м², что составляет ~ 1 смещения на атом (сна), при плотности нейтронного потока ($E > 0,1$ МэВ) $7.6 \cdot 10^{16}$ н/(см²).

В качестве образцов для исследования, облученных в реакторе БН-350, были использованы образцы вырезанные из граней чехла ОТВС Н-214 с разных отметок по высоте сборки относительно центра активной зоны реактора. Доза облучения исследуемых образцов составляла ~ 2 и ~ 15 сна, температура облучения 673 и 610 К соответственно.

Проведенные исследования термодесорбции гелия показали, что кинетика его выделения из образцов облученных ионами, т.е. при одновременном введении в сталь гелия и радиационных дефектов, отлична от кинетики выделения гелия из образцов, облученных в реакторах. На спектрах термодесорбции образцов насыщенных гелием при реакторном облучении пики интенсивного выделения гелия из стали расположены в низкотемпературной области, до 680 К, в то время как основное выделение гелия имплантированного в сталь при ионном облучении происходит при более высокой температуре ~ 823 К. По всей вероятности, это связано с особенностями его подвижности и удержания на дефектах структуры. Игнорирование этих особенностей может привести к некорректной трактовке результатов при проведении имитационных исследований воспроизводящих реакторное облучение.

Работа была выполнена при поддержке Министерства энергетики Республики Казахстан. (Программа целевого финансирования BR09158499 «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе казахстанских ускорительных комплексов»).

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ МЕДИ И АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ 12Х18Н10Т И AISI 304, ОБЛУЧЕННЫХ НЕЙТРОНАМИ

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

Институт ядерной физики РК, г. Алматы, Республика Казахстан

В процессе пластической деформации материал металлического образца самопроизвольно расслаивается на активно деформирующиеся области и области, деформация в которых близка к нулю. Современные представления о природе пластической деформации основываются на том, что в металлических поликристаллах она развивается локализовано последовательно или одновременно на различных масштабно-структурных уровнях — на микроскопическом, мезоскопическом и макроскопическом. Пластическая нестабильность принимает различные, немногочисленные формы, закономерно сменяющие одна другую, и оказывает значительное влияние на формирование механических свойств материалов, в том числе облученных высокоэнергетическими частицами.

Проведены механические испытания меди и реакторных аустенитных сталей 12Х18Н10Т и AISI 304, которые при схожем содержании легирующих элементов, отличаются содержанием никеля и титана. После термообработки в вакууме образцы были облучены в активной зоне исследовательского реактора ВВР-К (ИЯФ, Алматы) при температуре не выше 80°C до максимальной повреждающей дозы 0,4 сна. С использованием методов “цифровой маркерной экстензометрии” и магнитометрии определены критические характеристики прочности и пластичности, соответствующие началу шейкиобразования и показано хорошее соответствие результатов, полученных тремя независимыми способами.

В результате экспериментов было установлено, что величина “истинной” локальной деформации, соответствующая началу образования стабильной шейки в исследуемых материалах, с ростом флюенса снижается, в то время как величина “истинного” критического напряжения практически остается постоянной. Показано, что нейтронное облучение значительно влияет на пластичность металлов с гранецентрированной кубической решеткой только на стадии равномерной деформации. При этом локализованная деформация не зависит от дозы для всех исследуемых материалов.

Установлено, что образование шейки протекает в 2 стадии. На I стадии деформация сосредотачивается в небольшом объеме рабочей части образца. На II стадии проявляется геометрия шейки в виде песочных часов, значительная локальная деформация образца в этом сечении образца приводит к его утонению, и заканчивается разрушением.

В работе обсуждается роль нейтронного облучения и фазовых превращений в процессе пластической деформации на критические характеристики прочности и пластичности, соответствующие началу образования шейки, а также на стадии ее формирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК (Грант № AP08052488).

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ GSO ОБЛУЧЕННЫЕ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Нуритдинов И., Саудахмедов К.Х., Эсанов З.У.

Институт Ядерной Физики АН РУз, 100214, Ташкент
skhahramon@yandex.ru

Силикаты редкоземельных элементов относятся к эффективным люминофорам, которые успешно применяются в качестве детекторов в физике высоких энергий. Кристаллы силиката гадолиния-Gd₂SiO₅(Ce) также относятся к этой группе. Так как, этот монокристалл GSO, широко используется в качестве детектора, то изучение люминесцентных свойств под воздействием ионизирующих излучений является очень актуальным. В данной работе была исследована температурная зависимость люминесцентных характеристик (γ -люм-ГЛ) γ и n^0 - γ -облученных кристаллов GSO. Спектр люминесценции монокристалла GSO легированный с церием (содержание церия составляло 0,5 мол.%) при температуре 300К представляет собой широкую полосу с максимумом при $\lambda=440$ нм, с перегибом в длинноволновую область спектра. С увеличением флюенса нейтронов наблюдается тушение люминесценции. Это может быть обусловлено тем, что при больших флюенсах образуется

множество структурных дефектов как точечных так их комплексов, смещенные атомы и т.д. Они могут быть конкурентами при захвате зарядов, тем самым изменяя локальное окружение иона активатора Се, приводя к уменьшению интенсивности люминесценции. Как известно в церий легированных кристаллах (Gd_2SiO_5-Ce) ион активатор Се изовалентно замещая атомы Gd занимает два кристаллографических положения относительно атомов кислорода девятимерное CN(9) и семерное CN(7). Эти два центра свечения имеют свои полосы возбуждения и люминесценции, так называемые Се(1) $\lambda_{воз}=284$ и 345 нм люминесценции в области $\lambda_{люм}\sim 430-440$ нм, Се(2) $\lambda_{воз}=300$ и 378 нм люминесценции в области $\lambda_{люм}\sim 480$ нм [1]. В данном случае, с одним максимумом это связано со спектральной шириной и способом регистрации свечения. В большинстве случаев люминесценция с максимумом при $\lambda\sim 430-440$ нм, доминирует. Хотя, на фоне интенсивного свечения при $\lambda\sim 430-440$ нм, можно выделить слабовыраженные полосы люминесценции при $\lambda=450$ и 510 нм. Понижением температуры до $80K$ наблюдается уменьшение интенсивности полосы свечения ГЛ. Наблюдаемое уменьшение интенсивности люминесценции можно объяснить автолокализацией электронных возбуждений (АЛЭВ), которая наблюдается в большинстве оксидных, в том числе и в силикатных, соединениях при низких температурах.

Литература:

1. Suzuki H., Tombrelo N.A., Melcher L.C. and Schweitzer J.S. UV and gamma-ray excited luminescence of cerium-doped rare-earth oxyorthosilicates. //Nucl. Instr. and methods in Physics Research 1992. A320. Issues 1–2. P.263-272.

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА $Ti_{1-x}Mo_xC$

Хидиров И., Рахманов С.Дж., Парпиев А.С., Махмудов Ш. А., Гетманский В.В., Жаксимуратов И.Ж.

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, 100214, Узбекистан
e-mail: parpiev@inp.uz

В последнее время в связи с острым дефицитом вольфрама возникла необходимость нахождения сплавов, замещающих вольфрам. Одним из таких сплавов могут быть сплавы системы Ti-Mo-C. Нами получены однофазные сплавы $Ti_xMo_{1-x}C$ (где $x = 0.74$ и $x = 0.70$) методом порошковой металлургии при температуре $2400 K$ и определены кристаллическая структура и среднеквадратичное смещение атомов в них. Согласно нейтроноструктурному анализу, эти сплавы имеют гранецентрированную кубическую структуру, описываемую в рамках пространственной группы $Fm\bar{3}m$ с параметрами решетки $a = 4.330 \pm 0.001$ и $a = 4.338 \pm 0.001$ Å, соответственно. В рамках данной пространственной группы атомы Ti и Mo взаимозамещены и статистически расположены в позициях 4 (b), а атомы C расположены в позициях 4 (a).

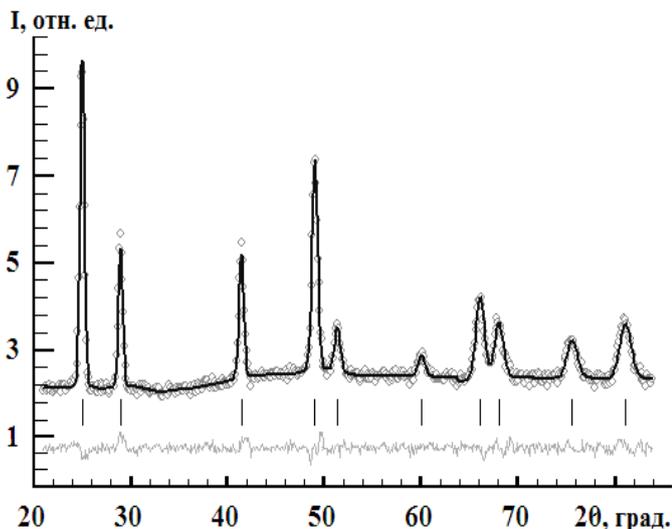


Рис. 1 - Нейтронграмма сплава $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ ($\lambda = 1.085$ Å)

Нами также определено усредненное среднеквадратичное смещение атомов $\sqrt{u_{\Sigma}^2}$ в данных сплавах $Ti_{0.74}Mo_{0.26}C$ и $Ti_{0.70}Mo_{0.30}C$ методами наименьших квадратов и полнопрофильного анализа по данным дифракции нейтронов и сравнено со среднеквадратичными смещениями тугоплавких сплавов систем Ti-C, Ti-N, Ti-C-N (табл. 1).

Судя по данным, приведенным в табл. 1, по-видимому, в трехкомпонентных сплавах появляются статические искажения из-за различия во внешних электронных конфигурациях составляющих элементов для Ti и Mo. Они имеют вид $3d^24s^2$ для Ti и $4d^55s^1$ для Mo. Они также различны также для C ($2s^22p^2$) и N ($2s^22p^3$).

Таблица 1 - Среднеквадратичное смещение атомов в решетке и параметры решетки ряда кубических тугоплавких сплавов

	Образец	$\sqrt{u_{\Sigma}^2}$, Å	Параметр решетки a , Å
1	Ti _{0.74} Mo _{0.26} C	0.101± 0.002	4.330±0.001
	Ti _{0.70} Mo _{0.30} C	0.110± 0.003	4.338±0.001
	TiC _{0.97}	0.084± 0.003	4.326±0.001
	TiN _{0.97}	0.089± 0.002	4.226±0.003
	TiC _{0.50} N _{0.50}	0.105± 0.001	4.302±0.002
	TiC _{0.50} N _{0.50}	0.105± 0.001	4.302±0.002

Поскольку стехиометрические сплавы TiC и TiN имеют весьма близкие значение СКС и отсутствуют статические искажения, то в стехиометрических трехкомпонентных сплавах различие в конфигурациях валентных внешних электронов приводит к появлению статических искажений в решетке. Из-за этих различий возникают неоднородные силы притяжения, приводящие к искажению кристаллической решетки. Об этом также свидетельствует значительное завышенное значение параметра решетки сплава Ti_{0.70}Mo_{0.30}C по сравнению с другими сплавами.

ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛАВООБРАЗНЫХ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ 4-ГО БЛОКА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Габелков С.В.¹, Зубко А.В.², Долин В.В.², Жиганюк И.В.¹

¹Институт проблем безопасности атомных электростанций НАН Украины, г. Чернобыль, Украина

²Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды Национальной академии наук Украины», г. Киев, Украина

Более 35 лет тому назад, 26 апреля 1986 года произошла авария на 4-м блоке Чернобыльской АЭС. В результате образовались сотни тонн лавообразных топливосодержащих материалов (ЛТСМ), которые и сегодня определяют экологическую, радиологическую и ядерную безопасность комплекса “Новый безопасный конфайнмент – Объект Укрытие” (НБК-ОУ). Проблема обращения с ЛТСМ является ключевой проблемой на пути преобразования комплекса НБК-ОУ в экологически безопасную систему.

Целью исследований физико-химических процессов в лавообразных топливосодержащих материалах является выщелачивание урана и его продуктов деления из микровключений оксида урана и перераспределение их в поровом пространстве ЛТСМ в виде урансодержащих соединений стойких к окислению и гидратированию. В дальнейшем, такое перераспределение может стать одним из элементов технологии кондиционирования ЛТСМ для дальнейшего контролируемого их хранения.

Исследовались образцы коричневой керамики, характерные для помещения 304/2 и парораспределительного коридора 4-го блока Чернобыльской АЭС. В работе [1] показано, что коричневая керамика ЛТСМ содержит урансодержащие кристаллические фазы урана, оксид и уранил силикат гидрат натрия-калия (Na,K)₂(UO₂)₂(Si₂O₅)₃·4H₂O. Уранил силикат гидрат натрия-калия образовался в ЛТСМ в результате радиационностимулированных процессов взаимодействия оксида урана во включениях с оксидами кремния, калия и магния из стеклофазы и воды из внешней среды.

Физико-химические процессы инициированы в образце ЛТСМ с использованием электрохимической ячейки [2] с диафрагмой, в центре последней помещен исследуемый образец. Ячейка заполнена водным раствором нитрата натрия различной концентрации. В результате электролиза в анодной и катодной реакции образуется азотная кислота и гидроксид натрия, концентрирующиеся соответственно в катодном и анодном пространстве. В процессе электролиза эти процессы фиксируются измерением уровня pH в катодной и анодной области. Генерируемые реагенты взаимодействуют с продуктами деления и активации из ЛТСМ приводят к их выщелачиванию и перераспределению в прианодной и прикатодной области. Эти процессы фиксируются путем измерений уровней γ -активности в прианодной и прикатодной областях ячейки. Происходит

последовательное анодное выщелачивание компонентов ЛТСМ в соответствии с их подвижностями (цезий, стронций, уран).

В области, непосредственно прилегающей к образцу ЛТСМ проходят как растворение, так и осаждение микровключений при взаимодействии гидроксида натрия, генерируемого на катоде. Эти реакции происходят без выведения радиоактивных веществ за пределы твердой фазы или непосредственно прилегающей к ней зоны, ограниченной диафрагменным пространством.

В результате исследований физико-химических реакций в электрохимической ячейке обеспечено выщелачивание и организовано осаждение урана и продуктов деления в поровом пространстве ЛТСМ.

Литература:

1. S.V. Gabielkov, I.V. Zhyganiuk, V.G. Kudlai, A.V. Nosovsky, P.E. Parkhomchuk, S.O. Chikolovets, and V.M. Shcherbin, Phase Composition of Brown Ceramics of Lava-like Fuel-Containing Materials of the Object "Shelter" ChNPP. // Nucl. Phys. At. Energy 20, (2019) – P. 388. <https://doi.org/10.15407/jnpae2019.04.388>.
2. Габелков С.В., Долин В.В., Жиганюк И.В., Зубко А.В., Краснов В.А. Лабораторная установка для исследования физико-химических процессов в поровом пространстве лавообразных топливосодержащих материалов. // VI Международная конференция INUDECO 21 (27–29 апреля 2021, г. Славутич) – С. 56.

ОСОБЕННОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАММА-ОБЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ И ЦЕОЛИТА

Байрамов М.Н.¹, Алиев Н.Ш.¹, Абыев Г.А.²

¹Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, AZ 1143, Баку, Азербайджан,

²Азербайджанский Медицинский Университет, AZ 1022, Баку, Азербайджан,

В настоящее время, одним из перспективных направлений в радиационной материаловедении является создания новых радиационностойких полимерных композиционных материалов на основе полиэтилена с минеральными наполнителями в том числе цеолитами [1, 2]. По сравнению с дорогостоящими синтетическими цеолитами, природные цеолиты намного дешевле и отличаются водостойкостью [2].

Объектом исследования выбран полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) марки 15803-20. В качестве минерального наполнителя использован природный цеолит (минеральный состав: клиноптиолит и гейландит – Айдагское месторождения Азербайджанской Республики). Пленочные образцы толщиной 140-200 мкм и диаметром 20мм, получены путем горячего прессования на гидравлическом прессе при температуре 403-413К и давлении 15 МПа с последующей закалкой их в смеси лед-вода. В композите объемное соотношение матрица: наполнитель составляло 60:40 и 40:60.

Электрическая емкость C (действительные значения диэлектрической проницаемости ϵ' рассчитывали по известной формуле $\epsilon' = C \cdot d / \epsilon_0 \cdot S$) и тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg} \delta$ образцов измерялось измерителем иммитанса E7-20 при температуре 293 К и частоте 1 кГц. Скорость изменения температуры 2К/мин. γ -облучение образцов композитов проводилось при комнатной температуре на установке RXM- γ -20 с источником излучения ⁶⁰Со. Мощность поглощенной дозы $16,5 \cdot 10^{-2}$ Гр/сек.

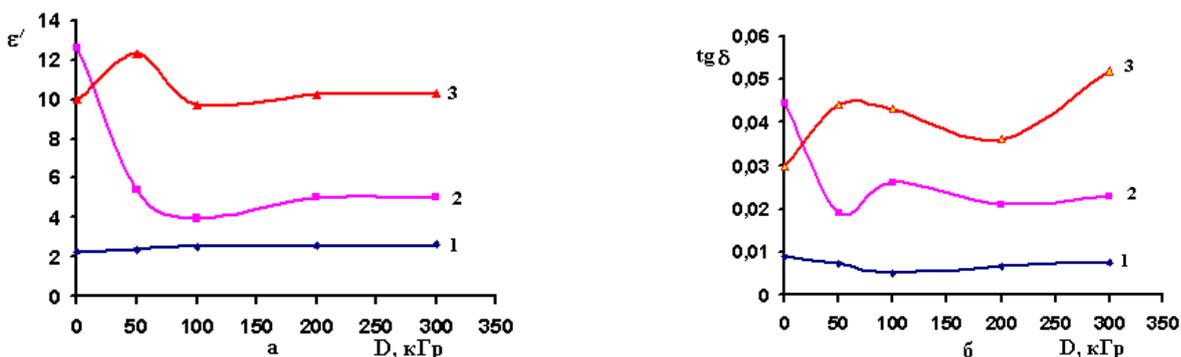


Рисунок 1 - Дозовая зависимость $\epsilon' = f(D)$ (а) и $\text{tg} \delta = f(D)$ (б) образцов ПЭНП (1) и композитов ПЭНП-40 об.% цеолит (2) и ПЭНП-60 об.% цеолит (3)

Изменения значений диэлектрической проницаемости (ϵ') и диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) в образцах композитов ПЭНП-цеолит после γ -облучения связаны с образованием при облучении дополнительных носителей зарядов (электронно-ионных пар) и радиационных дефектов [2].

Как видно из рисунка 1 (а и б), значение ϵ'_1 для образцов ПЭНП при дозах $D=0\div 300\text{кГр}$ изменяется незначительно ($\epsilon'_1=2,25-2,65$), для образцов ПЭНП- 40 об.% цеолит до $D=100\text{кГр}$ ϵ'_2 резко снижается (от $\epsilon'_2=12,6$ до 3,97-минимум) и далее при дозах $D=100\div 300\text{кГр}$ линейно увеличивается до $\epsilon'_2=5,04$, а для образцов ПЭНП-60 об.% цеолит до дозы $D=50\text{кГр}$ ϵ'_3 увеличивается (от 10 до 12,3 - максимум), далее снижается до $D=100\text{кГр}$ ($\epsilon'_3=9,73$ - минимум), при дозах $D=100\div 300\text{кГр}$ линейно увеличивается до $\epsilon'_3=10,32$. Из рис.1б. видно, что наименьшие диэлектрические потери наблюдается при $D=100\text{кГр}$ у образцов ПЭНП. ($\text{tg}\delta_1=0,005$) а, наибольшее при $D=300\text{кГр}$ у образцов ПЭНП-60 об.% цеолит ($\text{tg}\delta_3=0,052$). Изменение диэлектрических параметров зависит как от концентрации цеолита, так и от влияние γ -облучения на образцы исходного полиэтилена и полиэтиленового композита наполненных 40 и 60 об.% цеолитом. Эти изменения особенно проявляется при концентрации цеолита 60 об.% и дозах облучения до 100 кГр. Наблюдаемые изменения после γ -облучения в образцах композитов ПЭНП-40 об.% цеолит и ПЭНП-60об.% цеолит можно связать с процессами деструкции на начальной стадии облучения и сшивкой после дозы 100 кГр.

Литература:

1. А.М. Магеррамов, М.М. Кулиев, Н.Ш. Алиев, Р.С. Исмаилова, М.Н. Байрамов, И.И. Аббасов Диэлектрические свойства модифицированных γ – излучением композитов полиэтилена высокой плотности /ZnO. Вестник НТУ «ХПИ».2017. №44(1266), Харьков, с.3-18.
2. А.М. Магеррамов, В.Дж. Джафаров, М.Н. Байрамов, Н.Ш. Алиев, П.Ш. Алханов, Г.Х. Мусаева. Электрофизические свойства композитов на основе полиэтилена низкой плотности цеолитового минерала. Перспективные материалы. 2020 №8, с.67-72.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ ФЕРРИТА КОБАЛЬТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

Аргымбек Б.К.^{1,3}, Хаишаи А.², Козленко Д. П.¹, Кайзер М.², Савенко Б.Н.¹

¹ОИЯИ, Дубна, Россия

²Управление по атомной энергии Египта, Центр ядерных исследований

³Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

Кристаллическую и магнитную структуру феррита шпинеля $\text{CoFe}_{2-x}\text{Ce}_x\text{O}_4$ с различной концентрацией редкоземельных элементов ($x \leq 0,1$) изучали с помощью рентгеновской дифракции (XRD), магнитометра с вибрирующим образцом (VSM) и дифракции нейтронов (ND). (XRD) подтверждает образование образцов в наноразмерном масштабе с однофазной кубической структурой. Петли магнитного гистерезиса М-Н, полученные из VSM при 100 К, вводят магнитные параметры; M_s , H_c , M_r со значениями, превышающими их аналог комнатной температуры (RT). Были получены параметры кристаллов с помощью ND, такие как параметры решетки, длины межатомных связей и распределение катионов между октаэдрическими и тетраэдрическими кристаллографическими положениями, а также магнитный момент ионов железа. С увеличением концентрации церия наблюдается изменение соответствующих длин связей и магнитного момента железа в октаэдрической кислородной среде из-за преобладающего занятия этого кристаллографического положения ионами церия.

ПОЛУЧЕНИЕ БИНАРНЫХ СПЛАВОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ Vb и VIb
ПОДГРУПП С ЛЕГКОПЛАВКИМИ КАДМИЕМ, СВИНЦОМ И ОЛОВОМ
ОСАЖДЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

Володин В.Н., Калиева А.К., Тулеушев Ю.Ж., Жаканбаев Е.А.

РГП Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

К настоящему времени существует проблема получения сплавов металлов, имеющих весьма большие различия в физических свойствах. Одним из способов нивелирования различия, в первую очередь, температур плавления при получении твердых растворов – сплавов является использование размерного фактора. Исследователями разными методами установлено значительное – от нескольких десятков до сотен градусов понижение температуры плавления дисперсных частиц различных металлов с уменьшением размеров капель.

Родунер Э. (Roduner E.) [1, 2] при рассмотрении термодинамики малых систем отметил несколько ключевых моментов, частности: для достаточно малых систем представления о фазовом состоянии и фазовых переходах теряют смысл; для очень малых и изолированных систем огромную роль начинают играть флуктуации; в таких системах становится невозможным разумное определение понятия температуры; температура плавления и кипения жидких наноразмерных капель вещества всегда оказывается ниже соответствующих значений в объемной фазе того же материала и др.

Принимая во внимание изложенное, а также тот факт, что образование сплава – твердого раствора является подтверждением пребывания ультрадисперсных частиц в квазизжидком состоянии при низкой температуре, нами выполнено исследование по получению двойных сплавов тугоплавких металлов Vb и VIb подгрупп с легкоплавкими кадмием, свинцом и оловом осаждением наночастиц, имеющих целью определение критических размеров нанокластеров, способных к коалесценции, концентрационных границ существования и структуры полученных таким образом материалов.

В экспериментах использованы металлы с содержанием основного элемента, масс. %: ниобия – 99,6; тантала, молибдена, вольфрама – 99,9, кадмия, свинца и олова – 99,99. Приготовление образцов включало распыление мишеней в плазме низкого давления и осаждения распыленных частиц на перемещающиеся не обогреваемые подложки в виде островковых пленок – нанометровых субслоев до предполагаемой суммарной толщины покрытия.

Использование толщины субслоя в качестве размерного фактора обусловлено тем, что изменение температуры плавления пленок с уменьшением их толщины аналогично таковому для малых частиц [1, 2] вследствие того, что формирование их ведется по «островковому» принципу.

В результате выполненного исследования подтверждена возможность пребывания ультрадисперсных частиц металлов в квазизжидком состоянии, способных к коалесценции и образованию сплавов при низкой температуре. Установлено, что уменьшение размеров частиц ниобия менее 2,2 нм, тантала – 1,7 нм, молибдена – 1,5 нм, вольфрама – 0,68 нм и кадмия - менее 3,2-2,2 нм, приводит к самопроизвольному образованию твердых растворов на основе тугоплавких металлов при температуре около 100 °С. Параметры ОЦК-решеток твердых растворов ниобия, молибдена и вольфрама линейно увеличиваются из-за большего размера атомов кадмия. Для системы ниобия со свинцом и кадмием отмечена смена темпа роста кристаллической решетки, обусловленная изменением схемы размещения атомов примеси в матричной решетке ниобия. Отсутствие влияния высокого давления пара кадмия подтверждает протекание процесса образования сплавов при низкой температуре.

На основании критических размеров частиц металлов получены оценочные величины поверхностного натяжения на границе кристалл – расплав, составившие величину 0,56-1,22 Дж/м² для ниобия, 1,21 Дж/м² – для тантала, 1,25 Дж/м² - для молибдена, 0,53 Дж/м² – для вольфрама, на один-два порядка меньше для олова и свинца и $(5,77-14,2) \cdot 10^{-2}$ Дж/м² для кадмия.

Получение твердых растворов – сплавов тугоплавких металлов с кадмием является технологическим примером использования размерного эффекта при изготовлении новых материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (программа РБП 029).

Литература:

1. Roduner E. Size matters: why nanomaterials are different// Chem. Soc. Rev. 2006. V.35. P.583-592.
2. Родунер Э. Размерные эффекты в наноматериалах. М.: Техносфера, 2010. С. 192.

РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ГИДРИРОВАННОГО БНК
С УЧАСТИЕМ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мамедли Ш.М., Мамедов А.Х., Мамедов Д.Ш., Салехов А.Х., Ханкищиева Р.Ф., Мамедова Г.А.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан

Высоконасыщенный бутадиен-нитрильный каучук (ВНБНК) является одним из наиболее перспективных каучуков специального назначения. ВНБНК и материалы на его основе устойчивы к различным химическим агентам, обладают высоким сопротивлением к действию атмосферных факторов, хорошими физико-механическими свойствами.

В связи с тем, что является насыщенным эластомерам вулканизация его вызывает известные трудности. В настоящее время широко применяется вулканизация этих сополимеров пероксидами в присутствии небольших количеств серы. Для получения вулканизатов с высокими физико-механическими характеристиками приходится применять большие дозировки пероксид дикумила (4-5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука) что является крайне нежелательным в производственных условиях из-за вредности продуктов распада пероксида. Кроме того, наличие пероксида, как известно, отрицательно сказывается при тепловом и радиационном старении материалов.

В связи с изложенным представлялось целесообразным использовать для ВНБНК метод радиационной вулканизации, которой позволяет полностью исключить из рецептуры резин вулканизирующие агенты в частности пероксида.

Объектом исследования служил технический ВНБНК марки Зетпол (Япония) 98% насыщенности. Радиационная вулканизация осуществлялась на источнике Co^{60} мощностью 7800 г-экв радия. В процессе облучения температура в образцах не превышала комнатную более чем 10° . Образцы облучались в вакууме при остаточном давлении 10^{-2} мм рт. ст. или в пресс-формах.

При облучении полимера без добавок малыми дозами не происходит образования пространственной сетки. Более того, если при растворении в толуоле исходного полимера, не подвергавшегося облучению, имеется гель фракция, то после облучения дозами 150-300 кГр полимер полностью становится растворимым, что свидетельствует о деструкции молекулярных цепей.

Установлено, что при облучении большими дозами происходит укрупнение молекул и их поперечное сшивание вплоть до образование пространственной сетки введение наполнителя и сенсибилизатора типа триазиновых соединений (ТАС) приводит к некоторому увеличению скорости сшивания, радиационно-химических выход сшивания увеличивается примерно в 1,5 раза составляет 2,6 шивок на 100 эВ.

Показано, что введение в смесь печной технической углерод (ПЗ24) приводит резкому увеличению скорости и выход сшивания возрастает 3-4 раз при введении 60 мас.ч. технического углерода. При этом резко увеличивается прочностные свойства вулканизатов. Оптимальная доза облучения вулканизаты, наполненный печной солей, составляет 400-500 кГр.

СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА $CH_3NH_3PbI_3$ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ FLASH-ИСПАРЕНИЯ

Дюсембекова С.Б.^{1,2}, Кинев В. А.², Гладышев П.П.²

¹ Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

² Государственный университет «Дубна», г. Дубна, Россия.

Органо-неорганические гибридные перовскиты с общей формулой ABX_3 ($A=CH_3NH_3^+$, $HC(NH_2)_2^+$; $B=Pb$, Sn ; $X=I$, Br , Cl) представляют революционный класс светочувствительных материалов широко эксплуатируемых в новых поколениях солнечных батарей. Кристаллическая структура органо-неорганического перовскитного соединения $CH_3NH_3PbX_3$, в которых преимущества неорганического каркаса, включая термическую стабильность и высокую степень структурного порядка, могут быть также объединены с интересными характеристиками органических материалов, такие как функциональная универсальность, механическая гибкость и низкая стоимость производства [1]. Эта комбинация создает многообещающий потенциал для разработки чувствительных и быстрых фотодетекторов, предназначенных для распознавания изображений, оптической связи, обнаружения химических и биологических соединений. Гомогенные и

высококristаллические гибридные тонкие пленки перовскита могут быть получены методом Flash-испарения с уникальным контролем состава материала и толщины пленки [2]. Метод понижения температуры подходит для роста кристаллов перовскита, понижение температуры раствора вызывает насыщение растворенного насыщенного водного раствора HX ($X = Cl, Br, I$) предшественника перовскита, содержащего неорганическую соль металла и органическую галогенидную соль [3].

Синтезированы монокристаллы перовскитного состава, линейного размера $2*2*4$ мм. Преимущества данного метода состоит в том, что рост кристаллов легко контролировать и поддерживать стабильным, в результате чего получены высококачественные монокристаллы большого размера.

Для идентификации кристаллической структуры полученных кристаллов был проведен рентгеноструктурный анализ, подтверждающий образование перовскитной структуры. Методом Flash-испарения была получена и проанализирована перовскитная пленка, с использованием кристаллов состава $MAPbI_3$.

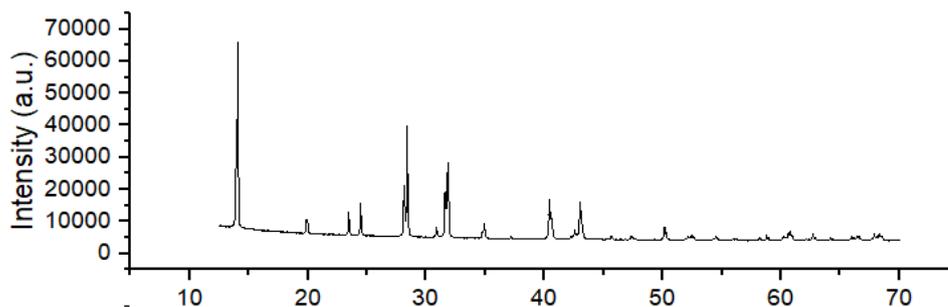


Рисунок 2 - Дифрактограмма $CH_3NH_3PbI_3$

Литература:

1. P.P. Gladyshev, M. Banavoth, T. Swetha, N. Bingwa, Ya.B. Martynov, T.Yu. Zelenyak, V.A. Kinev and R.G. Nazmitdinov (2019). Hybrid Organo-Inorganic Perovskite Solar Cells: Architecture Evolution, Materials of Functional Layers, Photoelectric Characteristics, Properties, and Efficiency. Nova Science Publishers, Renewable Energy: Research, Development and Policies, Perovskite Solar Cells: Properties, Application and Efficiency, 1-76.
2. Gevorgyan, V. A., Hakhoyan, L. A., Mangasaryan, N. R., & Gladyshev, P. P. (2016). Substrate temperature and annealing effects on the structural and optical properties of nano-CdS films deposited by vacuum flash evaporation technique. Chalcogenide Letters, 13(8).
3. Dang Y., Liu Y., Sun Y., Yuan D., Liu X., Lu W., Tao X. (2015). Bulk crystal growth of hybrid perovskite material $CH_3NH_3PbI_3$. CrystEngComm, 17(3), 665-670.
4. Papikyan, A. K., Gevorgyan, V. A., Mangasaryan, N. R., & Gladyshev, P. P. (2018, January). Characterization of vacuum flash evaporated CdTe thin films for solar cell application. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 945, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА

Ерланулы Е.^{1,2}, Рамазанов Т.С.², Габдуллин М.Т.¹

¹Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Углеродные наностены (УНС) являются одной из аллотропных модификации углерода, которые состоят из самовыравнивающихся листов нанографена, вертикально стоящих на подложках и образующие лабиринтообразную структуру [1-2]. Несмотря на то, что углеродные наностены были открыты совсем недавно, 2002 году [1], за последние два десятилетия они привлекли огромное внимание большинство ученых во всем мире. УНС представляет собой многообещающий материал для применения в топливных элементах, литий-ионных батареях, фотоэлектрических устройствах, тонкопленочных транзисторах, датчиках определенных газовых

молекул, автоэмиссионных устройствах, батареях, поглотителях света, улучшенных детекторы для электрохимических и газовых сенсоров, суперконденсаторы и каркасы для тканевой инженерии [3-6].

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований по синтезу УНС на основе химического осаждения в газовой фазы в усиленной плазме высокочастотного емкостного разряда (ССР-PECVD). Определены оптимальные условия расхода метана, ВЧ мощности и времени роста для синтеза УНС высокого качества. Установлено, что существует небольшая зависимость длины синтезированных УНС от параметров разряда, тогда как наблюдается сильная зависимость формы УНС от параметров разряда. Полученные результаты были исследованы методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), сканирующей зондовой спектроскопии (СЗМ) и спектроскопией комбинационного рассеяния света (КРС). АСМ-анализ показал, что толщина всех УНС примерно одинакова. Но каждая наностенка, полученная при более низкой ВЧ-мощности, может состоять из 2 или 3 тонких наностенок, которые затем перекрываются и образуют что-то вроде «чешуйчатой» структуры с увеличением ВЧ-мощности. Согласно СЭМ, КРС и АСМ анализу была разработана карта процесса для обозначения зон образования нанокластеров (NC) в УНС, плохого и богатого осаждения УНС и многослойного графена (MLG).

Литература:

1. H. Wu, P.-W. Qiao, T.-C. Chong, and Z.-X. Shen, *Adv. Mater.* 14, 64 (2002).
2. Hiramatsu M., Hori M. *Carbon Nanowalls: Synthesis and Emerging Applications*. Springer; Wien, Austria: 2010.
3. S. Ghosh, G. Sahoo, S.R. Polaki, N.G. Krishna, M. Kamruddin, T. Mathews, *Journal of Applied Physics*, 122, 214902 (2017).
4. S. Hosu, M. Sobaszek, M. Ficek, R. Bogdanowicz, H. Drobecq, L. Boussekey, A. Barras, O. Melnyk, R. Boukherroub, Y. Coffinier, *Carbon nanowalls: A new versatile graphene based interface for the laser desorption/ionization-mass spectrometry detection of small compounds in real samples*, *Nanoscale*. (2017). <https://doi.org/10.1039/c7nr01069a>.
5. D.G. Batryshev, Ye. Yerlanuly, B. Alpysbaeva, R. Nemkaeva, T.S. Ramazanov, M.T. Gabdullin, *Obtaining of carbon nanowalls in the plasma of radio-frequency discharge// Applied Surface Science- Volume 503, 15 February 2020, No 144119*.
6. Yerlanuly, Y. et al. *Synthesis of carbon nanowalls on the surface of nanoporous alumina membranes by RI-PECVD method*. *Appl. Surf. Sci.* (2020) doi:10.1016/j.apsusc.2020.146533.

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Гусейнова Л.Р.

ВКГК, г. Семей, Казахстан

Современный конструкционный материал с улучшенными характеристиками является одним из ключевых в использование технологий для снижения капитальных затрат и повышения экономической отдачи.

С учетом последних тенденций и прогнозов ведущих мировых ученых карбид кремния станет одним из основных материалов 21 века. Обладая набором уникальных свойств, он может быть использован практически во всех областях науки и техники.

Существует реальная потребность в всеобъемлющем и подробном согласованном стандарте испытаний.

Композиты, рассмотренные в ходе исследования, показали улучшения различных характеристик с увеличением добавки SiCr / SiC.

В целом, по данным исследований, существует три варианта технологии изготовления оболочечных труб, которые, обеспечат соответствие требованиям, предъявляемым к оболочкам твэлов (Тепловыделяющий элемент). Первый вариант заключается в формировании композита из волокнистого армирующего каркаса, сплетенного из SiC-волокна под углом 45–52°, и SiC-матрицы, полученной путем жидкофазной или газофазной пропитки. Благодаря такой структуре SiC/ SiC-композита исключается хрупкое разрушение и повышается прочность готового изделия. Второй и третий варианты предусматривают нанесение дополнительного защитного слоя SiC методом газофазного осаждения (CVD) на внутреннюю или внешнюю поверхность композита, изготовленного согласно первому варианту технологии. Такой слой позволит удержать газообразные продукты деления и увеличить коррозионную стойкость изделия при взаимодействии с водяным паром, в том числе повысить его прочность, однако возможно появление проблем с геометрическими размерами оболочки. Также имеются предложения совместить три предложенных варианта технологии, создав композит с внутренним и внешним защитными слоями.

СОСТОЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ ЛАВООБРАЗНЫХ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ 4-ГО БЛОКА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Габелков С.В., Жиганюк И.В., Кудлай В.Г., Пархомчук П.Е., Скорбун А.Д., Чиколовец С.А.

Институт проблем безопасности атомных электростанций НАН Украины, г. Чернобыль, Украина

Лавообразные топливосодержащие материалы (ЛТСМ) сформировались в 4-м блоке Чернобыльской АЭС в результате аварии 26 апреля 1986 года. Эти материалы требуют постоянного внимания специалистов так как содержат основную часть радионуклидов разрушенного реактора [1, 2]. За три с половиной десятилетия изучены физико-химические свойства ЛТСМ, разработан сценарий их образования во время аварии, создана модель эволюции их микроструктуры, определены стадии их деградации и т.д. [2, 3]. Однако для прогнозирования поведения ЛТСМ и обращения с ними в будущем необходимо иметь актуальную на данный момент информацию об их структурных характеристиках, в том числе о состоянии кристаллических фаз. Надо выявить физико-химические процессы, протекающие в этих материалах, определить, в частности, их интенсивность, стадийность, продолжительность, особенности и выделить наиболее активные из них для прогнозирования поведения ЛТСМ.

Исследовались образцы коричневой керамики, характерные для помещения 304/2 и парораспределительного коридора 4-го блока Чернобыльской АЭС.

Фазовый состав кристаллических фаз исследуемых материалов определяли методом рентгеновской дифракции (ДРОН-4, схема $\theta - \theta$, излучение $\text{Cu K}\alpha$, монохроматор - монокристалл графита).

Метод обработки данных рентгеновской дифракции для многофазных материалов с низким содержанием фаз был разработан и использован при обработке данных дифрактометрии. Использовано специально созданное программное обеспечение [4].

Как установлено нами ранее [2], коричневая керамика содержит такие кристаллические фазы: оксид урана $\text{UO}_{2,34}$, орторомбический (1) оксид кремния SiO_2 , силикат урана (виксит) $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, оксиды циркония ZrO_2 (кубический и тетрагональный), силикат циркония ZrSiO_4 , силикат алюминия Al_2SiO_5 и, возможно, силикат кальция Ca_2SiO_4 , а также оксиды кремния: орторомбический (2), тригональный, возможно, тетрагональный.

С целью выявления уширенных составляющих в отражениях от кристаллических фаз в коричневой керамике ЛТСМ сканирование экспериментальной дифрактограммы провели гауссовой линией с ширинами на полувысоте равными 0,3, 0,6, 0,8 и 1,2° град.

С увеличением уширения от 0,3 до 1,2° интенсивности отражений оксида $\text{UO}_{2,34}$ и силиката урана $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ не изменяются, кубического оксида циркония ZrO_2 – уменьшаются, а орторомбического (1), орторомбического (2), тригонального и тетрагонального оксидов кремния SiO_2 , силиката циркония ZrSiO_4 , силиката алюминия Al_2SiO_5 и силиката кальция Ca_2SiO_4 достигают нулевых значений.

Установлено, что включения оксидов урана находятся в сжатом состоянии, сжаты стеклофазой [2]. Наличие уширенных отражений силиката урана подтверждает наше предположение о том, что силикат урана тоже находится в сжатом состоянии, а значит расположен между включениями урана и стеклофазой.

Отсутствие уширенных составляющих у отражений всех фаз оксида кремния SiO_2 , силиката алюминия Al_2SiO_5 и силиката кальция Ca_2SiO_4 возможно обусловлено малой интенсивностью основных отражений этих фаз.

Наличие уширенных составляющих отражений оксида урана $\text{UO}_{2,34}$, силиката урана $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и кубического оксида циркония ZrO_2 указывает о том, что в ЛТСМ имеются механические напряжения и эти фазы находятся в сжатом состоянии. При разработке в дальнейшем способов обращения с ЛТСМ необходимо учитывать метастабильное состояние стеклофазы.

Литература:

1. Р.В. Арутюнян, Л.А. Большов, А.А. Боровой, Е.П. Велихов, А.А. Ключников, Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС. – М.: Наука, 2010. – 240 с.
2. С.В. Габелков, И.В. Жиганюк, В.Г. Кудлай, А.В. Носовский, П.Е. Пархомчук, С.О. Чиколовец, В.М. Щербін, Фазовий склад коричневої кераміки лавоподібних паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» ЧАЕС, Ядерна фізика та енергетика, 20 (2019) 388-396.
3. S.V. Gabielkov, I.V. Zhyganiuk, The updated model of microstructure evolution in lava-like fuel-containing materials in unit 4 of Chornobyl NPP. Brown ceramics, Ukr. J. Phys. 2021. Vol. 66, No. 4, p. 348-366.
4. A.D. Skorbun, S. V. Gabielkov, I. V. Zhyganiuk, V.G. Kudlai, P.E. Parkhomchuk, S.A. Chikolovets, Method of X-Ray diffraction data processing for multiphase materials with low phase contents, Ukr. J. Phys. 64 (2019) 862–870.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ РАДИОХИМИЧЕСКОЙ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПОСРЕДСТВОМ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЙ
ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ SiC*/Si

Гурская А.В.¹, Долгополов М.В.¹, Чепурнов В.И.², Пузырная Г.В.², Ануфриев А.В.², Петенко И.А.²

¹Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия

Данная работа посвящена исследованию бета-преобразователя на углероде-14, сконструированном в Самарском университете [1]. Экспериментальные исследования пока еще не получили полного теоретического описания [2], что связано со сложностью процессов, происходящих внутри структуры, внутрь которой имплантированы атомы С-14, не является однозначным вопрос о механизме замещения или внедрения в междоузлия, выдерживается стехиометрия или нарушена. Одна из проблем связана с эффективностью энергопреобразования, что напрямую связано не только со структурными особенностями, но в большей степени с внутрискруктурными процессами, обусловленными сферически симметричной эмиссией быстрых бета-электронов в окрестности радионуклида. Имеется ряд факторов, которые однозначно приводят к ухудшению энергопреобразования (избирательное поглощение излучения полупроводником, т.е. в определенной части спектра, приемлемой для данного полупроводника):

1. Высокоэнергетическая часть спектра поглощается и преобразуется в радиусе сферы, примыкающей к радионуклиду, вызывая каскады и вторичных электрон-дырочных пар, и излучение с энергией, сопоставимой с шириной запрещенной зоны в сфере большего радиуса, энергия спектра менее ширины запрещенной зоны преобразуется в тепло;
2. Технология легирования и положение несимметричного р-п-перехода (глубина его залегания);
3. Процессы собственного дефектообразования в структуре карбидокремниевой и кремниевой фазы гетероперехода;
4. Диффузионная длина пробега собственных генерированных вторичных электрон-дырочных пар носителей и высокоэнергетичных бета-электронов;
5. Геометрические особенности готовых образцов структур в планарном или вертикальном исполнении;
6. Явление самопоглощения бета-электронов радионуклида и его активность;
7. Явления при металлизации контактных площадок для эффективного сбора носителей заряда;
8. Способ внедрения радионуклида в материал полупроводника, определяющего вид структуры.

Мы останавливаем своё внимание на процессе эндотаксии, т.е. на самом раннем этапе изготовления бета-преобразователя, когда на подложке кремния образуется карбид кремния с молекулами С-14 и одновременно созданным р-п-переходом либо в простом варианте без р-п-перехода, на основе изотипного гетероперехода. Процесс фазообразования карбида кремния по диффузионному механизму роста пленки описывается системой уравнений в присутствии электрического поля и описывает встречную диффузию углерода, кремния и других легирующих элементов внутри кремниевой пластины. В конечном счёте нас интересует также дефектообразование, но на этом этапе оно не учитывается. Вопрос собственного дефектообразования и при участии посторонней примеси вынесен на отдельное обсуждение.

Решение системы уравнений может быть только численным. В итоге решения возможно наблюдать положение р-п-перехода в сформированной структуре. Это определяется по зависимости концентрации зарядов от толщины структуры, а также по распределению электрического поля в ней. Мы ожидаем, что в месте контакта полупроводников р- и п-типов будет наблюдаться наиболее сильное поле, а также примерно равное количество двух типов носителей зарядов: дырок и электронов.

Полученный бета-легированный преобразователь имеет преимущества перед другими энергопреобразователями, в частности, за счет периода полураспада С-14 в 5730 лет, длины свободного пробега и большего спектра поглощения, а также радиационной стойкости используемого в разработке SiC. Отдельно можно отметить стойкость к дефектообразованию (пороговая энергия дефектообразования 0,17 МэВ в кремниевых структурах выше максимальной энергии бета-излучения 0,156 МэВ).

Литература:

1. Гурская А.В., Долгополов М.В., Чепурнов В.И. 14С бета-преобразователь // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2017. – Т. 48. № 6. – С. 901-909.
2. Чепурнов В.И., Пузырная Г.В., Гурская А.В. и др. Экспериментальное исследование полупроводниковых структур источника питания на углероде-14 // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. — 2019. — Т. 22. № 3. — С. 55-67.

УРАВНЕНИЕ БОЛЬЦМАНА И ЕГО СВЯЗЬ С КАСКАДНО-ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ПВА ДЛЯ ИОНОВ

Воронова Н.А.¹, Купчишин А.И.^{1,2}, Шмыгалева Т.А.²

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

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

С использованием метода преобразования Лапласа и метода последовательных приближений получено решение интегро-дифференциальное уравнения каскадного процесса для ионов с учетом потерь энергии при генерации первично-выбитых атомов (ПВА) в одномерной модели элементарного акта. Получено, что в решение этого уравнения входит каскадно-вероятностная функция (КВФ) с учетом потерь энергии для этих частиц.

При этом считается, что ион взаимодействует с материалом следующим образом:

1. Первичный ион теряет свою энергию на ионизацию и возбуждение непрерывно по глубине материала. При чем, на сотни взаимодействий с электронами среды происходит 1-2 взаимодействия на образование ПВА.

2. Первично-выбитый атом не образует пары Френкеля (вакансия, междоузельный атом), а генерирует каскадные области (кластеры). Поскольку для ионов в нашем случае имеет место нерелятивистский случай (энергия частицы значительно меньше ее энергии покоя), сечение взаимодействия выбрано в виде сечения Резерфорда, а ионизационные потери при этом берутся в виде таблиц параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей (Кумахова-Комарова).

Пробег на взаимодействие λ определяется модифицированным сечением взаимодействия и связан с ним соотношением:

$$\frac{1}{\lambda(E)} = \sigma(h) = \sigma_0 \left(\frac{1}{a(E_0 - kh)} - 1 \right),$$

где σ_0 , a , E_0 , K – коэффициенты аппроксимации, имеющие смысл геометрического сечения, энергии и коэффициента потерь энергии соответственно.

Решение представлено в виде:

$$N(E, h) = \sum_{n=0}^{\max} \psi_n(E, h) * J_n(E).$$

Здесь

$$J_n(E, h) = \int_E^{E_m} \dots \int_{E_{n-1}}^{E_m} N(E_n, 0) n(E_n, E_{n-1}) * \dots * n(E_1, E) dE_n \dots dE_1,$$

где E – энергия иона, h – глубина, n – число взаимодействий, ψ_n – каскадно-вероятностная функция, полученная нами ранее, $N(E)$ – интеграл столкновения.

Рассмотрены основные свойства КВФ. Показано, что при коэффициенте удельных ионизационных потерь $k = 0$ и КВФ переходит в простейшую каскадно-вероятностную функцию. При $\lambda_0 \rightarrow 0$, $\lambda_0 \rightarrow \infty$ и $n \rightarrow \infty$ КВ-функция равна 0. Сумма вероятностей по всем возможным столкновениям от 0 до ∞ равна 1. С ростом глубины регистрации h для всех значений n КВФ возрастает, достигает максимума и далее убывает. С увеличением n кривые смещаются вправо.

**ФАЗОВАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ В ОБЛУЧЕННОЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ
ЧАСТИЦАМИ СТАЛИ 12X18N10T**

Мережко Д.А.¹, Мережко М.С.¹, Рофман О.В.¹, Гусев М.Н.², Гарнер Ф.А.³

¹ Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, USA

³ Radiation Effects Consulting, USA

Аустенитные нержавеющие стали – конструкционный материал, используемый для выполнения ответственных узлов и деталей активной зоны существующих ядерных реакторов. Удачная комбинация высокой прочности, пластичности, коррозионной стойкости при относительно низкой степени радиационного распухания позволяет обеспечивать его безопасную и надежную длительную эксплуатацию. Однако, сегрегационные процессы, которые происходят при облучении высокоэнергетическими частицами способствуют образованию таких радиационных дефектов, как дислокационные петли и поры, а также выделению вторичных фаз. Все это негативно влияет на механические и коррозионные свойства облученного материала, что может привести к ограничению срока службы реакторной установки.

В ряде работ последних десятилетий сообщалось о наблюдаемой в аустенитных сталях радиационно-индуцированной фазовой трансформации ГЦК-аустенита в ОЦК-феррит (мартенсит). Это превращение может привести к ухудшению коррозионной стойкости и охрупчиванию материала.

В настоящей работе приводятся результаты исследования образцов стали 12X18N10T, вырезанных из чехловых труб ТВС, облученных в качестве штатного материала оболочек твэлов в активной зоне реактора БН-350 до максимальной повреждающей дозы 60 сна при температурах от 280 до 420°C и скоростях набора дозы 0,25-60,2 сна/год. Наличие магнитной ОЦК-фазы (феррит), образованной в результате нейтронного облучения, было подтверждено магнитометрическим и рентгенографическим анализами. С помощью РЭМ и ПЭМ-исследований были обнаружены новые типы радиационно-индуцированного феррита, образованные в материале в результате перераспределения легирующих элементов в процессе длительного нейтронного облучения и имеющие сложный интерметаллидный состав. Показано, что выделения феррита формируют специфическую структуру, располагаясь по границам зерен и обладают высокой коррозионной повреждаемостью. Для сравнения представлены результаты имитационных экспериментов образцов стали 12X18N10T после ионного низкотемпературного облучения (Fe^{2+} , 2,3МэВ, <40°C), где также было зафиксировано образование ОЦК-фазы (мартенсит). Полученные данные могут быть актуальны для обоснования продления срока службы действующих реакторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант №АР08052488).

**ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФЕКТОВ РАДИАЦИОННО-ЛЕГИРОВАННОЙ
ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ SiC*/Si**

Долгополов М.В.¹, Гурская А.В.¹, Чепурнов В.И.², Пузырная Г.В.², Ануфриев А.В.²,

¹Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия

Авторы исследуют гетероструктуры карбида кремния, полученные в процессе эндотаксии на подложках кремния. В частности, последние исследования были посвящены преобразованию энергии бета-электронов в электрическую энергию внутри гетероструктур SiC*/Si, легированную углеродом-14 [1]. Однако отдельный вопрос поднимается в связи с описанием самого процесса эндотаксии на структурном уровне.

В частности, интересен вопрос диффузии атомов углерода внутри кремниевой подложки в процессе эндотаксии при легировании радионуклидом. Хорошо известно, что существенным является различие периодов решетчатых и коэффициентов температурного расширения сопрягаемых материалов. Это обстоятельство вызывает появление значительных механических напряжений несоответствия, релаксирующих до остаточных посредством генерации сетки дислокаций, причем последняя выполняет еще и положительную роль скрытого

геттера, движущегося перед фронтом роста фазы карбида кремния как буферный слой. Различие физико-химических свойств сопрягаемых материалов проявляется в асимметричном распределении сетки дислокаций относительно металлургической границы, в частности, это экспериментально подтверждено распределением плотности дислокаций несоответствия между фазами. В случае технологии эндотаксии имеет место диффузионный механизм формирования фазы 3C-SiC, при этом происходит движение сетки дислокаций несоответствия параметров решетки, которые формируются при температуре роста и располагаются в кремниевой фазе. Теоретическое описание данного механизма представляет собой отдельный интерес. Кроме возможностей решения общей задачи диффузии, отдельно выделяется задача, каким образом формируются фазы карбида кремния на подложке кремния с точки зрения энергетической выгоды. Имеется в виду сравнение энергии образования вакансий внутри структуры с энергиями образования самих ячеек карбида кремния, что, на сегодняшний день, доступно для исследования в рамках теории функционала плотности (DFT) [2]. Технология эндотаксии к тому же осуществляет геттерирование - «очистку» структуры во время легирования от неконтролируемой посторонней примеси и точечных дефектов, где при прорастании новой фазы внутрь кремния движущаяся сетка дислокаций несоответствия параметров решетки в Si-фазе играет роль скрытого геттера. При этом возникает другой дополнительный механизм диффузионных токов в области градиента концентрации электронов из области геттерированного C-14.

Исследования в рамках данной работы также включают рассмотрение зонных структур полупроводника, так как имеется понимание влияния легирующих примесей с радионуклидом на положение энергетических уровней в зонной структуре. Практическая часть работы поддержана патентом на новое вещество [3], материал для радиоизотопного источника энергии, содержащий в своем составе монокристаллическую фазу полупроводниковой структуры карбида кремния в виде пленки, имеющей n- и p-тип проводимости для разделения электронно-дырочных пар, включает в молекулярной структуре карбида кремния атомы углерода-14 для преобразования его энергии излучения в электрическую энергию. Атомы примеси и вакансии могут быть рассмотрены как основные дефекты, проявляющиеся в процессе эндотаксии и определяющие формирование структуры карбида кремния. Таким образом, задача рассматривается с точки зрения энергетически выгодных состояний системы, которые переходят от одной фазы к другой, меняя структуру.

Литература:

1. Гурская А.В., Долгополов М.В., Чепурнов В.И. 14C бета-преобразователь // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2017. – Т. 48. № 6. – С. 901-909.
2. Alimov L.E., Anufriev A.V., Gurskaya A.V. etc. Silicon Carbide 3C-SiC phase band structures calculation in DFT // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1686. Issue 1.
3. Карбид кремния: материал для радиоизотопного источника энергии, Патент на изобретение 2733616 С2, 05.10.2020.

ФОРМИРОВАНИЕ КАРБИДИЗИРОВАННОГО СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОЛЬФРАМА ПРИ ПЛАЗМЕННОМ ОБЛУЧЕНИИ

Жанболатова Ф.К.¹, Скаков М.К.², Бакланов В.В.¹, Букина О.С.¹, Кожахметов Е.А.¹, Оразгалиев Н.А.¹, Туленбергенов Т.Р.¹, Соколов И.А.¹, Градобоев А.В.³

¹ Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, Курчатов

² РГП Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Курчатов

³ Томский политехнический университет, Томск, Россия

В Республике Казахстан в поддержку международного проекта ИТЭР реализуется проект по созданию Казахстанского материаловедческого токамака КТМ, одной из основных целей которого является исследование взаимодействия плазмы с кандидатными материалами ТЯР [1]. Отличительной особенностью токамака КТМ является наличие диверторного стола, предназначенного для размещения исследуемых образцов без нарушения высокого вакуума. Материалом первой стенки на токамаке КТМ будет установлен графит. Следует ожидать, что при проведении испытаний образцов в токамаке будет наблюдаться миграция эродированного углерода в область дивертора и осаждение его на поверхности испытываемых образцов. При испытаниях образцов вольфрама, помимо изменения физико-механических свойств и структурного состояния поверхности, наличие углерода может способствовать образованию карбидизированных слоев вольфрама (W₂C, WC).

Настоящая работа посвящена исследованию формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама под воздействием плазменного облучения. Плазменное облучение проводилось на плазменно-

пучковой установке (ППУ), которая предназначена для проведения испытаний диагностического оборудования и материалов КТМ, а также для развития существующих и разработки новых методов моделирования нагрузок на конструкционные материалы, изучения свойств и поведения материалов после взаимодействия с плазмой [2]. Общая схема ППУ приведена на рисунке 1.

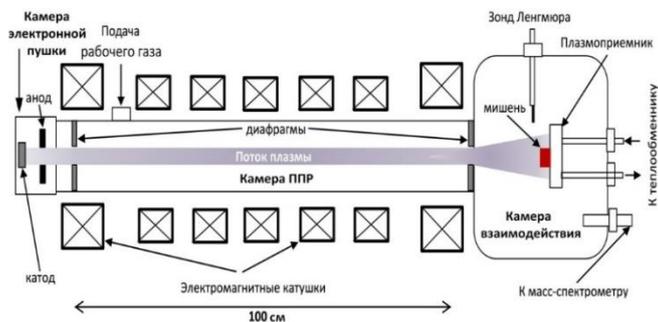


Рисунок 1 - Принципиальная схема ППУ [2]

Образцы были подготовлены в форме дисков толщиной $2,0 \pm 0,1$ мм из вольфрамового прутка $\varnothing 10$ мм марки ВЧ. Для снятия наклепа, вызванного холодной пластической деформацией при изготовлении вольфрамового прутка, проводился рекристаллизационный отжиг образцов при температуре 1350 ± 10 °С и длительности 60 мин [3].

С целью получения карбидизированного слоя на поверхности образцов в камеру взаимодействия подавался плазмообразующий газ – метан. Параметры плазмы измерялись с помощью проволочного цилиндрического лэнгмюровского зонда. Излучение плазмы пучково-плазменного разряда регистрировалось оптическим спектрометром. Идентификация спектральных линий проводилась с использованием данных из таблиц [4]. Для идентификации фазового состава на поверхности образцов вольфрама после облучения проводился рентгенофазовый анализ.

В результате проведенных работ были получены соединения полукарбида вольфрама и монокарбида вольфрама. Установлена зависимость образования полукарбида вольфрама и монокарбида вольфрама от температуры поверхности вольфрамовых образцов.

Данная работа выполнена в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № AP08955992 «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении».

Литература:

1. I. L. Tazhibayeva, et al., “КТМ Experimental Complex Project Status”, Fusion Science and Technology, vol.47, April 2005, p.746 – 750.
2. Патент РК на полезную модель № 2080. Имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой / Колодешников А.А., Зуев В.А., Гановичев Д.А., Туленбергенов Т.Р. и др. – опубл. 15.03.2017, Бюл. № 5.
3. Коленко Е.А. Технология лабораторного эксперимента: Справочник. – СПб.: Политехника, 1994. – С.345.
4. Зайдель А.Н., Прокофьев В.К., Райский С.М., Славный В.А., Шрейдер Е.Я. Таблицы спектральных линий. М.: Наука, 1969. 784 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ТАНТАЛОВОЙ ПЛЁНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ NiTi ПРИ МАГНЕТРОННОМ НАПЫЛЕНИИ

Ларионов А.С.^{1,2}, Диков А.С.^{1,2}, Жаканбаев Е.А.^{1,3}

¹РГП ИЯФ, Алматы, РК

²ТПУ, Томск, РФ

³КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, РК

Никелид титана используют в медицине в качестве материала имплантатов. Одним из требований, предъявляемых к таким материалам – максимальная резистентность к биологически активным средам [1,2]. Содержание никеля в сплаве NiTi часто является причиной отторжения имплантата, в связи с этим актуальность приобретают исследования способов модификации поверхности нитинола, в том числе нанесение коррозионностойких покрытий. В данной работе обсуждаются результаты исследования структуры покрытия из тантала на разных этапах формирования. Покрытие наносилось на магнетронной установке постоянного тока ВУП-5М по разработанной ранее методике [3]. Параметры напыления следующие: плазмообразующий газ – Ar,

остаточное давление в рабочей камере - $3 \cdot 10^{-5}$ Па, мощность тока, подаваемого на танталовую мишень 111Вт. Исследование структуры напылённой плёнки показало, что при выбранном режиме образуется слабая адгезия покрытия к поверхности. Причиной является большое количество крупных дефектов структуры в материале покрытия и наличие тонкого оксидного слоя на поверхности подложки. В качестве решения проблемы низкой адгезии предложено проводить ионную очистку поверхности подложки для удаления кислорода и снижение энергии, подаваемой на магнетрон на начальном этапе формирования покрытия.

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № AP08052572.

Литература:

1. Xiaoying Lu, Xiang Bao, Yan Huang, Yinghua Qu, Huiqin Lu, Zuhong Lu. Mechanisms of cytotoxicity of nickel ions based on gene expression profiles // *Biomaterials*, 2009. - Vol. 30. – P. 141–148.
2. Wataha J., O'Dell N., Singh B., Ghazi M., Whitford G., Lockwood P. Relating nickel-induced tissue inflammation to Ni release in vivo // *Journal of Biomedical Materials Research*, 2001. - Vol. 58. – P. 537- 544.
3. Myers S., Lin J., Martins Souza R., Sproul W.D., Moore J.J. The β to α phase transition of tantalum coatings deposited by modulated pulsed power magnetron sputtering // *Surface & Coatings Technology*, 2013. - Vol. 214. – P. 38–45.

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ SrTiO₃ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Кенжебаева А.^{1,2}, Бакболат Б.^{2,3}, Бактыбаева Д.Б.³, Даулбаев Ч.Б.^{2,3}, Султанов Ф.Р.^{2,3}

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

² Институт проблем горения, Алматы, Республика Казахстан

³ Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

На сегодняшний день глобальный рост спроса на энергию привел к активному развитию исследований в областях ее производства, хранения и использования. Достигнутый прогресс в технологиях получения энергии не достаточен для полного удовлетворения существующего спроса. Уменьшение запасов ископаемого топлива побудило значительные усилия по исследованию использования водорода (H₂) в качестве экологически чистого источника энергии. Использование H₂ может решить проблемы истощения, загрязнения и изменения климата. Одной из технологий производства H₂ является фотокаталитическое расщепление воды, запасы которого на Земле имеются в большом количестве.

В работе представлены экспериментальные данные по получению водорода синтезированными фотокатализаторами на основе SrTiO₃. Исследованы их физико-химические свойства.

Задачи исследования заключаются в получении эффективных фотокаталитических ячеек с иммобилизированным и суспендированным фотокатализаторами на основе SrTiO₃ с добавлением частиц металлов, с последующим исследованием морфологии их поверхностей и фотокаталитической активности по выделению водорода. Исследованы и определены основные параметры получения фотокаталитических ячеек с иммобилизированным и суспендированным фотокатализаторами на основе SrTiO₃ с добавлением частиц железа, меди и хрома. Исследована толщина фотокаталитического слоя для волокон на основе SrTiO₃ с добавлением частиц железа, хрома и меди для фотокаталитических ячеек с иммобилизированным фотокатализатором, а также изучена морфология поверхности сформированного слоя фотокатализатора. Исследованы скорости фотокаталитического выделения водорода при разложении воды на водород и кислород под действием ультрафиолетового (УФ) излучения (40 Вт) в течение 24 часов с использованием фотокаталитических ячеек с иммобилизированным и суспендированным фотокатализаторами.

Определены оптимальные параметры процесса фотокаталитического разложения воды при использовании фотокатализаторов на основе SrTiO₃ с добавлением частиц металлов с применением фотокаталитических ячеек с иммобилизированным и суспендированным катализаторами.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОБЛУЧЕННОГО ПРОТОНАМИ ВОЛЬФРАМА ПРИ ИЗОХРОННЫХ ОТЖИГАХ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 600 – 1000 °С

Алдабергенова Т.М., Байгонов М.Т., Дикова Л.А., Кислицин С.Б.

Институт ядерной физики МЭ РК Казахстан, Алматы

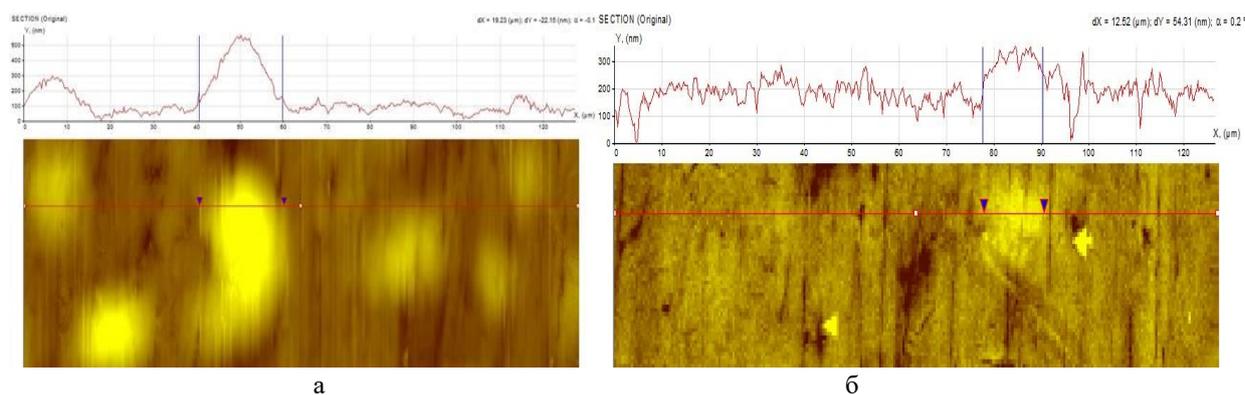
Благодаря уникальным свойствам, таким как тугоплавкость, твердость, химическая стойкость вольфрам нашел широкое применение в промышленности, а в настоящее время является одним из перспективных материалов для атомных реакторов следующего поколения и установок управляемого термоядерного синтеза (ТЯР). В частности, в сооружаемом прототипе энергетического термоядерного реактора – токамака ИТЕР, полноразмерный дивертор будет выполнен из вольфрама.

В связи с использованием вольфрама в качестве конструкционного материала ТЯР, возникает вопрос о его радиационной стойкости, тем более, что в ТЯР материалы подвергаются воздействию нейтронов, альфа-частиц, протонов и высоких температур. Одним из эффектов, которым подвергаются материалы ТЯР, являются блистеринг и флекинг, обусловленные облучением ионами газов – гелия и водорода, являющихся составными частями термоядерного топлива. Вопросу исследования формирования блистеров в вольфраме под действием облучения протонами и их эволюции при повышенных температурах посвящена данная работа.

В качестве материала для исследований выбран высокочистый вольфрам, который считается наиболее перспективным для использования в качестве дивертора токамаков. Облучение протонами выполнено на ускорителе УКП-2-1 Института ядерной физики в г. Алматы. Облучение протонами с энергией 350 кэВ до флюенса 5×10^{17} см⁻² проведено при комнатной температуре (25 °С). Исследования структуры поверхности облученного вольфрама выполнено на приборе «Наноскан Компакт», позволяющем изучать рельеф поверхности.

Структура поверхности после облучения протонами и после облучения и последовательных двухчасовых отжигов при температурах 600, 800 и 1000 °С показана на рис. 1а, б. Видно, что облучение привело к появлению многочисленных пузырьков диаметром 10-20 мкм, представляющие собой наполненные водородом блистеры, выступающие над поверхностью на 100 – 500 нм (рис. 1а).

Последовательные изохронные отжижки при температурах 600 °С, 800 °С и 1000 °С приводят уменьшению плотности блистеров на поверхности, уменьшению их диаметров с 10-20 мкм до 5-10 мкм, уменьшению выступа блистеров на поверхности до 50-100 нм, см. рис.1б. Наблюдающуюся картину изменения рельефа поверхности, а именно эволюцию ансамбля блистеров, можно трактовать следующим образом. Количество имплантированного водорода было достаточно для формирования на поверхности ансамбля блистеров с наблюдаемыми размерами.



а
б
Рисунок 1 - Изображение поверхности после облучения протонами (а),
б – рельеф поверхности после протонного облучения и последовательных двухчасовых отжигов
при 600 °С, 800 °С и 1000 °С

При этом количество имплантированного водорода и, соответственно, давление газа в блистерах было недостаточным для раскрытия их на поверхность. Повышение температуры отжигов не привело к росту давления в блистерах, обеспечивающего их раскрытие. Уменьшение размеров блистеров вызвано, по-видимому, испарением атомов водорода из пузырьков и их десорбцию с поверхности за счет миграции по границам зерен и трещинам.

Работа выполнена в рамках ПЦФ МЭ РК ИРН: BR09158585 «Научно-техническая поддержка создания и эксплуатация Казахстанского термоядерного материаловедческого реактора КТМ».

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

DYNAMIC PROPERTIES ON ^{99}Mo ADSORPTION AND $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ELUTION WITH ALUMINA COLUMNS

Fujita Y. ^{1,4}, Seki M. ¹, Sano T. ², Fujihara Y. ³, Suzuki T. ⁴, Yoshinaga H. ³, Hori J. ³, Suematsu H. ⁴, Tsuchiya K. ¹

¹ Japan Atomic Energy Agency, 4002, Narita, Oarai, Higashiibaraki, Ibaraki 311-1393, Japan.

² Kindai University, 3-4-1, Kowakae, Higashiosaka, Osaka 577-8502, Japan.

³ Kyoto University, Asashiro-Nishi, Kumatori, Osaka 590-0494, Japan.

⁴ Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188, Japan.

Technetium-99m($^{99\text{m}}\text{Tc}$), the daughter nuclide of Molybdenum-99 (^{99}Mo), is the most commonly used radioisotope in radiopharmaceuticals. The research and development (R&D) for the production of ^{99}Mo by the neutron activation method ((n, γ) method) has been carried out from viewpoints of limited availability of high-enriched uranium, nonproliferation and nuclear security, and disposal of nuclear fissile materials.

Since the specific activity of ^{99}Mo produced by the (n, γ) method is extremely low, a system of enriching $^{99\text{m}}\text{Tc}$ to increase the specific activity is required. One of them is the $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator. In order to adapt (n, γ) ^{99}Mo to the generator, developing Al_2O_3 with a large Mo adsorption capacity is necessary. In this study, three kinds of Al_2O_3 specimens with different raw materials were prepared and compared their adaptability to generators by static and dynamic adsorption.

As raw materials for the alumina specimen, three types of aluminum hydroxide (gibbsite, p-boehmite and bayerite) were prepared and sintered at 300°C. MoO_3 pellet pieces (1.5g; natural abundance) were irradiated with 5 MW ($\phi_{\text{th}} = 2.8 \times 10^{17}$ n/m²s) for 20 min in the Kyoto University Research Reactor (KUR). Irradiated MoO_3 pellet pieces were dissolved in 6M-NaOH aq. The solution (Mo solution) was prepared to pH4, 10mg-Mo/mL by adding deionized water and 2M-HCl aq. In static adsorption, 1 g of Al_2O_3 specimen was adsorbed in 30 mL of Mo solution, at room temperature for 3 hours. After adsorption, Al_2O_3 was washed with deionized water and packed in a polypropylene column (ID 5-5.5 mm \times H 42 mm). The column was flushed by Saline and conditioned, followed by milking every 24 hours for 3 days. In dynamic adsorption, 1g of Al_2O_3 was filled into a PFA tube (ϕ 1.59 mm). The PFA tube was adsorbed Mo by flowing 30mL of Mo solution using a peristaltic pump. Deionized water and saline were flushed through the PFA tubes for washing and conditioning, followed by milking every 24 hours for 3 days. The obtained solution was measured with a γ -ray spectrometer, and ^{99}Mo adsorption capacity, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ elution rate, and $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ratio were calculated.

The ^{99}Mo adsorption capacity of Al_2O_3 specimens was compared under dynamic and static adsorption conditions. The Mo adsorption capacity under dynamic condition was slightly reduced compared to that under static condition. Packing the Al_2O_3 specimens in an elongated tube seems that improved the washing efficiency and removed Mo weakly adsorbed on the Al_2O_3 specimens in the column.

As the elution property, the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ elution rate was measured with the Al_2O_3 specimens adsorbed Mo. The pH and the $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ratio were also measured in the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ eluate. The $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ratio is an indicator of the ^{99}Mo contamination rate in the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ eluate. As a result, the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ elution rate was about 100% at 1.5mL of milking in dynamic adsorption, while it was around 56-87% in static adsorption. The elongated tube filled with the Al_2O_3 specimens might make the contact between the saline solution and the Al_2O_3 specimens uniformly, and improve the elution efficiency. The pH of the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ eluate satisfied the standard value of pH 4.5-7.0, and didn't depend on the Mo adsorbed conditions. This suggests that Al_2O_3 specimens was sufficiently cleaned by either method. The $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ratio of dynamic condition was greatly reduced compared to that of static condition. Therefore, the $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ratio is greatly affected by the method of adsorbing Mo, which means the column shape and the linear flow rate during elution may affect that.

INTEGRATION OF THE DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM AND THE MONTE CARLO CODE TO CREATE A SPECTROMETRIC DETECTOR MODEL

Prozorova I.V.

Institute of Atomic Energy, NNC of Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan

A standard procedure for characterizing the high-purity germanium detector (HPGe), manufactured by Canberra Industries Inc [1], is performed directly by the company using patented methods. However, the procedure is usually expensive and must be repeated because the characteristics of the HPGe crystal changes over time. In this work, the principles of a technique for use in obtaining and optimizing the detector characteristics based on a cost-effective procedure in a standard research laboratory are developed. The technique requires the geometric parameters of the detector to be determined as precisely as possible by the Monte Carlo method [2] in parallel with the optimization process based on evolutionary algorithms. The development of this approach facilitates the modeling of the HPGe detector as a standardized procedure. The results will be also beneficial in the development of gamma spectrometers and/or their calibrations before routine measurements.

Keywords: HPGe Detector; Gamma spectrometer; MCNPX 2.6 Monte Carlo code.

References:

1. Canberra, 2009. Genie 2000 3.2. Customization Tools Manual, Canberra Industries Inc.
2. Hendricks, J.S., McKinney, G.W., Fensin, M.L., James, M.R., Johns, R.C., Durkee, J.W., Finch, J.P., Pelowitz, D.B., Waters, L.S., Johnson, M.W. and Gallmeier, F.X., 2008. MCNPX 2.6. 0 Extensions. Los Alamos National Laboratory.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING HEAT-RESISTANT CERAMICS WITH A FLUIDIZED BED FOR THE UNDER-REACTOR MELT TRAP

Skakov M.K.^{1,2}, Bekmoldin M.K.^{1,2}

¹ Shakarim State University, Semey, Kazakhstan

² National Nuclear Center RK, Kurchatov, Kazakhstan

After several major accidents at nuclear power plants (NPP), the world community is solving the problem of improving the safety of NPPs. There are many scenarios for the development of a severe accident, one of which is melting of the reactor core (corium formation). When corium interacts with the reactor vessel, penetration of the vessel and leakage of corium into the under-reactor melt trap may occur, which is one of the passive protection barriers of the reactor. The trap should provide receiving and cooling of the corium [1].

To date, the main thread in localizing the consequences of a severe accident with core melting of a light-water nuclear reactor is the option with a crucible-type trap, as one of the most promising and effective methods of confining and cooling the corium [2-8].

Fast and reliable localization of the melt requires efficient removal of heat released in the volume of the corium melt. The best coolant for heat removal is water, but the need to prevent steam explosions and generate a large amount of hydrogen requires additional technical solutions.

In this connection, the idea arose to install at the bottom of the trap, together with the sacrificial material, a certain amount of metal, with an evaporation temperature below the melting point of corium. When corium enters the sub-reactor trap of the melt, heating and further phase transition of the metal will occur, which, accordingly, requires a significant amount of energy. The advantage of molten metal is the absence of hydrogen formation reactions, as well as a low probability of steam explosion compared to water.

In view of the above, in our opinion, it seems appropriate to carry out a series of experimental studies of the interaction between corium and heat-resistant composite coatings with a fluidized bed, and further developing of recommendations for possible use of a heat-resistant fluidized bed coating for a protective lining of a sub-reactor melt trap.

This studies will be carried out using the LAVA-B experimental facility, created at the IAE NNC RK. This facility is used to study the processes accompanying a severe accident in a light water power reactor[9]. The experimental facility includes two main functional blocks: an electric melting furnace (EMF) for preparing the prototype corium melt and a melt receiver (MR), which houses an experimental section for modeling the study processes.

The results of experimental studies will allow conducting a substantiated analysis of the efficiency of a heat-resistant fluidized bed coating for a projected sub-reactor melt trap designed to improve the safety of a nuclear power plant in a case of a severe accident with reactor core melting. The use of a fluidized bed makes it possible to limit refractory temperature by the boiling point of the layer facing the corium, and also provides effective heat removal from the corium due to the energy spent on the phase transition of the fluidized bed material into the vapor state.

References:

1. Melt-Structure-Water Interactions During Severe Accident in LWRs. B.R. Sehgal et al, NPSD, Royal Institute of Technology, Annual Report, Sweden, Nov. 2000.
2. Gusarov V.V., Khabensky V.B., Beshta S.V. et al. Industry conf. "Safety Issues of NPP with WWER", St. Petersburg, 2000.
3. Gusarov V.V., Almyashev V.I., Beshta S.V. et al. Heat Power Engineering, 2001.
4. Almjashev V.I., Gusarov V.V., Bechta S.V. e.a. 6th Int. Conf. on Intermolec. Interact. in Matter, Gdansk-Jelitkowo, 2001.
5. Sidorov A.S., Sidorova N.V., Dzbanovskaya T.Ya. RF patent RU 2696612 C1, 2018.
6. Mozhzherin V.A., Sakulin V.Ya., Migal V.P. et al. RF Patent RU 2559294 C1, 2014.
7. Nedorezov A.B., Sidorov A.S. RF patent RU 2576516 C1, 2014.
8. Granovsky V.S., Khabensky V.B., Vasilenko V.A. et al. RF Patent No. 0002696012, 2019.
9. Nazarbayev N.A., Shkolnik V.S., Batyrbekov E.G., Berezin S.A., Lukashenko S.N., Skakov M.K Scientific, Technical and Engineering Work To Ensure the Safety of the Former Semipalatinsk Test Site, VOL. III, Kurchatov, 2016.

MEASUREMENT OF THERMAL NEUTRON FLUXES FROM THE WWR-K RESEARCH REACTOR

Mukhamejanov Y.S.^{1,2,3}, Saduyev N.O.², Kalikulov O.A.², Sedov A.N.², Zhumabayev A.I.², Yerezhep N.O.², Shinbulatov S.K.², Baktorz A.Y.², Utey S.B.², Karatash H.M.², Mukhametkaliuly A.², Shaimerdenov A.A.¹, Nakipov D.A.¹, Aitkulov M.T.¹

¹Institute of Nuclear Physics, Almaty, 050032 Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050040 Kazakhstan

³Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, 141980 Russia

In this work we present the data on thermal neutron fluxes from the WWR-K research reactor measured in the room inside reactor building and reactor hall using SNM-18 neutron counters. One of the significant advantages of the method used is the ability to take real time measurements, unlike most of the existing methods today.

Measurements were made simultaneously by three detectors – one covered by polyethylene, one covered by borated polyethylene and one not covered by anything (see Fig. 1).



Figure 1 - The view of the detectors and their polyethylene and borated polyethylene coverings

The analysis of the obtained data showed that the sensitivity of the detection system by the method used is sufficient to observe the correlations between the count rate and the reactor operating modes as well as works done during the reactor campaign, such as opening the gate valve of one of the radial channels.

This work was supported by the grant from the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan AP08857359.

POSSIBLE OPTIONS OF INCREASING THE YIELD OF TECHNETIUM-99m FROM GENERATOR COLUMN

Khujajev S., Baytelesov S.A., Kungurov F.R.

Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

An important parameter of any $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ chromatographic generator is the yield of radiogenic $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and the concentration profile of the eluate washout curve. A decrease in the yield of the daughter $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radionuclide or its change during the operation of the generator, as well as the blurring of the front of the elution curve, depends on many factors, among which the main ones are radiation-chemical processes occurring in the generator column under conditions of high activity of the parent ^{99}Mo radionuclide.

The paper considers the following factors affecting the technetium-99m distribution coefficients on the sorbent of a chromatographic generator column:

1. Influence of the molybdenum amount sorbed on the generator column sorbent (Al_2O_3);
2. Influence of acidity of the eluent solution;
3. Influence of various additives in the elution solution.

It was found that an increase in the molybdenum content on the sorbent of the generator column leads to a decrease in the distribution coefficients of technetium, i.e. retention of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ in the generator column is significantly reduced. This circumstance should lead to an increase in the yield of the daughter $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radionuclide from the generator column. Despite the positive result of the factor under consideration, in industrial generators it is necessary to avoid the sorption of Mo up to the full sorption capacity of Al_2O_3 , since this can lead to unjustified losses of active ^{99}Mo during the sorption process.

The study of the effect of the elution solution acidity showed that the distribution coefficients of $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and, consequently, its retention in the generator column, increase with increasing pH of the elution solution. The range of acidity $\text{pH} = 1.0 - 7.0$ is considered.

According to the third factor, the effect of the addition of sodium nitrate (NaNO_3) to the elution aqueous solution is considered.

It is known that the reduction of Tc (+7) to Tc (+6) and Tc (+4) is the main reason for the decrease in the efficiency of elution of sodium pertechnetate [$^{99\text{m}}\text{TcO}_4$] - from the generator column; therefore, in the $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator system, it is necessary to maintain the highest oxidative valence of Tc (+7). Therefore, the presence of dissolved oxygen in the elution solution, or some other oxidizing agent, or some other factor that retains technetium in its oxidized form is necessary to prevent the reduction of technetium (VII) by radiation.

In a radiation environment in an acidic environment, NO_3^- - ions are acceptors of nonequilibrium electrons and, interacting with hydrated electrons, are converted into NO_2^- nitrite-ions:



Schemes (1) and (2) show that the introduction of the nitrate ion leads to the removal of hydrated electrons from the medium, which are active reducing agents with respect to the pertechnetate ion, and thus the reduction of technetium to its lowest valence states is prevented. This circumstance, in many respects, contributes to an increase in the $^{99\text{m}}\text{Tc}$ yield from the generator column.

THE ITER PROJECT: THE WAY TO FUSION ENERGY

Merola M.

ITER Organization, Route de VinonsurVerdon, CS 90 046, 13067 Saint Paul-lez-Durance Cedex, France

ITER ("The Way" in Latin) is one of the most ambitious energy projects in the world today. It is a magnetic fusion device that has been designed to prove the feasibility of fusion as a large-scale and carbon-free source of energy based on the same principle that powers our Sun and stars.

The experimental campaign that will be carried out at ITER is crucial to advancing fusion science and preparing the way for the fusion power plants of tomorrow. ITER will be the first fusion device to produce net energy and to maintain fusion for long periods of time. ITER will also be the first fusion device to test the integrated technologies, materials, and physics regimes necessary for the commercial production of fusion-based electricity.

Thousands of engineers and scientists have contributed to the design of ITER since the idea for an international joint experiment in fusion was first launched in 1985. The ITER Members — China, the European Union, India, Japan, Korea, Russia and the United States — are now engaged in a collaboration to build and operate the ITER experimental device, and together bring fusion to the point where a demonstration fusion reactor can be designed.

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. Substantial progress has also been achieved in prototyping and R&D activities in areas such as plasma facing components, in-vessel coils, Heating & Current Drive systems, remote handling and power supplies in preparation for manufacturing.

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.

АКТУАЛЬНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НАУКИ В ПРОЦЕССЫ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

Зима Г.В.

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина

Несмотря на неослабевающее внимание в мире к проблемам распространения, хранения и утилизации оружия массового уничтожения (ОМУ), а также на действующие и ратифицированные большинством стран международные договоры и конвенции по его запрещению, проблемы нераспространения не теряют своей актуальности [1]. Кризис ядерного нераспространения, практически постоянный в последние годы, в минувшем 2020 году усугубился пандемией COVID19. Мир закрылся, однако напряженность, связанная с ядерным оружием, ядерным терроризмом и актуальность проблем нераспространения не стала меньше. Очередная конференция, по продлению ДНЯО была перенесена более чем на год [2] и договоренности, которые должны были бы быть достигнуты в результате встречи в 2020 году, остаются открытыми. Одна из ядерных держав – Великобритания - объявила о наращивании своего ядерного потенциала [3], что явилось несомненным ударом по нераспространению и автоматически негласно развязывает руки другим ядерным государствам и, что вызывает максимальную настороженность, государствам, которые несмотря на усилия мирового сообщества не оставляют попыток стать полноценными обладателями ядерного оружия – Индия, Пакистан, КНДР, Иран.

Именно в этих условиях очевидной становится критическая роль в процессах нераспространения как научного сообщества в целом, так и его отдельных представителей. Тенденция по вовлечению научного сообщества в проблемы нераспространения существует уже некоторое время. Яркий пример - встреча CONDENCE, прошедшая в августе 2019 года в бельгийском г. Ипр, символичная местом своего проведения – местом, где достижения химической науки впервые были обращены против человечества в массовом масштабе. Применение химического оружия в 1915 году открыло не только эру оружия массового уничтожения, но и также новую эру в науке. Эру этического выбора и внутреннего понимания каждым ученым, каждым сотрудником научной организации – какова конечная цель их научных изысканий и работ, не вступают ли научные интересы в конфликт с общечеловеческими ценностями.

И, именно в условиях пандемии, когда физическое взаимодействие ученых из разных стран, ограничено, но очень активно ведется он-лайн взаимодействие крайне важно, чтобы научное сообщество было сведущим в вопросах нераспространения. Ведь он-лайн общение чревато неосознанной передачей технологий и данных, в том числе чувствительных с позиций ядерного нераспространения. Необходимо отметить, что на уровне государственных органов, а также промышленных предприятий критичной структуры во многих странах выстроена достаточно последовательная и действенная система нераспространения и экспортного контроля. Однако, ни научные организации, ни отдельно взятые ученые не связывают свою деятельность с понятием «экспорт/импорт». В условиях кризиса и упрощенного он-лайн взаимодействия, огромное количество людей, пытается найти применение накопленному научному потенциалу, быть конкурентоспособными на рынке научного труда и заинтересовать потенциального приобретателя их навыков и знаний передачей информации. Контроль и учет переданной информации представляет определенные трудности, даже когда речь идет о лабораториях, институтах и университетах. Но вопрос несанкционированных передач в частном общении остается открытым вообще. Как и вопрос грани – когда распространение информации является научным обменом, а когда становится потенциальной угрозой и открывает возможности для использования её в античеловеческих целях, в том числе и в создании ОМУ [4]. Основную роль должны сыграть порядочность и осведомленность представителя науки.

Недооцененный риск в условиях построенных систем экспортного контроля, которые успешно функционируют в отношении промышленных поставок, может привести к ситуации, когда ученый, абсолютно не желая, серьезно нарушает закон и попадает под пенитенциарные действия, навлекая в ряде случаев санкции на свою организацию и даже страну. Поэтому, критично важно, чтобы научное сообщество не только на уровне организаций, а на уровне каждого сотрудника, имеющего отношение к науке, было проинформировано и осознавало, какой вклад работа каждого вносит либо в укрепление нераспространения, либо в потенциальное создание ОМУ.

Недостаточная осведомленность в вопросах нераспространения чревата также тем, что исследователи, имея негативный опыт, предпочитают избегать международного сотрудничества по чувствительным проблемам частично вследствие страха нарушить законодательство, частично из-за нежелания ввязываться в сложные процедуры оформления. В проигрыше и общество, и наука, для развития которой международное сотрудничество является неотъемлемой и необходимой частью.

Возможный выход из сложившейся ситуации представляется в повышении уровня осведомленности о нераспространении в научной среде и максимальном расширении аудитории, владеющей базовыми принципами нераспространения и экспортного контроля.

Литература:

1. Безопасность ядерной энергетики и нераспространение: конфликт практических задач при конкордантности целей Зима Г.В. Тез. Докл. VIII международной конференции «Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала» 13-18 сентября 2018 года г. Курчатов, Казахстан.
2. Конференция 2020 года участников Договора о нераспространении ядерного оружия по рассмотрению действия Договора, Нью Йорк, 2020 <https://www.un.org/ru/conferences/npt2020>.
3. Global Britain in a competitive age The Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy Presented to Parliament by the Prime Minister by Command of Her Majesty, March 2021 www.gov.uk/official-documents.
4. Nonproliferation and science: experience of scientific institution Zyma G.V. «CONDENSЕ 2019», 27-31.08.2019, Ypres, Belgium.

**ВОЛОКОННЫЕ СВЕТОВОДЫ И ДАТЧИКИ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ
В ЯДЕРНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ**

*Капайкин П.Ф.¹, Томашук А.Л.¹, Васильев С.А.¹, Игнатьев А.Д.², Брицкий В.А.², Понкратов Ю.В.³,
Гныря В.С.³, Кульсартов Т.В.³, Шаймерденов А.А.⁴, Аханов А.М.⁴, Жолдыбаев Т.К.⁴, Семенов С.Л.¹*

¹ Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова,
г. Москва, Россия

² НЦВО-Фотоника, г. Москва, Россия

³ Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

⁴ Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Использование оптических волоконных световодов (ВС) и датчиков на их основе в системах диагностики плазмы и состояния различных конструктивных элементов ядерных и термоядерных установок является активно развивающимся научно-техническим направлением. Так, например, уже сейчас разработаны и применяются датчики на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР), записанные в ВС, для внутриканальных применений в ядерных реакторах [1]. Использование ВС в диагностических системах термоядерных установок было уже успешно продемонстрировано на протяжении десятилетий на исследовательских токамаках JET (Joint European Torus) [2] и TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) [2]. В международном термоядерном реакторе ИТЭР больше половины параметров плазмы планируется измерять оптическими и лазерными системами, неотъемлемой частью которых являются ВС [3]. Стоит отметить, что в большинстве применений в термоядерных установках в системах диагностики плазмы необходимы многомодовые световоды, работающие в видимом диапазоне, однако кроме них, в ИТЭР также планируется использование одномодовых ВС в качестве транспортных для передачи оптического сигнала на длине волны $\lambda=1.55$ мкм от ВБР-датчиков температуры, деформации расположенных на диверторе и бланкете для диагностики их состояния [4].

Основной причиной, ограничивающей использование ВС в интенсивных гамма-нейтронных полях, является утрата их прозрачности на рабочей длине волны, т.е. возникновение в них радиационно-наведенного поглощения (РНП) света. Таким образом, для реакторных применений необходимы специальные радиационно-стойкие световоды, в которых РНП минимизировано.

В докладе будет сделан обзор уже существующих применений радиационно-стойких ВС и датчиков на их основе в ядерных и термоядерных установках, а также приведены оригинальные результаты проведенных исследований РНП радиационно-стойких ВС различных мировых производителей в условиях эксплуатации близких к работе в ИТЭР (высокий вакуум, повышенная температура и флюенс быстрых нейтронов $\sim 10^{20}$ н/см²).

Литература:

1. Butov O. V., et al Proc. SPIE, 9157, (2014)
2. Maas A. C. et al. Fusion engineering and design, 47. 247-265 (1999)
3. Ramsey A. T. Review of scientific instruments. 66. 871-876 (1995.)
3. S. M. G de Vicente. et al. Nuclear Fusion, 57 (2017).
4. K. Dulong "Optic sensors. Testing the resistance to radiation," [Online]. <https://www.iter.org/newsline/-/3062>.

ДИНАМИКА РЕАКТОРНЫХ ШУМОВ ИБР–2М

Пепельшев Ю.Н., Цогтсайхан Ц.

Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

На развитие энергии импульсов мощности ИБР-2М действуют множество случайных и детерминированных возмущений реактивности. Эти возмущения в основном обусловлены работой различных систем, обеспечивающих нормальную работу реактора. Из-за высокой чувствительности реактора к флуктуациям реактивности шумы энергии импульсов достигают $\pm 25\%$ от среднего уровня. Для безопасной работы реактора необходимо мониторировать колебания мощности и определять причины их появления. Факторы, влияющие на колебания мощности связаны с самой активной зоной, так и с ближайшим ее окружением. Например, при ослаблении быстрой мощностной обратной связи возникает колебательный процесс, амплитуда и частота которого определяются самой активной зоной. В работе представлены результаты исследования динамики шумов энергии импульсов в ИБР–2М с момента ввода реактора в эксплуатацию в 2011 г. и до середины 2021 г.

Показано, что с ростом энерговыработки спектр шумов энергии импульсов усложняется, амплитуда автоколебаний растет. Показана необходимость продолжения исследований по динамике шумов для корректировки колебательной неустойчивости реактора.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ
В ОБЛУЧАТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ КРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ

*Айткулов М.Т., Дюсамбаев Д.С., Романова Н.К., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Бугыбай Ж.Т.,
Киселев К.С., Бейсебаев А.О.*

Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Одной из базовых установок Республиканского государственного предприятия «Институт ядерной физики» Министерства энергетики Республики Казахстан является критический стенд, который представляет собой физический реактор нулевой мощности. Замедлителем и отражателем нейтронов служат обессоленная вода и бериллий. Главным назначением и областью применения является моделирование и исследование нейтронно-физических характеристик активных зон водо-водяных исследовательских реакторов, а также обеспечение ядерной безопасности при эксплуатации реактора ВВР-К.

В работе приведены результаты экспериментального измерения пространственно-энергетического распределения нейтронов в сухом, центральном канале критической сборки. Измерения плотности потока нейтронов были проведены с помощью активационных детекторов для трёх групп нейтронов: тепловых, надтепловых и быстрых.

Плотность потока нейтронов в тепловой области определялась по кадмиевой границе с помощью активационного детектора из золота ($^{197}\text{Au} (n, \gamma) ^{198}\text{Au}$). Измерение плотности потока нейтронов в быстрой области проводилось с использованием пороговых детекторов ($^{58}\text{Ni} (n, p) ^{58}\text{Co}$; $^{115}\text{In} (n, \gamma) ^{115\text{m}}\text{In}$, $^{103}\text{Rh} (n, n') ^{103\text{m}}\text{Rh}$, $^{56}\text{Fe} (n, p) ^{56}\text{Mn}$). Для измерения плотности потока нейтронов надтеплого диапазона энергий применялся сэндвич метод. Суть данного метода заключается в одновременном облучении трех активационных детекторов, размещенных в кадмиевом экране с толщиной 0.5 мм. Основные изотопы выбранных детекторов имеют большие резонансные интегралы, что позволяет вычитанием наведенных активностей в боковых детекторах определять плотность потока нейтронов соответствующей энергии резонансного интеграла. Распределения поля нейтронов по высоте канала получены по активации детекторов из серы (реакция $^{32}\text{S} (n, p) ^{32}\text{P}$) и диспрозия (реакция $^{164}\text{Dy} (n, \gamma) ^{165}\text{Dy}$). Полученные результаты были сопоставлены с результатами расчетов, проведенных методом Монте-Карло.

**ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ**

Пышкина М.Д.^{1,2}, Васильев А.В.², Екидин А.А.²

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

² Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Принципы ALARA (AsLowAsReasonablyAchievable), сформулированные в 1954 году Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) с целью снижения вредного воздействия ионизирующего излучения, широко используются на объектах использования атомной энергии (ОИАЭ). Эти принципы требуют поддержания минимально возможного и достижимого уровня как индивидуальных (ниже пределов, установленных применимыми стандартами), так и коллективных доз облучения с учетом социальных и экономических факторов. В ходе выполнения работ персонал объектов использования атомной энергии подвергается как внешнему, так и внутреннему воздействию ионизирующего излучения. В отличие от дозиметрии фотонного излучения, в дозиметрии нейтронного излучения до сих пор множество сложных и нерешенных полностью задач. Энергетические спектры реальных нейтронных полей в различных частях ядерно-физических установок и в помещениях за биологической защитой, а также спектры нейтронного излучения свежего и/или отработавшего ядерного топлива и радиоизотопных источников очень разнообразны по форме и располагаются в широком энергетическом диапазоне от сотых долей эВ (тепловые нейтроны) до единиц и десятков МэВ (быстрые нейтроны), то есть охватывают не менее 9 порядков по энергии. Широкий диапазон энергий нейтронов в большинстве случаев приводит к неправильной оценке индивидуальной дозы персонала, поскольку энергетическая зависимость чувствительности отдельных индивидуальных дозиметров отличается от удельного индивидуального эквивалента дозы. Существует три подхода к решению этой проблемы. Первый - разработать калибровочные (опорные) поля, которые характерны для спектров, встречающихся на рабочих местах персонала объектов использования атомной энергии. Может оказаться, что конкретный «реалистичный» калибровочный спектр будет необходим для каждого рабочего места персонала. Второй подход включает в себя применение поправочного коэффициента к показаниям дозиметра, который рассчитывается с использованием известной функции отклика дозиметра и энергетического спектра рабочего поля. Однако в этом случае дозиметры будут пригодны только для ограниченного числа рабочих мест. Третий подход заключается в разработке такого дозиметра, ЭЗЧ которого соответствует удельной эффективной дозе.

Наиболее точные и простые оценки эффективной дозы при воздействии нейтронного излучения на персонал могут быть получены с использованием информации о энергетическом распределении нейтронов на рабочем месте персонала. Измерение спектра нейтронного излучения различных источников является сложной и не полностью решенной во всем мире проблемой.

В работе представлены результаты экспериментальных работ по определению энергетического и углового распределения плотности потока нейтронного излучения на исследовательских реакторах

ИВВ-2М, г. Заречный, и ИРТ-Т, г. Томск. Определены значения условно истинной эффективной дозы. Рассчитаны поправочные коэффициенты, учитывающие различие поверочного спектра от спектра на рабочем месте, для дозиметров индивидуального и группового контроля.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-4027.2021.4.

ИСПЫТАНИЯ ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ДЕЙТЕРИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ НА ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКЕ

*Тулубаев Е.Ю., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Соколов И.А., Самарханов К.К.,
Туленбергенов Т.Р., Бочков В.С.*

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Выбор материалов, контактирующих с горячей плазмой, является одним из важнейших вопросов для развития современных термоядерных реакторов. В случае эксплуатации демонстрационных реакторов, оснащенных вольфрамовыми диверторными пластинами (выбранными для ИТЭР, ДЭМО), неизбежная и прогрессирующая эрозия, износ и окончательное разрушение открытых твердых поверхностей определяют максимальный срок службы таких элементов в два года. По истечении этого срока они неизбежно должны будут быть заменены, что требует остановки реакторов и значительных затрат. Кроме того, использование материалов с высоким зарядовым числом Z будет загрязнять плазму.

Все эти трудности мотивировали поиск альтернатив твердым плазмообращенным материалам с высоким зарядовым числом Z для будущих термоядерных устройств, которые будут работать в гораздо более длительных рабочих циклах. Одной из альтернатив является использование жидкой металлической поверхности.

Наиболее изученным и перспективным жидким металлом является литий Li. Обзор современной научной литературы в области управляемого термоядерного синтеза (УТС) показывает, что на многих действующих термоядерных установках проводятся исследования с использованием в качестве обращенных к плазме материалов (ОПМ) жидко-литиевые системы [1,2]. Применение жидкого лития в качестве плазмообращенных материалов в большинстве случаев реализуется на основе использования в качестве стабилизирующей матрицы, капиллярно-пористой структуры (КПС).

В связи с созданием в РК исследовательского материаловедческого токамака КТМ в филиале Институт атомной энергии Национального ядерного центра уже несколько лет ведутся работы по исследованию возможности использования литиевых КПС в качестве внутрикамерных элементов ТЯР.

С целью получения данных об оптимальных режимах работы литиевого устройства в условиях реальной работы токамака КТМ имеется настоятельная необходимость полномасштабной проверки концепции использования литиевых технологий, а в частности исследования поведения литиевых КПС в условиях высоких тепловых и плазменных нагрузок при взаимодействии с изотопами водорода. В последующем полученные результаты позволят разработать методику проведения плазменных экспериментов на КТМ, в которых в качестве исследуемого элемента дивертора будет использоваться модуль с поверхностью из литиевой КПС.

В данной работе описана методика и результаты экспериментов по испытанию литиевой КПС при взаимодействии с плазмой, которые проводились на имитационном стенде с плазменно-пучковой установкой (ППУ). В работе подробно приведено техническое описание ППУ. Эксперименты с образцом КПС проводились при облучении дейтериевой плазмой в интервале температур от 20 °С до 1500 °С, в соответствии с ранее отработанной методикой.

В результате выполненных работ были получены данные экспериментов с литиевой КПС, проведенные в условиях плазменных нагрузок. Выполнен расчет параметров дейтериевой плазмы, плотность которой составила порядка $3 \cdot 10^{17} \text{ D}^+/\text{м}^3$.

По полученным оптическим спектрам определены зависимости изменения интенсивности излучения резонансных линий дейтерия и лития от изменения температуры исследуемых образцов КПС.

Проведено сравнение зависимостей температуры КПС без лития и КПС заполненной литием от тока дейтериевой плазмы при проведении идентичных экспериментов. Также приведено сравнение состояния образцов КПС с литием и без лития после облучения дейтериевой плазмой на ППУ.

Работа выполняется в рамках темы НТП КТМ 02.02 «Разработка макета литиевого дивертора охлаждаемого парогазовой смесью низкого давления».

Литература:

1. Mazzitelli, G., Apicella, M.L., Pericoli, V., Marinucci, M., Mazzotta, C., Tudisco, O., Lazarev, V., Alekseyev, A., Vertkov, A., Zagórski, R. FTUexperimentalresultsusinglithiumliquidlimiter. In: 48th APS. Philadelphia, 11 Feb. 2006. N UI1.00005.
2. Hu J.S., Zuo G.Z., R. Maingi, Sun Z., K. Tritz, Xu W., Yang Q.X., D. Andruczyk, Huang M., Meng X.C., EAST teama Experiments of continuously and stably flowing lithium limiter in EAST towards a solution for the power exhaust of future fusion devices Nuclear Materials and Energy 18 (2019) 99–104.

ИСПЫТАНИЯ ЛИТИЕВОЙ КПС НА ОСНОВЕ ГРАФИТОВОЙ ТКАНИ АРМИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ И РАДИАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Карамбаева И.С.¹, Понкратов Ю.В.¹, Бакланов В.В.¹, Кульсартов Т.В.¹, Гордиенко Ю.Н.¹, Тулубаев Е.Ю.¹, Заурбекова Ж.А.¹, Абдуллин Х.А.², Чихрай Е.В.²

¹ Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

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

К настоящему времени работы, проводимые в мире по проектам реакторов ИТЭР и ДЕМО, показали, что решение проблем создания приемных диверторных пластин и других элементов, контактирующих с плазмой на основе традиционных технических подходов и использовании существующих конструкционных материалов вызывают серьезные трудности. Наилучшие образцы бериллия, углерода и вольфрама, рассматриваемые в качестве элементов, контактирующих с плазмой, таких устройств, имеют ряд недостатков даже в условиях работы существующих токамаков при развитии неустойчивости плазмы (срывы и ELM): разрушение, плавление, интенсивное распыление, приводящее к необходимости частой периодической замены элементов конструкций; снижение параметров плазменного разряда вследствие его загрязнения продуктами эрозии; накопление трития в количествах, превышающих безопасный уровень в продуктах эрозии. Проблемы деградации обращенных к плазме материалов и разрушения изделий на их основе, накопления трития и загрязнения плазмы могут быть преодолены путем использования жидких металлов с низким зарядовым числом. Наилучшим кандидатом в качестве контактирующего с плазмой материала приемных пластин дивертора и других внутрикамерных устройств является литий [1]. Реализация преимуществ лития основана на использовании так называемой литиевой капиллярно-пористой системы (КПС) – принципиально нового материала, в котором жидкий литий заключен в матрицу из металлической сетки. Применение капиллярно-пористых систем (КПС) в качестве основы для создания литиевых внутрикамерных компонентов позволяет использовать все преимущества лития как материала, в наибольшей степени совместимого с термоядерной плазмой, обеспечить стабильность и способность к самообновлению литиевого покрытия, возможность создания внутрикамерных устройств произвольной формы и свободной их ориентации в пространстве вакуумной камеры ТЯР [2]. К настоящему моменту были достаточно широко исследованы литиевые КПС на основе матрицы из нержавеющей стали (X18H10T) и, частично, матрицы на основе вольфрама. Однако на настоящий момент представляемая технология требует дальнейшего развития с точки зрения оптимизации материала основной матрицы, в которую заключен литий.

В последние годы во всем мире ведутся интенсивные исследования в области, связанной с изучением свойств углеродных наноматериалов (наноалмазы, углеродные нанотрубки, фуллерены, графен) и разработками применения данных материалов в разнообразных областях современных технологий. Углеродные нанотрубки занимают одно из лидирующих мест в данных исследованиях, благодаря ряду уникальных свойств, таких как высокая механическая прочность, теплопроводность, управляемая проводимость, химическая инертность, термическая стойкость [3].

В представленном докладе описываются результаты исследований связанных с разработкой технологии изготовления литиевых капиллярно-пористых систем (КПС) на базе углеродных нанотрубок и проведенных испытаний изготовленных литиевых КПС в условиях моделирующих условия их работы в термоядерных реакторах. По результатам испытаний были определены параметры взаимодействия литиевых КПС на основе графитовой ткани армированной углеродными нанотрубками с изотопами водорода при высоких тепловых и радиационных нагрузках, которые позволили получить сведения о свойствах новых КПС в условиях их реальной работы в ТЯР и обосновать использование их в качестве плазмообращенных материалов в будущих установках управляемого термоядерного синтеза.

Литература:

1. Lyublinski, I.E. Experience and technical issues of liquid lithium application as plasma facing material in tokamaks / I.E. Lyublinski, A.V. Vertkov // Fusion Engineering and Design, Volume 85, Issue 6, November 2010, Pages 924-929.
2. Evtikhin V.A. Research of lithium capillary-pore systems for fusion reactor plasma facing components / V.A. Evtikhin, A.V. Vertkov, I.E. Lyublinski, B.I. Khripunov, V.B. Petrov, S.V. Mirnov // Journal of Nuclear Materials, Volumes 307–311, Part 2, 2002, Pages 1664-1669.
3. Успехи физических наук, Том 174, № 11 Сорбционные свойства углеродных наноструктур А.В. Елецкий, с. 1191-1231.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ НЕЙТРОННОЙ РАДИОГРАФИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ В ЛИТИЙ-ИОННОЙ БАТАРЕЕ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ РАЗРЯДКИ

Бугыбай Ж.Т.^{1,2}, Дюсамбаев Д.С.¹, Айткулов М.Т.¹, Аханов А.М.¹, Бейсенова Е.Е.²

¹Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Литий – ионные батареи широко используются в современной технике в качестве надежного и стабильного источника питания. Они представляют собой пару электродов, разделенных специальным материалом пропитанным электролитом. Носителями заряда в таких устройствах являются ионы лития. Одним из факторов, влияющим на работу таких батарей, является диффузия ионов лития. Исследования показали, что анизотропная диффузия ионов лития на электроде приводит к возникновению локальных дислокаций кристаллической решетки. В результате этого структура анода прекращает быть неоднородной, что приводит к неэффективному передвижению зарядов в нем и соответственно к снижению эффективности батареи.

В последние годы широко применяются разные методы исследования распределения ионов лития в батареях. Одним из эффективных методов исследования распределения лития в литий-ионных батареях является нейтронная радиография, поскольку полное сечение взаимодействия лития-6 с нейтронами составляет более 940 барн.

В настоящей работе было исследовано распределение лития в батареях в заряженном и разряженном состоянии, а также в процессе ее разрядки, неразрушающим методом. Исследования проведены на установке нейтронной радиографии ТИТАН. В результате проведенных исследований были получены представления о распределении лития в батареях в разных состояниях и диффузии лития в процессе разрядки батареи.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЛОВЯННО-ЛИТИЕВОЙ ЭВТЕКТИКИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА МЕТОДАМИ ДСК И ТГА АНАЛИЗА

Бочков В.С., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Тулубаев Е.Ю., Самарханов К.К., Карамбаева И.С., Заурбекова Ж.А.

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

При проектировании и создании будущих термоядерных реакторов (ТЯР) первостепенной инженерной задачей является выбор обращенных к плазме материалов (ОПМ), стабильно работающих при высоких энергетических нагрузках. Проводимые исследования на термоядерных установках, работающих в мире, показывают перспективность использования в качестве ОПМ жидкого лития. Однако есть ряд проблем использования лития в ТЯР, которые связаны с высокой скоростью испарения лития в вакууме при высоких температурах. Инновационным решением этих проблем является использование в качестве обращенного к плазме материала оловянно-литиевой эвтектики, которая имеет более низкие параметры парообразования в вакууме. Ввиду того, что оловянно-литиевая эвтектика является относительно новым кандидатным материалом, и данные по её теплофизическим параметрам несколько ограничены, то существует необходимость в более подробном изучении свойств данного материала. Также имеется необходимость расчетно-экспериментальным путем определить возможность использования жидкой оловянно-литиевой эвтектики, в установках управляемого термоядерного синтеза в качестве ОПМ.

В работе представлено описание выполненных работ по исследованию теплофизических свойств оловянно-литиевой эвтектики с различным процентным соотношением атомов лития и олова в сплаве, которые проводились на экспериментальной установке ТиГрА. Установка ТиГрА создана на базе термогравиметрического анализатора TGA-DSC 3+. В работе подробно приведено техническое описание комплекса ТиГрА, описаны методика и ход проведения экспериментов, выполненных с различными образцами оловянно-литиевой эвтектики, в интервале температур от 150 °С до 300 °С, со скоростью нагрева образца 10 °С в среде атмосферных газов.

В результате проведенной работы была отработана методика и проведены эксперименты с тремя опытными образцами эвтектики. Содержание лития в опытных образцах оловянно-литиевой эвтектики

соответствовало 20, 25 и 27 ат. %. По полученным экспериментальным данным выполнен анализ и определены теплофизические параметры образцов с различным содержанием лития в оловянно-литиевой эвтектике, такие как температура плавления и энтальпия.

Работа выполняется в рамках темы НТП РАЭ 01.04 «Изучение свойств оловянно-литиевой эвтектики в обоснование тритиевой безопасности».

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЯДЕРНЫХ СИСТЕМ В ОИЯИ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Тютюнников С.И. (коллаборация)

Объединенный институт ядерных исследований, 141980, Дубна, Российская Федерация
E-mail: tsi210647@yandex.ru

Эксперименты в рамках проекта «Энергия +Трансмутация» в первую очередь направлены на решение проблемы трансмутации актинидов нептуния, америция, плутония которые искусственно образуются в реакторе, как фоновый продукт активно поглощающий нейтроны.

Проект представляет собой обширную тему для исследования:

1. Исследование трансмутации образцов в нейтронных полях, полученных в мишенных сборках «Квинта», «Буран» проект[1] и других с помощью Фазотрона при энергии протонов 660 МэВ (рис 1-а).
2. Исследование трансмутации образцов в нейтронных полях, полученных пучками заряженных частиц на ускорителе Нуклотрон ОИЯИ (рис 1-б) [2].
3. Исследование трансмутации образцов в полетормозного излучения полученномс помощью электронного ускорителя ЛИНАК-200 с энергией электронов до 200 МэВ (рис 1-в) [2].
4. Исследование трансмутации образцов в полях лазерного излучения (рис 1-г) [3, 4].



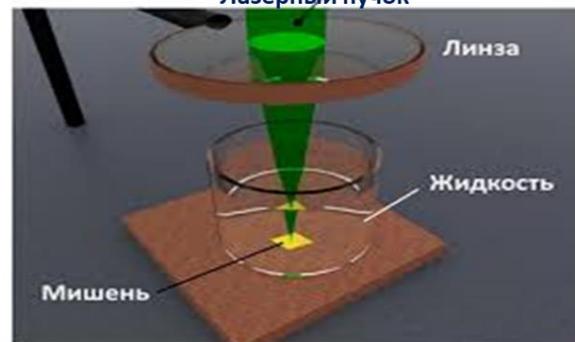
а) Протонный ускоритель ФАЗОТРОН в ЛЯП



б) Ускоритель НУКЛОТРОН в ЛФВЭ



в) Линейный ускоритель ЛИНАК-200 в ЛЯП



г) Nd-лазер в ИОФАН 700 mJ (Москва)

Рисунок 1 - Ускорители заряженных частиц (а, б, в) и лазер (г)

5. Исследование моноизотопов в широком диапазоне масс от ^{23}Na , ^{27}Al , ^{45}Sc , ^{51}V , ^{55}Mn , ^{59}Co , ^{75}As , ^{89}Y , ^{93}Nb , ^{103}Rh , ^{113}In , ^{165}Ho . до ^{209}Bi и ^{238}U , а также их комбинаций с целью исследования систематических изменений их свойств при облучении в нейтронных полях на пучках ускорителей ОИЯИ.

6. В рамках проекта проводятся исследования [4] по глубокой ионизации изотопов с целью изучения их физических свойств, данные технологии обособлено перспективны благодаря своей высокой эффективности для ионизации короткоживущих радионуклидов.

Литература:

1. S.I. Tyutyunnikov, V.I. Stegailov *et al.* «Nucleus-2018». Voronezh. 2018. P.234.
2. S.I. Tyutyunnikov, V.I. Stegailov *et al.* «Nucleus-2020». St-Petersburg. 2020. P.117-118.
3. E.V. Barmina, A.V. Simakin, V.I. Stegailov *et al.* «Nucleus-2017». Almaty. 2017. P.169.
4. A.V. Nefiodov, V.P. Ovsyannikov, S.I. Tyutyunnikov *et al.* Nucl. Inst. and Meth. in Phys. B.2021. 502. P. 23-28.

КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-К

Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Накипов Д.А.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Комплекс исследовательского реактора ВВР-К включает непосредственно водо-водяной исследовательский реактор ВВР-К, критический стенд, газо-вакуумную петлевую установку, «горячие» камеры, установку нейтронной радиографии и томографии и др.

Реактор используется для научных исследований, производства радиоизотопов, испытания материалов и оборудования ядерной энергетики, нейтронно-трансмутационного легирования кремния, нейтронно-активационного анализа, нейтронной радиографии и томографии.

Критический стенд - реактор нулевой мощности на тепловых нейтронах с легководными замедлителем и отражателем. Используется для исследования нейтронно-физических характеристик активных зон водо-водяных реакторов и некоторых элементов активных зон реакторов других типов, экспериментов в обоснование безопасности реакторных установок, формирования условий испытаний в реакторе ВВР-К различных петлевых каналов и устройств, а также для обучения персонала.

Газо-вакуумная петлевая установка предназначена для обеспечения рабочими характеристиками внутриреакторных устройств при испытании материалов и оборудования ядерной энергетики.

В «горячих» камерах производится подготовка и разрушающие исследования облученных материалов, включая ядерное топливо.

Установка нейтронной радиографии и томографии предназначена для неразрушающих исследований внутренней структуры экспериментальных устройств и других образцов, включая объекты культурного наследия.

МЕТОДОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ОЛОВЯННО-ЛИТИЕВОГО СПЛАВА С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛИТИЯ

Понкратов Ю.В., Тажипбаева И.Л., Гордиенко Ю.Н., Бочков В.С., Тулубаев Е.Ю., Самарханов К.К., Карамбаева И.С.

Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Перспективным направлением при разработке новых установок управляемого термоядерного синтеза являются исследования возможности применения жидких металлов в качестве обращенных к плазме материалов (ОПМ). В ходе продвижения этого направления исследователями рассматривались легкоплавкие металлы такие, как: литий, галлий, олово. Практически по всем параметрам (малый заряд ядра, теплофизические свойства, коррозионное взаимодействие с конструкционными материалами ТЯР) литий превосходит другие легкоплавкие металлы. Исследования, проводимые на токамаках и стеллараторах, в большинстве случаев осуществлялись с литием и литиевыми капиллярно-пористыми структурами (КПС). По результатам этих работ было выявлено, что в экспериментах, где температура лития достигала 500°C и выше, шел интенсивный процесс его испарения, а впоследствии литий конденсировался практически на всех внутренних поверхностях вакуумной камеры плазмофизической установки. В связи с этим, было обращено внимание на сплавы лития. Одним из кандидатов для создания литийсодержащего сплава является олово. В жидком состоянии олово имеет экстремально низкое давление насыщенного пара, поэтому оловянно-литиевые сплавы являются предметом интенсивных экспериментальных исследований. И в связи с этим имеется острая необходимость определить возможность использования жидкого оловянно-литиевого сплава в качестве ОПМ в установках управляемого термоядерного синтеза.

На решение вопросов о возможности использования оловянно-литиевого сплава в ТЯР направлен проект, выполняемый в филиале ИАЭ НЯЦ РК. К настоящему времени, на стадии реализации первого этапа проекта, были выполнены работы, в результате которых была разработана методология изготовления опытных образцов оловянно-литиевого сплава с различным содержанием лития.

В работе приводится описание этапов по разработке конструкции и созданию экспериментального устройства для изготовления опытных образцов оловянно-литиевого сплава с различным содержанием атомов лития и олова. Также описываются этапы по определению процедур изготовления оловянно-литиевого сплава с различным содержанием лития. Приводится описание хода изготовления сплава Sn-Li в результате, которого были получены опытные образцы с содержанием лития: 20 ат.%; 25 ат.% и 27 ат.%. После изготовления образцов была выполнена их характеристика методом дифференциально-сканирующей калориметрии.

Работа выполняется в рамках проекта AP08856056, финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИМПУЛЬСНОГО РЕАКТОРА ИБР-2М ПРИ ЭНЕРГОВЫРАБОТКЕ ДО 1800 МВт*Сут

Пепельшев Ю.Н., Виноградов А.В., Сумхуу Д.

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория Нейтронной физики, г. Дубна, Россия

Представлены результаты исследования динамики импульсного реактора периодического действия ИБР-2М. Реактор генерирует мощные нейтронные импульсы шириной 200 мкс с частотой 5–1 при средней мощности 2 МВт. Принципиальное влияние на динамику реактора оказывает быстрая мощностная обратная связь (МОС), действующая в пределах одной минуты после резкого изменения мощности. Быстрая МОС определяет колебательную нестабильность реактора. В процессе работы реактора параметры МОС меняются, что требует их постоянного мониторинга. Для этой цели создана математическая модель динамики ИБР-2М, с помощью которой проводится оценка динамического состояния реактора путем обработки переходных процессов мощности, полученных с помощью периодической модуляции реактивности. В работе даны некоторые результаты изменения динамики реактора. Показано, что динамика ИБР-2М имеет сложный характер и существенно меняется с энерговыработкой.

**НОВЫЕ СВОЙСТВА УРАНА И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Шаханова Г.А.

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

Удельная потребность ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) в уране 200-240 т на 1ГВт*год. Содержание урана в руде 0,2%, степень извлечения урана из руды и при ее переработке – 95%. 50 руды добывают закрытым (в рудниках) способом, 50% - открытым (в карьерах). 80% обогащенного урана получают газодиффузионным методом, 20% -газовыми центрифугами.

ЯТЦ состоит из трех основных стадий: начальной стадии; основной стадии; заключительной стадии.

На начальной стадии идет добыча и переработка урановой руды. Из земли извлекается $1.2 \cdot 10^5$ т урановой руды и несколько миллионов тонн пустой породы на 1ГВт*год. Общая эффективная эквивалентная доза за счет добычи урановой руды составляет 1,7 чел*Зв/ГВт*год. В последнее время используется технология подземного выщелачивания из рудного тела. Так извлекается меньше руды и отчуждается меньше земли. Затем конверсируют оксид урана в гексофторид. Выход радиоактивных отходов при конверсии в UF_6 : ^{235}U – 4 кг/ГВт*год, ^{238}U – 595 кг. При обогащении; ^{235}U – 0.1 кг, ^{238}U – 297 кг. Эффективная эквивалентная доза – 1.1 чел*Зв/ГВт*год. Потребность в изготовлении топлива 30 – 50 тонн UO_2 (3%). При этом выбросы ^{235}U – 4,2 кг, ^{238}U – 59 кг.

Основная стадия – это производство энергии. АЭС ($N_{cp}=1000$ МВт) потребляет за компанию (3 года) 50 - 80 т UO_2 (3%), в год 25 т UO_2 (примерно 200 т природного урана). В год накапливается 800 т средне- и низкоактивных отходов, высокоактивного облученного ядерного топлива около 25-30 т. Радиоактивные отходы (РАО)составляют порядка 3 %. Коллективная эквивалентная доза для персонала – 4 чел*Зв/ГВт*год, для населения – 0.4 – 1.8 чел*Зв/ГВт*год

Заключительная стадия – транспортировка и хранение РАО. Количество РАО на 1ГВт*год: хвосты от переработки руд – $(3-6) \cdot 10^4$ м³; отходы с низкой и средней удельной активностью – 600 м³, высокой – 4 м³. Коллективная эквивалентная доза для персонала – 2 - 10 чел*Зв/ГВт*год. Захоронение накопившихся РАО на земле – большая проблема на современном этапе развития науки.

В 2017 году ученые Манчестерского университета в США обнаружили, что с помощью урана можно совершать реакции, которые могут оказаться решением сегодняшних проблем в области энергетики и утилизации отходов, а также, как ни странно, помочь в разработке лекарств нового поколения. Ученые отмечают, что помимо прочего уран также обладает интересными магнитными свойствами и сможет стать потенциальным компонентом для «материалов будущего». В том случае, если уран и в самом деле можно будет использовать как источник «мирной» и безопасной энергии, это позволит сделать промышленные производственные циклы менее расточительными и энергоемкими.

**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ
РЕАКТОРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

*Әскербеков С.Қ.^{1,2}, Кадыржанов К.К.¹, Кульсартов Т.В.³, Гордиенко Ю.Н.³, Понкратов Ю.В.³,
Тажибаява И.Л.³, Чихрай Е.В.⁴, Нестеров Е.А.⁵*

¹ Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан,

² РГП Институт ядерной физики МЭ РК, г. Алматы, Казахстан

³ Институт атомной энергии НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

⁴ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

⁵ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Литий и соединения на его основе рассматриваются в качестве тритий воспроизводящих материалов бридерного бланкета разрабатываемых термоядерных установок. В большинстве случаев реализация преимуществ лития по сравнению с другими материалами основано на использовании литиевой капиллярно-пористой системы (КПС), принципиально нового материала, в котором жидкий литий стабилизирован в матрице твердого пористого материала капиллярными силами.

Необходимым условием использования таких систем в ТЯР является возможность их детритизации. Поэтому, исследования генераций и выделения трития при реакторном облучении литиевой КПС позволят получить новые экспериментальные данные, которые будут способствовать продвижению технологий, основанных на литиизации камер ТЯР.

В настоящей работе приведены результаты таких исследований, а именно реакторных экспериментов которые проводились на реакторной ампуле содержащий исследуемый образец литиевой КПС методом динамической сорбции, в результате которых получены температурные зависимости изменения газового состава в камере с литиевыми КПС при подаче в нее разных уровней потоков дейтерия.

В результате выполненного анализа экспериментальных данных была разработана комплексная модель, которая позволила получить расчетные данные:

1) равновесных распределений температуры по твердым телам (в каркасе КПС из нержавеющей стали и внешнем корпусе капсулы из нержавеющей стали) и в потоке лития;

2) стационарные поля скоростей и плотности, а также распределение давления по высоте рассчитываемой ячейки.

3) распределение концентрации трития в объеме лития и в ловушках, поток выходящего трития через внутреннюю поверхность КПС, находящуюся под откачкой при различных температурах литиевой КПС.

С помощью одной модели были промоделированы данные реакторных экспериментов по исследованию генерации и выделения трития из литиевой КПС и определены параметры взаимодействия трития с литием: температурные зависимости константы захвата трития литием и константы распада LiT .

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАКТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ЛИТИЕВОЙ КЕРАМИКОЙ

Толенова А.У.^{1,2}, Кенжин Е.А.¹, Кульсартов Т.В.¹, Чихрай Е.В.¹, Нестеров Е.А.³

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

² Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В данной работе приведены результаты эксперимента по изучению выделения трития из литиевой керамики Li_2TiO_3 при облучении на исследовательском реакторе ВВР-К. Литиевая керамика Li_2TiO_3 в виде гранул сферической формы является одним из многообещающих функциональных материалов для использования в бридерных бланкетах ТЯР. В гранулах под действием нейтронного облучения за счет ядерной реакции ${}^6Li(n,\alpha)T$ образуется тритий, который накапливается в бридерном материале и извлекается из него потоком гелия.

Экспериментальные результаты, представляемые в работе, получены на этапе исследований после 4-х дневного предварительного облучения образцов в реакторе на мощности 6 МВт – этапе, который связан с изменением температуры образцов.

Результаты эксперимента показали, что основное количество трития выделяется в виде молекулы НТ (уровень выделения НТ на порядок превышает выделение молекулы Т₂), а выделения трития в виде молекул тритиевой воды не было зафиксировано.

Получены новые экспериментальные данные о выделении трития в условиях реакторного облучения из литиевой керамики Li₂TiO₃ методом вакуумной экстракции при изменении температуры исследуемых образцов керамики. Результаты моделирования позволяют полностью проиллюстрировать картину выделения трития.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP08856623.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРИТИЯ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПЕРЕМЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ РЕАКТОРА

Кульсартов Т.В.¹, Заурбекова Ж.А.¹, Толенова А.У.¹, Кенжин Е.А.¹, Нестеров Е.А.²

¹КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

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

Проведение реакторных испытаний материалов является сложной и дорогой задачей: зачастую такие исследования проводятся в периферийных каналах реактора, режим облучения в которых определяется различными задачами, которые в этот момент выполняются на реакторе.

В таких условиях возникает ряд ситуаций, связанных с изменением мощности реактора в процессе эксперимента, которые позволяют проводить дополнительный анализ экспериментальных данных и определять ряд параметров исследуемых процессов.

В представляемой работе приведены результаты такого анализа для эксперимента по облучению литиевой керамики Li₂TiO₃. Сам эксперимент заключался в следующем: образцы литиевой керамики облучались в условиях непрерывной откачки при температуре ~ 610 °С, в течении ~21 суток при потоке тепловых нейтронов ~5·10¹³ н/(см²·с). Облучение проводилось на реакторе ВВР-К (Алматы, Казахстан). Во время эксперимента масс-спектрометрическим способом регистрировалось выделение тритийсодержащих молекул (НТ, Т₂, НТО, Т₂О).

В ходе реакторного эксперимента с частотой примерно один-два раза в сутки, осуществлялось кратковременное (менее 10 минут) снижение мощности реактора на 50-25%, с последующим ее восстановлением. При этом, как и ожидалось, температура образцов и выделяющиеся потоки тритийсодержащих молекул снижались (характерный участок эксперимента с таким снижением мощности приведен на рисунке 1).

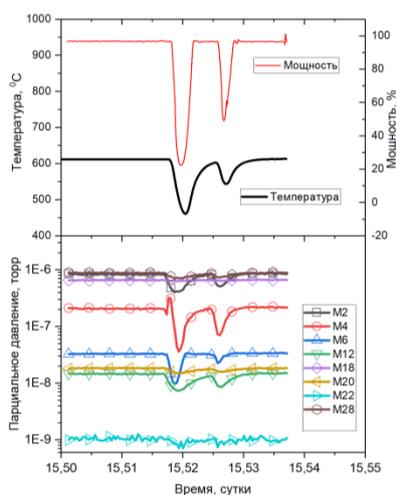


Рисунок 1 - Результаты газовой выделении в камере установки при изменении мощности реактора

Такой режим работы реактора позволил предложить метод оценки температурной зависимости коэффициента диффузии трития в керамике в условиях реакторного облучения. Данный метод основан на предположении, что при быстром изменении мощности реактора и, соответственно, температуры образца, концентрация трития в приповерхностной области не сильно изменяется, в то время как коэффициент диффузии,

имеющий аррениусовскую зависимость от температуры, изменяется сильно, что и определяет снижение потоков трития из образца.

В работе проанализированы несколько участков снижения/увеличения мощности реактора, по которым сделана оценка энергий активации диффузии трития в керамике в условиях реакторного облучения.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP08856623.

ОЦЕНКА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ «ЯЛИНА-ТЕПЛОВАЯ» В РАМКАХ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РОЖДЕНИЯ И ГИБЕЛИ

Корбут Т.Н., Зубарева М.В.

Научное учреждение «ОИЭЯИ-Сосны», г. Минск, Республика Беларусь

В работе представлен аналитический подход на основе модели рождения и гибели частиц для описания процессов взаимодействия нейтронов с размножающей средой, названный физической моделью рождения и гибели частиц [1]. Приведены выражения основных характеристик размножающей среды – реактивность ρ и среднее число частиц к моменту времени t . С использованием полученных выражений были оценены основные нейтронно-физические характеристики размножающей среды подкритической сборки «Ялина-Тепловая» с урановым топливом ^{235}U 10 % обогащения [2].

Физическая модель рождения и гибели есть частный случай вероятностной модели рождения и гибели частиц (МРГ), в рамках которой в работах Э.А. Рудака в приближении линейного роста были рассмотрены процессы, протекающие в активной зоне ядерного реактора [3]. На основе МРГ рассматривались свойства радиоактивного распада частиц в рамках как Пуассоновского, так и биномиального распределений. На примере точечного теплового реактора проводился анализ функций и фундаментальных кривых, описывающих параметры размножающей среды.

В модели рождения и гибели активная зона ядерного реактора рассматривается как ансамбль точечных реакторов, что позволяет получать средние значения параметров, характеризующих состояние системы в целом. Однако данная модель является математической, оперирует понятиями интенсивностей рождения (λ) и гибели (μ), которые напрямую не связаны с характеристиками размножающей среды. Следующим этапом развития МРГ является учет таких физических характеристик. Данный подход и был назван «физической моделью рождения и гибели» – ФМРГ.

Физическая модель рождения и гибели – это более сложный вариант модели рождения и гибели. Главное ее отличие в том, что математический аппарат оперирует параметрами интенсивностей рождения и гибели, выраженными через характеристики размножающей среды. Такими характеристиками являются: λ_f – вероятность деления ядра нейтроном; λ_c – вероятность гибели нейтрона; ν – математическое ожидание числа вторичных нейтронов в одном акте деления. Такой подход был использован в данной работе для описания процессов в делящейся среде.

Нахождение по данным эксперимента значений реактивности подкритических ядерных систем является одной из актуальных вопросов в прикладной физике нейтронов. В связи с этим в данной работе на примере сборки «Ялина-Тепловая» была рассмотрена возможность экспериментально-теоретической оценки реактивности ρ в подкритических системах, которую даёт физическая модель рождения и гибели.

В свою очередь «Ялина-Тепловая» – подкритическая ядерная установка нулевой мощности, работающая от обычного нейтронного генератора высокой интенсивности. Была построена и введена в эксплуатацию в Объединенном институте энергетических и ядерных исследований – Сосны, Минск, Беларусь. Установка конструировалась с целью исследования статических и динамических свойств нейтронов подкритических ядерных систем, управляемых ускорителем, а также, в частности, для исследования реакций трансмутации ядер минор актинидов.

Литература:

1. Korbut, T.N. Neutron and Neutron-Breeding Medium Interaction Process Description Within the Physical Birth-and-Death Model / T.N. Korbut, M.V. Bobkova, E.A. Rudak, I. A. Zubets // *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*. – Vol. 23, no. 4. – 2020. – Pp. 428-434.
2. Talamo, Al. Deterministic and Monte Carlo modeling and analyses of Yalina–Thermal subcritical assembly / Al. Talamo, Y. Gohar // *ANL–NE*. – 2010. – Vol. 17. – P. 265.

3. Korbut, T.N. A thermal nuclear reactor as an analog of ADS systems with internal sources of neutrons / T.N. Korbut, A.V. Kuz'min, E.A. Rudak // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. – 2015. – Vol. 79. № 4. – P. 461–469.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Садиқов И.И.

Институт Ядерной Физики, Академия Наук Республики Узбекистан, г.Ташкент, Узбекистан

В Узбекистане за последние 2 десятка лет доля промышленности в ВВП страны выросла почти в 2,5 раза и составила по итогам 2017 года 33,5 % против 14,1 % в 2001 году. Бурно развиваются такие современные отрасли промышленности, как химическая, нефтехимическая, электротехническая, черная и цветная металлургия, машиностроение и переработка металлов. Все эти отрасли энергоемкие и их развитие требует больших энергоресурсов. В 2000 году доля населения в общем потреблении электроэнергии по республике составляла 13,9%, а в 2018 году этот показатель вырос почти в 2 раза и составил 26,5%. Как видим потребление электроэнергии растет в разы, а ее выработка сильно отстает. На сегодняшний день установленная мощность всех системы электроэнергетики в республике составляет 14,15 ГВт и 87% этой электроэнергии вырабатывается на тепловых электростанциях (ТЭС и ТЭЦ), основная часть которых вырабатывается на старых энергоблоках (около 81 %) введенных в строй с 1939 по 1995 года, и только 19,2 % на более современных (2004-2017 гг.).

Все эти обстоятельства обуславливают принятия срочных мер по введению крупных мощностей обеспечивающих стабильной электроэнергией возрастающие с каждым годом потребности страны в энергоресурсах.

В связи с этим, решение о строительстве в Узбекистане первой атомной электростанции из двух блоков на базе атомных реакторов ВВЭР-1200, разработанных в Госкорпорации «Росатом», с общей мощностью 2,4 ГВт в сложившейся ситуации было острой необходимостью. В целях развития атомной энергетики в Узбекистане Указом Президента Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёева от 19 июля 2018 года №УП-5484 «О мерах по развитию атомной энергетики в Республике Узбекистан» создано Агентство по развитию атомной энергетики при Кабинете Министров Республики Узбекистан «Узатом», который является органом государственного управления в сфере развития и использования атомной энергетики.

Естественно возникает вопрос, почему именно атомная электростанция и почему именно «Росатом»?

Традиционными источниками выработки электроэнергии являются гидро и теплоэлектростанции. Третье место в этом ряду занимает ядерная энергетика, постепенно увеличивается доля возобновляемых источников энергии (солнце ветер, биотопливо, гидротермальные источники).

На сегодняшний день республика практически исчерпала возможности гидроэлектростанций. Строящиеся и планируемые малые ГЭС не могут существенно изменить сложившуюся ситуацию. В апреле 2017 года Узбекистан присоединился к Парижскому соглашению по изменению климата, согласно которому страны участницы этого соглашения должны приложить все усилия к снижению выброса углекислого газа в атмосферу. Это предусматривает снижение доли теплоэлектростанций, которые в Узбекистане и так составляют почти 87%. Возобновляемые источники энергии, несмотря на бурное развитие (согласно Концепции обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020-2030 годы, установленная мощность солнечных и ветряных электростанций к 2030 году должно составлять 8 ГВт, против 2,4 ГВт на АЭС), экологическую чистоту и безопасность, на сегодняшний день не могут решить полностью проблему энергодефицита, из-за высокой себестоимости вырабатываемой электроэнергии, нестабильности и низкой эффективности. Поэтому, развитию атомной энергетики в стране уделяется особое внимание.

На сегодняшний день Госкорпорация «Росатом» является мировым лидером в строительстве АЭС, который в настоящее время строит 32 энергоблока (это более половины из всех строящихся в мире) в 11 странах мира. По оценке экспертов, атомный реактор ВВЭР-1200 поколения 3+ является самой безопасной ядерной энергетической установкой среди имеющихся на сегодня в мире.

Вопрос строительства атомной электростанции в Узбекистане поднимался еще в 80-х годах прошлого века. Первый практический шаг был сделан в 2001 году, когда в Институте ядерной физики был проведен рабочий семинар, где обсуждали возможности строительства атомной электростанции в Узбекистане. Тогда его участниками стали специалисты из нескольких проектных институтов и компаний Российской Федерации, специалисты из министерства энергетики, сейсмологи, ядерщики. Но проект стал не актуален.

В 2016-2017 годах ситуация в корне изменилась и появилась возможность работать в этом направлении. И начались уже подготовительные работы, переговоры. Рассматривались несколько возможных исполнителей этого проекта, в итоге мы остановились на современных российских технологиях поколения «3+».

В ноябре 2017 года был подписан Меморандум о взаимопонимании между Академией наук Республики Узбекистан (АН РУз) и Госкорпорацией (ГК) «Росатом» и в декабре того же года подписано Соглашение между Правительствами Узбекистана и Российской Федерации о сотрудничестве в области использования ядерной энергии в мирных целях. В сентябре 2018 года уже подписано межправительственное соглашение о строительстве первой атомной электростанции Российского дизайна на территории Республики Узбекистан.

В октябре 2018 года Президент Республики Узбекистан Ш.М.Мирзиёев и Президент Российской Федерации В.В.Путин, нажатием на кнопку дали старт строительству АЭС. С этого дня начались геологические, сейсмологические, экологические, биологические и др. изыскания на потенциальных участках, выбранных для строительства АЭС.

По результатам исследований потенциальной площадкой №1 выбран участок, находящийся в Джизакской области на берегу Айдар-Арнасайской системы озер в нескольких километрах от юго-западного берега озера Тузкан.

В сентябре 2019 года был принят Закон Республики Узбекистан «Об использовании атомной энергии в мирных целях». Законом закреплены основные понятия, определены принципы использования атомной энергии, такие как законность, безопасность, приоритет охраны жизни и здоровья граждан, окружающей среды, независимость деятельности органов государственного регулирования безопасности использования атомной энергии, открытость и гласность, добросовестность выполнения международных обязательств, предусматриваются объекты ее использования.

В целях подготовки кадров подписан меморандум о взаимопонимании между ГК «Росатом», АН РУз и Агентства «Узатом» по подготовке кадров для строящегося АЭС. На территории Института ядерной физики АН РУз создан филиал Национального ядерного университета Московского инженерно-физического института (НИЯУ МИФИ), который предполагается как головная организация по подготовке кадров для будущего АЭС. Открыты новые кафедры и научные направления в нескольких ведущих ВУЗах страны.

В июне 2021 года прошла ИНИР Миссия МАГАТЭ, в ходе которой группа экспертов МАГАТЭ провели оценку развития инфраструктуры для ядерно-энергетической программы Узбекистана. Группа ИНИР отметила наличие значительного прогресса в разработке проекта АЭС, разработке нормативно-правовой базы и укреплению потенциала регулирующего органа, что программа пользуется сильной государственной поддержкой и реализуется с соблюдением всех требований безопасности. В заключительном совещании миссии заместитель Генерального директора и руководитель Департамента ядерной энергии МАГАТЭ Михаил Чудаков сказал, - «Узбекистан уже имеет значительный опыт в ядерной сфере, полученный в результате эксплуатации его исследовательских реакторов и других ядерных исследовательских установок, и достигнутый им прогресс в развитии ядерной энергетики заслуживает высокой оценки».

При строительстве АЭС необходимо уделять особое внимание вопросам общественной приемлемости использования атомной энергии в мирных целях. Это включает в себя открытое и профессиональное обсуждение с населением, в том числе и соседних стран, вопросов использования атомной энергии в мирных целях, показать преимущества атомной энергетики, а также его слабые места и возможные угрозы, рассказать о мерах по выявлению и исключению слабых мест и уменьшению угроз.

Окончание строительства и пуск первого блока предварительно запланировано на 2028 год. Введение в эксплуатацию нового АЭС позволит обеспечивать экономику республики стабильной, экологически чистой и сравнительно дешевой электроэнергией и данный проект можно рассматривать как начало ядерно-энергетической программы страны.

РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ КАМПАНИЕЙ ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИВГ.1М
С НОУ-ТОПЛИВОМ

Жанболатов О.М., Сураев А.С., Вурим А.Д., Иркимбеков Р.А.

Филиал «Институт атомной энергии» Национального ядерного центра Республики Казахстан,
г. Курчатов, Казахстан

Одной из характерных особенностей эксплуатации исследовательского ядерного реактора ИВГ.1М [1] с высокообогащенным топливом являлась практическая неизменность его расстановки в активной зоне, обусловленная как применением технологических каналов с разной длиной ТВС, так и отсутствием оперативного запаса свежего топлива. Очевидно, что такая практика эксплуатации реактора не обеспечивает оптимального режима использования топлива и приводит к снижению такого показателя эффективности работы реактора как глубина выгорания топлива. Частично задача оптимизации использования топлива решается за счет изменения концентрации ядерного горючего по радиусу, но это лишь несколько замедляет неизбежное снижение запаса реактивности реактора от пуска к пуску.

Одной из проблем эксплуатации ядерного исследовательского реактора ИВГ.1М является отсутствие системы управления его топливной кампанией. Следствием этого будет являться неизбежное снижение запаса реактивности, что через 4 – 5 лет приведет к понижению потенциальной эффективности реактора и ухудшение нейтронно-физических характеристик, отрицательно влияющих на эксплуатацию и проведение уникальных исследований.

Как показывают результаты расчетов, выполненных для реактора ИВГ.1М с низкообогащенным топливом, при сохранении практики его эксплуатации без изменения расстановки топлива, его кампания составит не более 4 – 5 лет. При этом средняя глубина выгорания топлива составит не более 7,5 МВт·сут/кг.

Напротив, реализация сценариев перестановки и частичной замены топлива в активной зоне приводит к повышению эффективности его использования [2,3,4] при условии наличия оперативного запаса свежего топлива для загрузки в реактор (не более 10 каналов ежегодно).

Рассмотрены десять различных вариантов управления кампанией топлива реактора ИВГ.1М, отличающихся схемами перестановки водоохлаждаемых технологических каналов (ВОТК), количеством замен и предполагаемой длительностью кампании топлива. Проведены расчеты характеристик топлива и параметров активной зоны для предложенных вариантов расстановки топлива в условиях максимального и неполного режимов эксплуатации реактора.

Показано, что управление кампанией топлива обеспечит возможность повышения средней глубины выгорания топлива реактора ИВГ.1М до 13 МВт·сут/кг.

Литература:

1. Батырбеков Э.Г., Скаков М.К., Иркимбеков Р.А. и др. Конверсия исследовательского реактора ИВГ.1М // Вестник НЯЦ РК. –2015. –Вып. 2. –С.6–18.
2. Irkimbekov R.A. Vurim, A.D et.al. Neutronics Model of the IVG.1M Reactor: Development and Critical-State Verification // Atomic Energy. –2019. –Vol.127. –pp.69–76. DOI 10.1007/s10512-019-00587-1. Q4 (Percentile 33), IF 0.302 (2018).
3. Стационарлық нейтронды –физикалық есептемегерге арналған ИВГ.1М реакторының компьютерлік моделі а.с. №2757 от 24.08.18 Республика Казахстан. Иркимбеков Р.А., Вурим А.Д. и др.
4. Жагипарова Л.К., Вурим А.Д., Иркимбеков Р.А., Витюк Г.А. и др. Моделирование реактора ИВГ.1М // Вестник НЯЦ РК. –2017. –Вып. 3. –С.59-65.

**РАСЧЕТ РАЗОГРЕВА И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В МАКЕТЕ
ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ АМПУЛЫ ВВР-К**

*Чихрай Е.В.¹, Кульсартов Т.В.¹, Заурбекова Ж.А.¹, Эскербеков С.Қ.¹
Гизатулин Ш.Х.², Шаймерденов А.А.², Сайранбаев Д.С.²*

¹ТОО "Институт прикладных наук и информационных технологий", КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

²Институт ядерной физики МЭ РК, г. Алматы, Казахстан

Корректный учет радиационного разогрева исследуемого образца и материалов облучательной ампулы при проведении внутриреакторного испытания является важным фактором, определяющим как успех эксперимента, так и его безопасность. При этом основой для теплового расчета является, в свою очередь, правильный нейтронно-физический расчет, который оценивает удельную мощность тепловыделения материалов облучательного устройства под воздействием реакторного излучения. Далее для расчета температурных полей используются численные методы для аппроксимации уравнений тепло- и массопереноса, типа метода конечных элементов и метода конечных объемов, и комплексы программных средств, их реализующие (Fluent, SolidWorks, AutoCAD и т.п.)

В работе представлены результаты компьютерной симуляции методом конечных элементов процесса разогрева макета облучательной ампулы для образцов карбида кремния в одном из центральных каналов ВВР-К. Особенностью данного варианта облучательного устройства является необходимость обеспечить для размещения образцов две зоны (капсулы) с разной степенью разогрева: 500°C и 950°C, находящиеся в среде гелия, давление которого может регулироваться с целью управления температурой капсул. Для моделирования использовалась система уравнений теплопереноса, учитывающая теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение. Движение гелия в диапазоне давлений 20 - 100 кПа описывалось как ламинарный поток. Значения удельного тепловыделения для материалов и металлических элементов ампульного устройства были получены из нейтронно-физических расчетов транспортным кодом MCNP. Для расчета термомеханических нагрузок и деформаций в исследуемой ампуле использовался соответствующий модуль.

Использование разной толщины стали 12Cr18Ni10Ti для верхней и нижней капсул, а также теплового экрана вокруг горячей капсулы позволило достичь требуемого радиационного разогрева. По результатам расчетов получено хорошее совпадение температур верхней (холодной) и нижней (горячей) капсул с требуемыми и экспериментально измеренными значениями (расхождения не превышают +/- 30°C). Максимальная деформация ампулы составляет 2 мм и выражается в ее движении вертикально вверх. Радиальное уширение не превышает 0.15 мм.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ KZ-2514.

**ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
КОРРОЗИИ ПРОТОТИПОВ ТОПЛИВА TRISO**

Блынский П.А., Эскербеков С.Қ., Заурбекова Ж.А., Чихрай Е.В., Кульсартов Т.В., Толенова А.У.

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

Конструкционный графит активных зон ядерных реакторов находится под постоянным воздействием химически активных по отношению к углероду примесей в теплоносителе или газе, заполняющем кладку активной зоны. Это касается реакторов типа ВТГР (высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов). Для обеспечения безопасной работы ВТГР необходимо исследовать поведение топлива и графитовых элементов его активной зоны в случае попадания туда воздуха и/или воды. Дизайн активной зона ВТГР должен предотвращать аварии с восстановлением критичности путем удержания геометрии топливных сборок, содержащих графитовые элементы и топливо с графитовым покрытием, и улучшением коррозионной стойкости графита в случае аварии с проникновением воздуха/воды.

Покрытия, резистентные к окислению, являются логическим выбором для защиты топливных элементов при высоких температурах [1–3]. На сегодняшний день появились новые виды топлива с антикоррозионным SiC-покрытием, превосходящие существующие аналоги 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 его взаимодействия с химически активными газами (воздух, вода и т.д.), остаются одними из актуальных и приоритетных задач.

В данной работе представлены результаты экспериментов по высокотемпературной коррозии прототипов топлива с SiC покрытием и получены температурные зависимости изменения газового состава в коррозионной камере с образцами в диапазоне температур от 750°C до 1400°C и при начальном давлении паров воды в камере 100 Па. Было показано, что при давлениях паров воды 100 Па SiC покрытие взаимодействует с паром по пассивному (образующему дополнительный защитный слой) механизму. Выработана модель для аналитического описания и рассчитаны, согласно предложенной методике, параметры константы скорости взаимодействия паров воды с SiC покрытием для различных температур образца.

Результаты исследований позволяют заключить, что SiC покрытие на прототипах топлива обладает улучшенными антикоррозионными свойствами и может быть вполне успешно использован для снижения химической активности углерода в элементах топлива и топливных сборках ВТГР без ухудшения механических и температурных свойств.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP08052726.

Литература:

- 1 H.Fritze, J. Jojie, T. Witke, C. Ruscher, S. Wber, S. Scherrer, etal. Mullite based oxidation protection for SiC/C composites in air at temperature up to 1900K // J. Eur. Ceram. Soc. 18(16). – 1998. – С. 2351–2364.
- 2 J.F. Huang, X. R. Zeng, H.J. Li Mullite–AL₂O₃–SiC oxidation protective coating for C/C composites // Carbon 41 (14). – 2003. – P. 2825–2829.
- 3 J.F. Huang, X. R. Zeng, H.J. Li Mullite–AL₂O₃–SiC oxidation protective coating for C/C composites // Carbon 41 (14). – 2003. – P. 2825–2829.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Нестеров Е. А.¹, Садкин В.Л.¹, Кенжина И.Е.^{1,2,3}, Эскербеков С.К.^{3,4}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

³РГП Институт ядерной физики МЭ РК, г. Алматы, Казахстан

⁴Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

В атомной и термоядерной энергетике существенное влияние на механические свойства материалов оказывает химически активный газ – водород. Водород и его изотопы (дейтерий, тритий) являются продуктами ядерных реакций (атомная энергетика) или непосредственно участвуют в процессе производства энергии (термоядерный синтез). Комплексное воздействие факторов эксплуатации на конструкционные и функциональные материалы ядерных и термоядерных реакторов инициирует сложный процесс изменения свойств материалов, который следует учитывать при оценке безопасности и эффективной эксплуатации этих установок. Кроме того, отдельной важной причиной пристального внимания является оценка тритиевой безопасности термоядерных реакторов.

В структуру Томского политехнического университета входит типовой исследовательский реактор ИРТ-Т, на котором с 1967 года проводятся научно-исследовательские работы по физике твердого тела, нейтронно-активационному анализу элементного состава различных веществ, производству радионуклидов, легированию кремния, нейтронной радиографии и других работ с использованием реакторного излучения. Описываемая в работе созданная установка будет мобильной, т.е. легко может быть установлена под любой экспериментальный канал реактора для решения тех или иных задач исследования. А после окончания экспериментов установка также легко приводится в условно безопасное состояние и может быть выведена из реакторного помещения. Кроме того, данная установка позволит проводить эксперименты по исследованию взаимодействия химически активных газов с материалами ядерных и термоядерных реакторов различными вариациями методов газопроницаемости и десорбции (например, такими как метод газовой абсорбции (сорбции); метод проницаемости, метод газовой термодесорбции и т.д.), как в условиях реакторного облучения, так и без облучения.

Работа выполнена с использованием оборудования УНУ ИРТ-Т в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям НТК России на 2014-2020 годы» по Соглашению от 13.11.19 № 075-15-2019-1633 (Уникальный идентификатор проекта RFMEFI62019X0001). Работа поддержана программой развития ТПУ.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИСПЫТАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ НА РЕАКТОРЕ ИВГ.1М

Гордиенко Ю.Н.¹, Понкратов Ю.В.¹, Кульсартов Т.В.¹, Тулубаев Е.Ю.¹, Заурбекова Ж.А.¹, Самарханов К.К.¹, Гныря.В.С.¹, Кашайкин П.Ф.², Брицкий В.А.³

¹ Филиал ИАЭ НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

² ИОФ им. Прохорова, РАН НЦВО им. Е.М. Дианова, г. Москва, Россия

³ ООО ИП «НЦВО – Фотоника», г. Москва, Россия

В настоящее время, оснащение ядерных установок оптическими волоконными световодами (далее «оптическое волокно» или ОВ) является активно растущей тенденцией в атомной промышленности и науке. Уже сейчас разработаны различные волоконно-оптические датчики на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) для внутриканального применения в ядерных реакторах. Также использование ОВ и датчиков на их основе является одним из направлений в развитии систем диагностики импульсных и квазистационарных термоядерных установок. Например, в международном термоядерном реакторе ИТЭР большинство параметров плазмы планируется измерять оптическими и лазерными системами, неотъемлемой частью которых являются ОВ. Кроме того, наряду с ОВ интегрированными в системы диагностики плазмы, в термоядерных установках планируется использование ОВ в качестве транспортных линий для передачи сигнала на длине волны 1,55 мкм от различных оптических датчиков (температур, деформации и ряда других величин на основе ВБР), обладающих высокой радиационной стойкостью. В контексте решения задач по использованию оптоволоконных световодов в атомной и термоядерной энергетике проводятся исследования влияния нейтронного облучения на радиационно-индуцированное затухание (РИА) в оптических волокнах с различной сердцевиной и оболочкой.

В настоящей работе приводится описание и результаты реакторных экспериментов по исследованию радиационно-индуцированного затухания на длине волны $\lambda = 1,55$ мкм, а также спектров РИА в оптических волокнах с различными покрытиями (медь, высокотемпературный полиимид, алюминий, акрилат) в процессе и после облучения на ядерном реакторе ИВГ.1М (Республика Казахстан).

Все образцы волокон были подвергнуты облучению в активной зоне ядерного реактора в интервале температур от 155 °С до 355 °С. К концу облучения флюенс быстрых нейтронов составил $4,46 \cdot 10^{17}$ н/см², а доза по γ - $D = 2,91 \cdot 10^7$ Гр. В результате проведенных исследований было обнаружено, что общие наведенные потери при $\lambda=1,55$ мкм обусловлены радиационно-индуцированным затуханием, потерями на изгибе (вызванным тепловым расширением медного цилиндра, на который были намотаны ОВ), термоиндуцированными потерями на микроизгибе. Коэффициент радиационно-стимулированного затухания (при $\lambda=1,55$ мкм) для ОВ с сердцевиной из диоксида кремния и оболочкой из SiO₂ легированной фтором к концу облучения лежит в интервале от 0,12 дБ/м до 0,16 дБ/м, что представляется допустимым для внутриреакторных транспортных волокон.

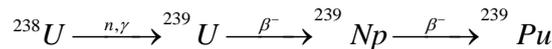
ЯДРА, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ИЗ МИШЕНЕЙ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ, ОБЛУЧЁННЫХ ПРОТОННЫМ ПУЧКОМ (E_p=660 МэВ)

Бруква А.Е.¹, Кобец В.В.¹, Крячко И.А.¹, Перевоицков Л.Л.¹, Расулова Ф.А.², Розов С.В.¹, Шакун Н.Г.¹, Стегайлов В.И.¹, Тютюнников С.И.¹, Юлдашев Б.С.²

¹Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

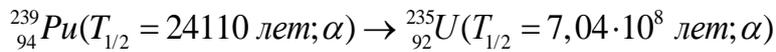
²Институт Ядерной Физики, Академия Наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан

Основной изотоп природного урана ²³⁸U при захвате нейтронов превращается во вторичное ядерное топливо, изотоп ²³⁹Pu, после двух последовательных β-распадов:



23,5 минут 2,36 суток

Распад ²³⁹Pu происходит по следующему направлению:



тобы изучать свойства деления и захвата ядер ²³⁷Np, ²³⁹Pu и ²⁴¹Am проводился эксперимент по облучению минорных актинидов на сборке «Квинта» [1]. При этом сборка стояла на выведенном пучке протонов фазотрона Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ при энергии 660 МэВ. Мишени состояли из окисей NpO₂ (Np), PuO₂ (Pu) и AmO₂ (Am) соответственно. Спектры облученных мишеней сняты с помощью полупроводниковых детекторов [2].

Основной критерий идентификация каждого изотопа – это энергии γ-переходов и период его полураспада. На основе анализа спектров была получена массовая диаграмма ядер, образовавшихся в облученных мишенях. В качестве примера на рис.1 приведена массовая диаграмма для мишени ²³⁹Pu. В процессе деления образуются два осколка, поэтому на рис.1. видны две области ядер с массовыми числами A₁ и A₂. В дальнейшем планируется вычислять выходы продуктов деления.

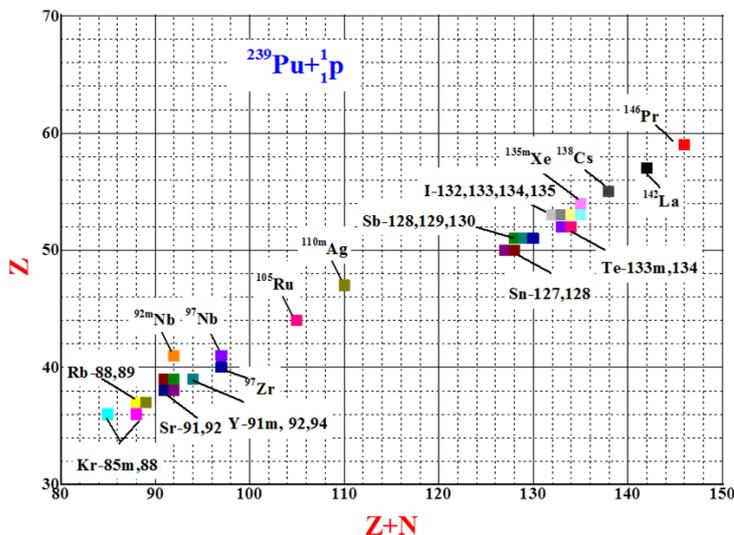


Рисунок 1 - Диаграмма продуктов деления в мишени ²³⁹Pu

Литература:

1. Письма в ЭЧАЯ. 2005. Т.2, №6(120). С.25-39.
2. Debertin К., Helmer R. Gamma and X-ray spectrometry with semiconductor detector. –North Holland, Amsterdam, 1988. – 402 p.

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

ABOUT THE CHANGINGS IN THE FORMATION OF THE SEMIPALATINSK TEST SITES,
MAIN ECOSYSTEMS AFTER NUCLEAR EXPLOSIONS

Plissak R.P.¹, Novikova N.M.², Plissak S.V.¹

¹RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Institute of water problems of the Academy of Sciences of Russia, Moscow, Russia

Radionuclides, in combination with other ecological factors, cause significant changes in the vegetation cover. There comes a change in the species composition of communities, a change in their structure and biomass, coverage, stratum, direction and speed of successions.

The objects of research are the three main types of ecosystems (the steppe, meadow, halophytic) territories of the Semipalatinsk test sites, formed at the background radiation level (10-20 $\mu\text{R/h}$) and 30-170 (200) $\mu\text{R/h}$, as well as various types of disturbed ecosystems background radiation level (10-20 $\mu\text{R/h}$) and 120-1 600 $\mu\text{R/h}$.

1. One of the main types of ecosystems in the territory of the Semipalatinsk test site are zonal wormwood-cespitose-grass communities on light chestnut soils. Technogenic pollutants of these soils (²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ^{152,154}Eu) accumulate in the surface (0-2 or 0-3 cm) soil layer. Radiation contamination of steppe ecosystems causes a phenological shift, a change in the morphological and anatomical structure of plants, growth stimulation in some plants, an increase in the weight of monocotyledonous plants and a decrease in the rate of decomposition of organic matter. Changes in the species and ecobiomorphological composition and structure of zonal (steppe) communities do not occur.

2. ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, to a lesser extent ²⁴¹Am, ⁶⁰Co, ^{152,154}Eu, are accumulated in meadow ecosystems that are important for meadow pasture management. A significant content of alpha emitters indicates contamination of meadow soils with plutonium. Polluted layers (0-10 cm) of soils are contaminated with radionuclides. Excessive moistening of soils, predominance of loamy and heavy loam mechanical composition contributes to the dissolution of man-made radionuclides, their absorption by soil, intensive migration to soil solution and root systems of plants. Radiation contamination of meadow ecosystems along with other anthropogenic factors (intensive soil moistening, the influence of annual burning out, demilitarization of the tunnels) causes an increase in species diversity, phenological shift and growth stimulation in monocotyledonous and dicotyledonous plants, changes in the anatomical and morphological structure of individual species and heterogeneity of the horizontal structure of communities .

3. In meadow drying soils, the main pollutants are ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (judging by their high beta activity) and plutonium (judging by the high alpha activity). The surface (0-10 cm) soil layer is contaminated. Along with other anthropogenic factors (the cessation of the water manifestation from the tunnels, the burning of vegetation, the disturbance of the surface layer of soils, etc.), the radiation contamination of meadow drying soils caused an increase in species diversity in the mesophytic community with the dominance of *Elitrigia repens* *Inula britannica*, heterogeneity of the horizontal structure, phenological shift, changes anatomical and morphological structure in some plants. There are no changes in the ecobiomorphological composition of the communities.

4. In meadow stepping soils, the main pollutants of soils are ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (judging by the high content of beta activity). Soils are contaminated in the surface layer (0-10 cm). In the haloxerophyte communities with the dominance of *Achnatherum splendens*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Leymus angustus*, radiation contamination, along with other factors (burning of the grass stand, disturbance of the soil surface, etc.), caused an increase in species diversity and increased heterogeneity of the horizontal soil structure; phenological shift, increase in weight and abundance in some plants; increase in weight in dicotyledonous plants and decrease in root weight in individual plants.

5. In meadow-stepped soils, the main pollutants are ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr (based on the high content of beta activity). Radionuclides contaminate the surface (0-10 cm) layer of soil. In the haloxeromesophytic community of *Leymus angustus*, radiation contamination, along with other anthropogenic factors (additional moistening, burning of the grass stand, etc.) caused an increase in species diversity and increased heterogeneity of the horizontal structure of the community, growth stimulation, morphological structure and weight gain in some plants, weight in monocotyledonous and dicotyledonous plants.

6. In halophyte ecosystems, the main pollutant is ¹³⁷Cs. In the halomesoxerophyte community (*Halimione verrucifera* + *Halocnemum strobilaceum*), radiation contamination and less favorable (compared to the control plot) humidification conditions caused an increase in species diversity; decrease in height and weight of some plants; decrease in the weight of dicotyledonous plants and root weight of some plants; phenological shift in individual species.

APPLICATION OF LASER SPECTROSCOPY AND MASS SPECTROMETRY FOR
TRACE ANALYSIS

Izosimov I.N.¹, Strashnov I.²

¹Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia. izosimov@jinr.ru

²The University of Manchester, School of Natural Sciences, M13 9PL, UK.

Among the modern analytical methods, laser spectroscopy and mass spectrometry are the leading techniques for the detection of trace amounts of radioisotopes in complex matrices providing the breadth of information about the elemental and isotope composition. Laser spectroscopy that targets the atomic and molecular transitions employs the laser excitation of the species, usually in uv region, followed by detection of resulting luminescence signal. Sizable advantages are the selectivity (due to characteristic time delay of emission) and the ability to discriminate against the valence states (due to unique molecular levels arrangement). Modern mass spectrometry, in turn, provides a superior sensitivity and better geared for a rapid multi-elemental/isotope analysis. However, extracting the meaningful concentration values is more difficult for which various separation techniques (e.g. liquid chromatography, LC-MS) need to be employed.

Here we report on chemiluminescence of plutonium, uranium, and samarium in solutions. The details of multi-step excitation of species and time-resolved detection of resulting luminescence (TRLIF) and chemiluminescence (TRLIC) are considered. Several recent experiments [1-4] in which pulsed tunable lasers were used have delivered a promising sensitivity for detection of these elements. Limit of detection (LOD) for spectrometers using the registration of chemiluminescence are in the range from 10^{-6} mol/l to 10^{-13} mol/l depending on the type of solutions and type of detectable molecule. In the next step, we combine the atomic laser spectroscopy with mass spectrometry detection (RIMS). Tunable dye lasers target the atomic transitions exciting the atoms from level to level into the ionisation continuum. The sensitivity of <100 atoms have been demonstrated for krypton isotopes (including ⁸¹Kr) of radiogenic (nuclear power plants) and cosmogenic (meteorites and other extraterrestrial material) origin [5,6]. Several multi-step RIMS approaches have been extended to uranium and other radioisotopes from solid and liquid samples [7,8]. The development of a suitable excitation/ ionisation schemes for both RLIF/TRLIC and RIMS is of a high priority allowing more complex sample characterisation.

References:

1. I.N. Izosimov, et al., *Hyperfine Interactions*, 227, 271(2014).
2. I.N. Izosimov, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 304, 207(2015).
3. I.N. Izosimov, *Procedia Chemistry*, 21, 473(2016).
4. I.N. Izosimov, *Environmental Radiochemical Analysis VI*, pp. 115-130, Royal Society of Chemistry Publishing, 2019. DOI: 10.1039/9781788017732-00115
5. I. Strashnov, et al., *J. Anal. Atom. Spectroscopy*, 26, 1763(2011).
6. I. Strashnov, et al., *Hyperfine Interact.*, 227, 259(2014).
7. I. Strashnov, et al., *J. Anal. Atom. Spectroscopy*, 34, 1630(2019).
8. I. Strashnov, et al. *J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 322, 1437(2019).

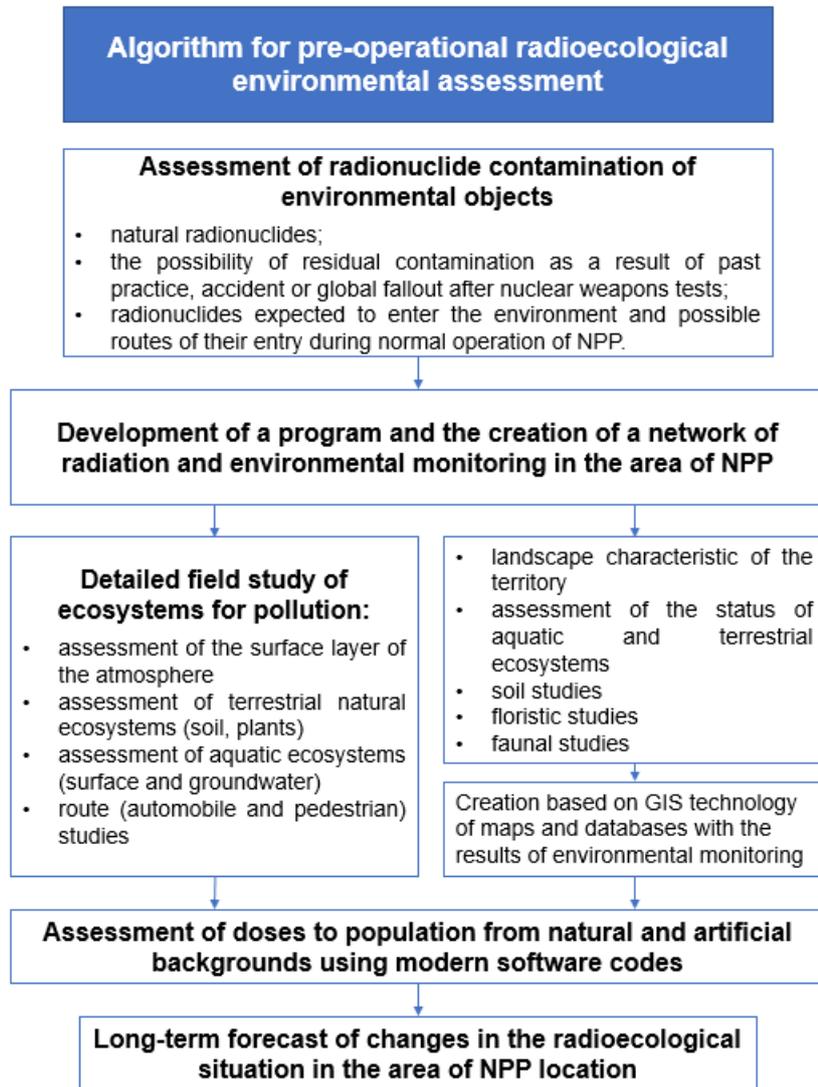
EXPERIENCE OF PRE-OPERATIONAL SURVEYS OF THE TERRITORIES WHERE NUCLEAR
FACILITIES ARE LOCATED (ON THE EXAMPLE OF THE BELARUSIAN NPP)

Vasilyev A., Ekidin A., Pyshkina M., Vasyanovich M., Nazarov E.

Institute of Industrial Ecology UB RAS, Sophy Kovalevskoy st., 20, Ekaterinburg, 620219, Russia

A methodology has been developed for carrying out a pre-operational radioecological assessment of the environment state in the area of a new nuclear power plant construction. The developed methodology allows assessing the environmental impact correctly, determining the radiation doses to the population and workers during the operation of the NPP; define the sites and methods for monitoring the radioecological situation in the area of the nuclear power plant; prevent erroneous interpretation of radiation monitoring data. A set of developed methods and approaches for pre-operational radioecological research is implemented on the example of the Belarusian NPP. Practical experience

and the results of a public pre-operational study can be applied at other nuclear and radiation hazardous facilities both in Russia and abroad.



FEATURES OF COMPLEX RESEARCH METHODS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITES ECOSYSTEM

Plissak R.P.¹, Werner D.², Plissak S.V.¹

¹Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Department of Biology, Marburg University, Marburg, Germany

In 1994-1999, within the framework of the contractual theme: "Assessment of the impact of radioecological factors on natural populations of plants, animals and humans", the section "Modern vegetation cover of the Semipalatinsk test site", funded by IRSE NNC RK and two international projects of KZ-INTAS: 1. Grant No. 1421 "The Research of radioactive pollution consequences of Semipalatinsk test site after 1949-1989 nuclear tests. Section "Ecology-biological research of Semipalatinsk test site", part "Mapping of vegetation of Semipalatinsk test site (1996-1997)" and 2. Grant No. 2072 "Vegetation development and radioecology at Semipalatinsk test site (1998-1999)" radioecological and radiobiological studies were carried out on the territory of the Semipalatinsk test site.

To carry out these multifaceted studies, a detailed methodology for a comprehensive study of the main components of ecosystems was developed: 1. soils, their structure and texture; 2. phytocenoses, their composition, structure, phenology, aboveground biomass and productivity, root systems of plants, biometric indicators of dominants, anatomical and morphological structure of dominant plant species.

To reveal the full characteristics of the components of the "soil - vegetation" system, studies were carried out in the main ecosystems - zonal (steppe), intrazonal (meadow) and azonal (halophytic). The effects of various forms of explosions (ground, air and underground), various radiation contamination of the soil and vegetation cover by long-lived radionuclides add specific features into the research methodology. Therefore, the sites for observation were selected at the experimental-experimental site "Experimental field", where ground and air explosions were carried out, and in the valleys of small rivers and streams of the low-mountain massif "Degelen", where underground explosions were carried out.

The key point of this technique is the simultaneous (parallel) study of ecosystem components in contaminated areas with exposure dose rate (DER) from 50 to 6000 $\mu\text{R}/\text{H}$ and control areas (10-20 $\mu\text{R}/\text{H}$).

The research was carried out as follows: a test plot was selected in the researched ecosystem. Aboveground phytomass was cut from an area of 2 m² and a soil section was laid here. The depth of the section corresponded to the depth of distribution of plant roots. The soil section was described in detail along the genetic horizons. Soil samples were taken from each horizon in 2-fold repetition for gamma spectrometric and radiometric analysis.

To determine the aboveground phytomass, the plants were cut at the soil surface from 1 m² in 10 replicates. To determine the yield (economic productivity), the plants were cut at a height of 5 cm in pastures and 8 cm in hayfields from 1 m² in 4-fold repetition. Plant samples for gamma spectrometric and radiometric analysis were selected by plant species.

To identify the degree of accessibility of radionuclides for plant root systems, the peculiarities of their distribution in the root layer of soils were studied. Samples of roots and underground biomass were taken at the calculated layers of 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm of the soil surface. For gamma spectrometric and radiometric analysis, plant root samples were selected according plant species.

As a result of the application of this complex studies method of the ecosystems main components, new unique data in radiobiology and radioecology have been obtained: 1) for the first time for the steppe zone, the floristic and cenotic composition of the territory where the nuclear tests were carried out have been investigated; 2) radioecological range of plant growth has been revealed; 3) dependence of the plant accumulation level on the life form (biological characteristics) of plants has been revealed; 4) selective ability of plants to accumulate certain radionuclides has been established; 5) forms of finding and peculiarities of migration of long-lived radionuclides in ecosystems have been investigated; 6) features of the accumulation of technogenic radionuclides by higher plants, mosses and lichens in the steppe zone have been investigated; 7) experimental calculation of the accumulation coefficients of radionuclides in plants was carried out; 8) plants-hyperaccumulators have been revealed and the possibility of their use for the technology of phytoremediation of polluted ecosystems has been established; 9) time of phytorehabilitation of contaminated ray soils was calculated experimentally; 10) plants-terata have been identified and the features of adaptation of plants to radiation pollution have been studied; 11) features of the restoration of disturbed ecosystems as a result of nuclear explosions of various types have been established; 12) features of vegetation restoration in extreme radioecological conditions on the dumps of the "Atomic Lake" have been revealed.

The results of long-term researches are presented by 92 publications and presented at 24 international conferences.

METHOD OF REGISTRATION OF NATURAL TERRESTRIAL RADIONUCLIDES IN THE SURFACE ATMOSPHERIC LAYER

Bigeldiyeva M.T. , Zaripova Yu.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V.*

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

* E-mail: 83mika@mail.ru

Despite numerous studies of radon emanation, the problem of studying the distributions of radon concentrations in the surface atmospheric layer of the Earth remains relevant. Temporal variations of radon emanation, studied by the authors [1-2], showed its strong dynamics of concentration not only from daily and seasonal variations, but also from other external factors, for example, weather conditions. In addition to temporal distributions, it was also shown that radon and its decay products are distributed in the surface atmospheric layer of the Earth both depending on the height inside buildings and over the geological landscape in a complex manner [3]. This led the authors to develop their own methodology and device [4]. These variations depend not only on tectonic faults in the earth's crust, but also on the composition, soil porosity, groundwater and other geological properties of the area. Methods for measuring radon and its decay products, as a rule, are based on measurements of the alpha and beta radioactivity of air, soil or water. The data obtained at the measurement point show that activity gradients are sometimes very large. As a result, obtaining reliable values in some cases becomes a difficult task. We carried out measurements of the beta radiation field of the surface atmospheric layer with a spectrometric unit in the building of the 3rd floor for the period from October 2018 to June 2021. From the data obtained, it can be seen that the integral values of the spectra of beta particles during the day fluctuate strongly relative to the daily average. The periods of such fluctuations were at least 2 hours, which undoubtedly must be taken into account when measuring soil samples for the content of beta-radionuclides in radon decay products (210-Pb). In part, the nature of such fluctuations is the soft electron-photon component of the secondary cosmic radiation, which must also be taken into account. Daily variations in the beta radiation field show that during the night, beta radionuclides accumulate, as evidenced by an increased value of beta activity in the morning hours, and then an exponential decrease occurs.

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09058404).

References:

1. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V., et al. Periodic variations in time of atmospheric radioactive nanoparticles // *Physical sciences and technology*. – 2017. – Vol. 4, № 1. – P. 20-26.
2. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V., Shakirov A.L., Bigeldiyeva M.T., Dyussebayeva K.S., Abramov K.E. Periodic variations in time of atmospheric alpha and beta radioactive nanoparticles // *Physical sciences and technology*. – 2019. – Vol. 6, № 1. – P. 11-17.
3. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V., Shakirov A.L., Biyasheva Z.M., Bigeldiyeva M.T., Dyussebayeva K.S., Abramov K.E. A Study of the Accumulation Factor of the Daughter Products of Radon Decay in the Surface Layer Using Beta Spectrometry // *Physics of Atomic Nuclei*. – 81 (10), 2018. – P. 1509 – 1514.
4. Dyachkov V.V., Shakirov A.L., Yushkov A.V., Zaripova Yu.A. Device for registration of terrestrial beta-radionuclides // Patent No. 4627.– 2019/0606.2 from 01.07.2019.

NANOSILVER-CONTAINING ION EXCHANGE FIBERS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METALS AND RADIONUCLIDES

Abdukhakimov M.K., Gapurova O.U., Garipov I.T., Khaydarov R.R.

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

The paper deals with the novel cation and anion exchange fibers modified with silver nanoparticles and their application in the removal of metal ions and radionuclides from wastewater. The scanning electron microscope (SEM) measurements have confirmed that our facile method of introducing silver nanoparticles into ion exchange fibers provides the formation of silver micro- and nano-inclusions (20-500 nm) on their surface. The conducted microbiological studies have shown that silver nanoparticle coating helps preventing bacteria/biofilm growth on the surface of fibers and thereby potentially significantly increase the service life of the ion exchange fibers, especially in hot climatic conditions of Uzbekistan. The efficient removal of Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Sr(II), Cd(II), Sb(II), Cs(I), Cr(VI) ions and molecules labelled by radionuclides from model or waste water by the nanosilver-containing fibrous sorbents has been achieved. The adsorption properties of synthesized fibers strongly depend on the pH value of aqueous media. The static exchange capacity obtained is 1–2 meq/g for cationic fibers and 0.5–1 meq/g for anionic fibers. Currently the modified nanosilver-containing ion exchange fiber sorbents are successfully utilized in pilot water treatment systems in Uzbekistan.

References:

1. Abdukhakimov M.K., Garipov I.T., Khaydarov R.A., Khaydarov R.R., Gapurova O.U., Sadikov I.I., T.K. Praveen, Evgrafova S.Yu. Novel ion exchange fibers for wastewater treatment from heavy metal ions. Управление техносферой, 2021, vol. 4, issue 1. pp. 88–97.
2. Garipov I.T., Khaydarov R.A., Khaydarov R.R., Gapurova O.U., Evgrafova S.Yu. The Application of Fiber Ion Exchange Sorbents for Wastewater Treatment and Purification of Gas Mixtures. Journal of Energy, Environmental & Chemical Engineering, 2020; 5(1): 10-13.

OBJECTIVES OF INTEGRATED SCIENTIFIC RADIO ECOLOGICAL RESEARCH TO DEVELOP MEASURES FOR THE REHABILITATION OF DAMAGED ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P.¹, Novikova N.M.¹, Plissak S.V.²

¹ RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

² Institute of water problems of the Academy of Sciences of Russia, Moscow, Russia

August 29, 1991 by the Decree of the President N.A. Nazarbayev №409 Semipalatinsk Test Site (STS) was closed.

As a result of nuclear tests conducted in 1949-1989 difficult radioecological situation has formed on the STS. The total area of polluted areas within the landfill reaches 400 km², in the adjacent territory - 32 km². Radioactive fallout occurred on an area of 304 000 km.

The greatest contribution to the radiation pollution of this territory was made by ground and excavation (with the release of soil) nuclear explosions. Among them, by the number of radionuclides released into the environment, there are explosions of nuclear bombs in 1949 and 1951, thermonuclear devices in 1953 and 1956. And the 1965 excavation explosion. These aerogramma shooting showed that radiation contamination of the territory of the landfill is uneven: during land and air explosions, these are “traces” that are elongated, while for underground explosions there are local spots of different sizes and levels of contamination. Gamma - active radionuclides Cs¹³⁷ prevail. The study of the density of Sr⁹⁰ revealed in most samples a significant excess of the permissible norms. Distribution data at the Pu²³⁹ and Am²⁴¹ test site are few and contradictory.

For a complex assessment of the ecological situation that has arisen at the STS after the nuclear tests of 1949-1989, the organization of scientific radioecological monitoring is necessary. It includes the scientific support of all levels of the system and precise control of individual environmental indicators to predict the long-term consequences of ecological imbalances and develop measures for their restoration.

Radioecological monitoring should be carried out in the following main areas: 1) monitoring of the landscape and geological environment in order to obtain basic information for assessing and forecasting the general radioecological situation in the territories contaminated with radionuclides and their influence on the environmental situation of the enclosing territory; 2) monitoring of surface and groundwater; 3) monitoring of environmental protection measures; 4) monitoring of biogeocoenoses and measures for the use of natural land.

Radioecological monitoring is based on information obtained by the basic types of radiation monitoring, using their special research methods for studying the relevant objects of the natural-technogenic environment.

A. Radio-geochemical monitoring is the main method of obtaining regular and systemically organized information about the spatial distribution of radioactive (and including technogenic) elements or their isotopes, the regularity of their mobilization, transit, localization and fixation. To implement it, it is necessary to create a regular network of observation points on the territory of the STS. This will allow to sufficiently cover the studied elements of heterogeneity and characterize them with acceptable accuracy. Lanshaft-geochemical zoning will allow to evaluate the role of geochemical landscapes in the formation of the migration flow of radionuclides due to erosion and infiltration. Necessary to build and regularly update maps of the density of surface contamination of soils ^{90}Sr and ^{137}Cs .

Radiocarbon monitoring of annual plants allows you to set seasonal variations in the concentration of radiocarbon. The study of the distribution of radiocarbon on tree rings provides the possibility of obtaining retrospective estimates of radioactive pollution of the environment for a sufficiently long period of time.

B. Monitoring of surface water systems. It is necessary to create a network of radiological monitoring in various water systems or their parts on the territory of STS: the Irtysh, Shagan, Ashchisu rivers and small rivers, low mountains of Degelen and their watersheds, on the Aschisui reservoir. Based on the data of radiation monitoring of surface water bodies, the formation of the radioecological situation of the STS and the influx of ^{137}Cs and ^{90}Sr radioactivity in the Irtysh River will be revealed.

C. To conduct routine observations of groundwater, it is necessary to create a system of tracking hydrogeological monitoring on the territory of STS: hydrogeological posts, observation wells at the Sary-Uzen and "4a" sites in the Karabulak River basin and wells in the valley of lake Tireksor, lakes hollow Tansor and Bayansor.

D. Monitoring of the components of biogeocoenoses.

1. Soil research: 1. Settling of criteria and evaluation levels of soil radionuclides pollution on the territory of Semipalatinsk Test Sites to reveal the possibilities of economic activity (mineral resources extraction, use in meadow-pasture economy and truck farming, extraction and use of ground water and etc.).

2. Carrying out of additional research on the most valuable in fodder respect meadows and pastures with the purpose of study of radiation soil pollution and radionuclides transition into fodder plants (food chain).

II. Geobotanical research. 1. Detailed evaluation of contemporary state of vegetation cover on Semipalatinsk Test Sites: a) to set of vegetation ecological state both on the territory of Semipalatinsk Test Sites experimental plots «Experimental field», «Degelen», «Balapan» and polluted plots.

Reveal of the use suitability of different types vegetation communities of Semipalatinsk test sites in meadow-pasture economy.

Study of long radiation influence on vegetation formation: a) study of radio sensitivity and radio resistance of species:

1) posterity viability reduction; 2) probability of irradiated species survival: a) study of small doses of chronic irradiation on vegetation development; 3) study of peculiarities of post-radiation phytocoenoses rehabilitation; 3) plants capability to vegetative reproduction; 4) rate of generative function rehabilitation of damaged by radiation seeds.

III. Floristic research:

1. Reveal of species-indicators for radiation pollution of Semipalatinsk Test Sites territory.

2. Reveal of species suitable for use in meadow-pasture economy.

3. Species assortment compiling out of representatives of local flora to carry out re-cultivative and phytomeliotative works on the territory of Semipalatinsk Test Sites.

4. Reveal of radionuclide species hyperaccumulators to study the possibility of their use in phytoremediation of Semipalatinsk Test Sites polluted soils.

IV. Anatomic and morphologic study of plants of the polluted plots of Semipalatinsk Test Sites territory:

1. Study of anomalies in different living forms of plants formation (annual plants, perennial plants, shrubs, undershrubs, semishrubs, dwarf semishrubs, grasses) on polluted plots.

2. Study of anomalies in plants formation of different ecological types (hydrophytes, hygrophytes, mesophytes, xerophytes, halophytes, psammophytes, petrophytes and etc.) on the polluted plots.

3. Reveal of changes in the inner structure of plants: a) size of initial crust of periderm thickening; b) sizes increase of cordiform parenchyma cells; c) sizes of xylem vessel and etc. 4. Study of small doze chronic radiation influence: a) on cell membranes, b) cytomorphological signs, c) physiological characteristics of plants.

V. Experimental research in radioecological reservation (on «Experimental Field», «Balapan», «Degelen»).

1. Study organization of longtime radiation on the components of the main ecosystems in the frame of ecological monitoring: a) Organization of laboratory and experimental works to determine radionuclides behavior in

the systems soil---soil solution, soil---plants; b) Search and test in certain soil-climatic conditions artificial complexes and other chemical substances capable to influence on the processes in the system soil---soil solution;

C. Study of vegetation formation: a) study of the sources of radioactive substances migration into plants: 1) direct radionuclides absorption through the surface of leaves, 2) stems of flower clusters or absorption by plants' roots from soil: study of radiosensitivity and radioresistance of plants; reveal of changes in composition; study of small dose chronic radiation influence on plants development; study of peculiarities of post-radiation phytocoenoses rehabilitation.

2. Organization of experimental research on phytoremediation technology test on the territory of Semipalatinsk Test Sites: a) selection of species-hyperaccumulators from all basic ecosystems; b) development and test of agrotechnical means of hyperaccumulators use (sowing, care, provision of over-ground biomass and its transportation to the places of liquidation or burring) in different ecosystems of the site territory; 4. Radioecological mapping and forecasting .Mapping of radioecological indicators is the basis of monitoring, and forecasting is its most important consequence.

1. Estimation of the density of pollution of the territory by the main technogenic radionuclides: for STS - maps of meters 1: 100,000, for experimental - experimental sites "Experimental Field", "Balapan", "Degelen", "Telkem" m. 1:10 000.

2. Mapping the nutrient migration of radionuclides m. 1: 100 000.

3. Mapping of landscape-geochemical indicators of the natural environment and conditions of migration of radionuclides within the site and the adjacent territory, m. 1: 100,000.

4. Compilation of a set of maps of the state of the environment: hydrogeological, soil, geobotanical in meters 1: 200,000 for the territory of SIPa and m 1:10 000 for the experimental sites "Experimental Field", "Balapan" and "Degelen".

SPATIAL DISTRIBUTIONS OF RADON ISOTOPE EMANATION IN THE FOOTHILL ALMATY REGION OF THE TIEN SHAN

Bigeldiyeva M.T.^{1,}, Dyachkov V.V.¹, Zhrebchevsky V.I.², Zaripova Yu.A.¹, Yushkov A.V.¹*

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

* E-mail: 83mika@mail.ru

The territory of Kazakhstan is characterized by a complex radiation situation due to the presence of active mine development of rich deposits of minerals, especially coal, non-ferrous metals and uranium, geological features, seismically active zones in the south and mountainous areas. Radon and its decay products, which are formed in radioactive natural chains, have a significant effect on the general background radiation among natural sources of ionizing radiation. The radionuclides formed during such decays, from the depths of the lithosphere, by coagulation and further diffusion, enter the surface atmospheric layer. The contribution of radon to the average annual radiation dose from natural sources is more than 50%. Thus, the problem of studying the distributions of emanations of radon isotopes in the surface atmospheric layer of the Earth remains relevant, due to the fact that radon isotopes are concentrated in the human environment and have a direct impact on the health of the population. The natural radiation background in the regions of Kazakhstan averages 3.1 mSv / year [1]. And the total dose from natural and man-made sources of radiation on average per person in Kazakhstan is about 4 mSv / year, which is one and a half times higher than the world average [1]. The study of the spatial distribution of the emanation of radon isotopes in the foothill Almaty region of the Tien Shan is an urgent task, since tectonic faults and mountain fallows are additional sources of radiation of radon and its daughter decay products.

Measurements of the spatial distribution of radon isotopes were carried out from April 2021 to June 2021 in the foothills of the Zailiyskiy Alatau of the Tien Shan in the Almaty region at various altitudes above sea level: from 600 to 2500 meters. They were carried out using electronic radiometric equipment: a radiometer alpha-dosimeter "RKS-01A-SOLO"; beta dosimeter "RKS-01B-SOLO"; gamma dosimeter "RKS-01G-SOLO"; radiometer of radon and its daughter decay products "RAMON-02" in field conditions and spectrometric installation "Sputnik" - in laboratory (measurements of soil samples). The measurement positions are shown in Figure 1. As a result, a map of the distribution of radon isotopes was created and an equivalent equilibrium volumetric activity of radon was obtained.

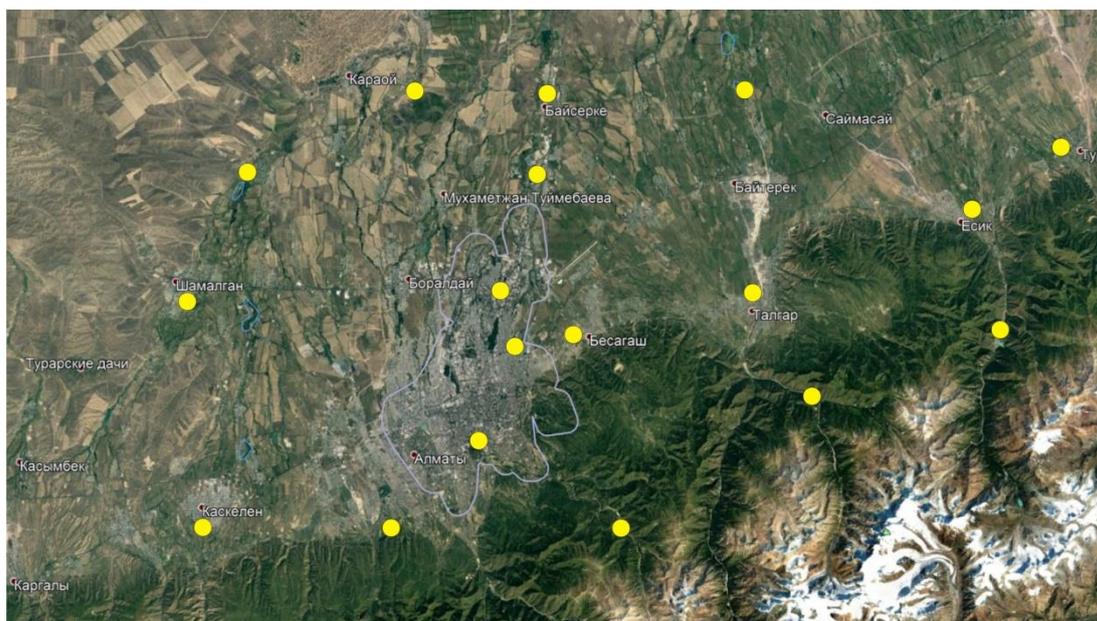


Figure 1 - Map of measurement points for identification of the spatial distribution of radon isotopes

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09258978).

Reference:

1. Bersimbaev R.I., Bulgakova O. The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan // *Genes and Environment*. –2015. – Vol.37. – Article number: 18.

THE ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES IN THE MEADOW ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P.¹, Polevik V.V.², Plissak S.V.¹

¹ RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

² Shakarim State University, Semey, Kazakhstan

As a result of long-term complex radioecological and radiobiological studies of the main (zonal, azonal and intrazonal) ecosystems at the Semipalatinsk Test Site (STS), the most active vertical migration of radionuclides occurs in hydromorphic ecosystems and in those local areas of the territory that were violated during nuclear. Our research data from the researchers of the Ukrainian and Belarusian Polesye and the South Ural track etc., in that the intensity of radionuclide migration depends on the type of soils. In these regions, plant communities in meadow and podzolic soils have been the subject of research. Studies in the steppe zone, including the STS, were not carried out. Therefore, intrazonal (meadow) ecosystems with different: 1) hydrogeological regime (degree of moistening: excessively moistened, drying, stepping and stepped) were identified as objects of our research; 2) mechanical composition (sandy loamy, light loamy, loamy and heavy loamy); 3) salinization (solonchakous, carbonate); 4) the content of humus and the thickness of the humus horizon; 5) type and content of radionuclides in meadow soils. Plants absorb only such nutrients that are readily soluble in water.

To determine the degree of availability of radioactive elements to root systems, data is needed on the nature of the distribution of radionuclides and underground biomass in the soil layer.

Meadow ecosystems are widespread in the valley of the Karabulak stream, in the low mountains of the "Degelen". Meadow solonchakous loam and heavy loam soils form in the central part of the valley of the stream. They are characterized by a high humus content up to 19% and a thick humus horizon up to 61 cm.

In these ecosystem the main soil pollutants are Cs¹³⁷ and alpha- and beta- emitters. The power equivalent dose (PED) of gamma- radiation reaches 150-210 µR/h. In these radioecological conditions community of *Calamagrostis epigeios* + *Galatella biflora* + *Sanguisorba officinalis* is formed.

In the investigated meadow loamy and heavy loamy solonchakous soils in the 0-10-cm layer accumulate 166 Bq/kg of Cs¹³⁷.

The underground phytomass in the 0-30 cm layer is 543.3-640.2 g/m². The main part of the roots 67.2-68.4% is in the soil layer 0-10 cm. In the roots of the dominant plant species, it accumulates in the *Calamagrostis epigeios* to 4 130 Bq/kg, in the *Galatella biflora* to 1 489 Bq/kg, in the *Sanguisorba officinalis* up to 1 351 Bq/kg. In the overground part of these dominant plant species, this radionuclide accumulates up to 238 Bq/kg, 533 Bq/kg and 446 Bq/kg, respectively. The coefficient of accumulation of radiocesium in *Calamagrostis epigeios* is 0.072-0.101; *Galatella biflora* 0.161-0.191; a *Sanguisorba officinalis* 0.138-0.196.

In meadow loamy and heavy loam solonchakous soils, a significant number of beta- emitters accumulate: 41 600 Bq/kg in the soil layer 0-10 cm, 14 490 Bq/kg in the soil layer 10-30 cm and 14 150 Bq/kg in the soil layer 30-50 cm. In the researched communities the underground phytomass in the soil layer 0-30 cm reaches 543.3-640.2 g/m². In this soil layer, up to 70 740 Bq/kg of beta- emitters are accumulated.

The roots of the dominant plants species accumulate beta- emitters: from 159 600-460 000 Bq/kg 1 000 000 – 2 240 000 Bq/kg. In the overground part of the plants 189 300- 200 000 Bq/kg, 713 000-1 100 000 Bq/kg and 242 000-390 000 Bq/kg accumulate. The coefficient of accumulation of beta- emitters in *Calamagrostis epigeios* is 4.6-6.24; in the *Sanguisorba officinalis* 17.2-26.4 and in the *Galatella biflora* 5.81-9.36 in the soil layer 0-10 cm.

In the meadow loamy and heavy loamy solonchakous soils, the greatest number of alpha- emitters are accumulated: up to 3 970 Bq/kg in the 0-10 cm layer and up to 4 410 Bq/kg in the 10-30 cm layer. In the community of *Calamagrostis epigeios* + *Galatella biflora* + *Sanguisorba officinalis*, the underground phytomass in the soil layer 0-30 cm reaches 543.3-640.2 g/m².

In the roots of *Calamagrostis epigeios*, alpha- emitters of 6 780-18 600 Bq/kg are accumulated. In the roots of the *Sanguisorba officinalis* accumulates alpha-emitters 3 200-5 580 Bq/kg. In the overground part of the plant <350-1 100 Bq/kg of this radionuclide is accumulated. The coefficient of accumulation of the alpha-emitter is 0.027-0.08.

In the roots of *Galatella biflora*, an alpha- emitter of 3 880-5 600 Bq/kg is accumulated. In the overground part of the plant, this radionuclide accumulates <350 - <1100 Bq/kg. The coefficient of accumulation of the alpha-emitter is 0.07-0.08.

In the conditions of irregular surface flooding and weak ground moistening, meadow drying up soils form on the elevated parts of the Uzun-Bulak valley low mountains. . The thickness of the humus horizon varies from 34 to 58 cm. The humus content reaches 16-17%.

The main pollutants of meadow drying up soils are Cs¹³⁷, alpha- and beta- emitters. PED of gamma- radiation reaches 100-200 µR/h. In these radioecological conditions the communities of *Elytrigia repens*+ *Inula britannica* are formed.

In the soils of this ecosystem the maximum content of radiocaesium was found to be 4 130-8504 Bq/kg. The main part of radiocaesium 99.1-99.6% accumulates in the upper 0-4 (10) soil layer. Underground biomass in the 0-30cm layer is 112.0-184.0 g/m². Of these, 37-50% is in the upper 0-10 cm soil layer. In the roots of *Elytrigia repens*, radiocaesium accumulation is 5 400-7 906 Bq/kg, in the overground part 72-325 Bq/kg. The coefficient of accumulation of radiocesium is 0.078-0.104. In the roots of *Inula britannica* radiocaesium accumulates 682-3 100 Bq/kg, in the overground part 682-3 100 Bq/kg. The coefficient of accumulation of radiocaesium is 0.585-0.755. Beta-emitters of 28 800 Bq/kg accumulate in meadow sandy loamy and light loamy drying soils in the 0-10 cm layer. In the researched communities the underground phytomass in the 0-30 soil layer reaches 77.6-92.5 g/m².

The coefficients of the accumulation of beta- emitters from the soil to the plants reach 0.82-4.24 in the *Elytrigia repens* and 2.84-7.95 in *Inula britannica*. Alpha-emitters in meadow drying up soils in the 0-10cm layer accumulate 3 020 Bq/kg, in the 10-30cm layer – 3 850 Bq/kg. The main part of the alpha- emitters is accumulated in the upper 0-10 (30cm) soil layer. In the researched communities the underground phytomass in the 0-30-cm layer reaches 77.6-92.5 g/m².

The coefficient of radionuclide transfer is 0.059-0.116. In the roots, *Inula britannica* accumulates alpha-emitters 1 700-3 010 Bq/kg, in the overground part 480 - <800 Bq/kg. The accumulation coefficient is 0.069-0.116.

On elevated level areas of the central part of the Uzun-Bulak stream valley low mountains meadow insufficient surface moistening is formed, carbonate stepping stony soils. According to the mechanical composition, these soils are loamy or light loamy. They are characterized by a high humus content of 15-16%. The thickness of the humus horizon varies from 35 to 54 cm.

In meadow stepping loamy and light loamy soils the accumulation of radiocaesium in the 0-5 (7) cm layer is reduced to 1 053-1 394 Bq/kg. In the community of *Achnatherum splendens* + *Glycyrrhiza uralensis* + *Leymus angustus*, the depth of root penetration in the soil is 75-110 cm. The underground phytomass in the 0-30 cm layer reaches 476.2-496.0 g/m². Of these, up to 57% of the roots are in the soil layer 0-10 cm.

Radiation is accumulated in the roots of *Achnatherum splendens* up to 198 Bq/kg, in the overground part up to 1 339 Bq/kg. The coefficient of accumulation is 1.1-1.206. In the *Glycyrrhiza uralensis* roots of 340-438 Bq/kg accumulate, in the overground part up to 1794 Bq/kg. The coefficient of accumulation of radiocesium in the *Glycyrrhiza uralensis* is 0.115-1.616.

The greatest number of beta- emitters is accumulated in meadow loam and light loamy stepping soils. In the 0-5 (7) cm layer, it reaches 46 200 Bq/kg (on the control of 1 180 Bq/kg). In the 5-15 cm layer, the content of the beta-emitters is 5 850 Bq/kg.

The underground phytomass in the 0-30-cm layer reaches 476-496 g/m² in the community of *Achnatherum splendens*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Leymus angustus*. In the roots of the dominant plant species, the beta-emitters accumulate in *Achnatherum splendens* from 2280-87 000 Bq/kg (at the control from 1 310 to 1 820 Bq/kg) and in the *Glycyrrhiza uralensis* from 109 000 to 828 000 Bq/kg (at the control from 6 600 to 54 200 Bq/kg). In the overground part of the dominant plant species, from 87 000-207 700 Bq/kg (at the control from 7 200 to 99 700 Bq/kg) in *Achnatherum splendens* and from 500 000 to 610 000 Bq/kg accumulated (at the control 7 050-7 300 Bq/kg) in *Glycyrrhiza uralensis*. The coefficient of transfer of beta-emitters from the soil to the plants reaches in *Achnatherum splendens* 1.42-4.28 and in *Glycyrrhiza uralensis* 10.82-13.42.

Alpha-emitters in meadow stepping soils accumulate in the 0-5cm layer -2 730 Bq/kg, in the 5-15cm layer – 2 580 Bq/kg. In the community of *Achnatherum splendens* + *Glycyrrhiza uralensis* + *Leymus angustus* the underground phytomass in the 0-30 cm layer reaches 476-496 g/m².

In the roots of *Achnatherum splendens* accumulates alpha- emitters 880-1830 Bq/kg, in the overground part of plants 880-900 Bq/kg. The accumulation coefficient in this plant is 0.32-0.35.

In the *Glycyrrhiza uralensis*, alpha-emitters accumulate <900 – 1 060 Bq/kg, in the overground part <350-1 400 Bq/kg. The accumulation coefficient in this plant is 0.16-0.54.

On the leveled sloping sections of the high floodplain terrace of the valley of the Baiteles stream low mountains of the "Degelen", meadow stepped, less developed loamy gravelly soils are widespread. The formation of these soils occurs in conditions of additional moistening of the territory due to snowmelt waters. Ground feeding does not play a significant role. The humus content reaches 14-15%, the thickness of the humus horizon is 32 cm.

The main pollutants of meadow stepped soils are Cs¹³⁷ and beta- and alpha-emitters. PED reaches 160 µR/h. In these radioecological conditions haloxeromesophytic communities of the *Leymus angustus* are formed.

In meadow loamy stepped soils the content of radiocaesium decreases to 612 (soil layer 0-6cm) and 896 Bq/kg (0-15cm layer). The underground phytomass in the soil layer 0-30 cm reaches 413.2-636.0 g/m². Of these, 69.7-75.1% of the roots are in the soil layer 0-10 cm. In the roots of the *Leymus angustus* edificator, radiocaesium accumulates up to 1 690-5 322 Bq/kg (at the control 21-348 Bq/kg), in the overground part of the plant 86-120 Bq/kg. The coefficient of accumulation is 0.095-0.134.

In meadow loamy stepped soils of beta-emitters up to 16 970 Bq/kg is accumulated in the 0-15 cm layer. In the community of *Leymus angustus*, the underground phytomass in the 0-30 cm layer reaches 413.0-636.0 g/m². In the upper layer 0-10 cm the prevailing part of it is 69.7-75.1%.

The radionuclide 85 800-102 000 Bq/kg is accumulated in the roots of *Leymus angustus*. The accumulation coefficient reaches 3.8-4.6.

The content of alpha- emitters in meadow loamy stepped soils reaches 2 980 Bq/kg in the soil layer 0-15cm, in the 0-6cm. At the community of (*Leymus angustus*), the underground phytomass in the soil layer 0-30 cm reaches 437.2-564.0 g/m². Of these, 85.7-94.4% are located in the upper 0-10 cm soil layer.

The roots of *Leymus angustus* alpha-emitters accumulate 1740-2100 Bq/kg, in the overground part <800 – 1 380 Bq/kg. The coefficient of radionuclide transfer to plants is 0.46.

Thus:

1. The main pollutants of the investigated meadow ecosystems are Cs¹³⁷, alpha- and beta-emitters.

2. Most of the content of radionuclides is accumulated in the top layer of 0-5 (10 cm) soil.

3. In the studied meadow soils formed with a different moistening regime, according to the existing norms, the PED exceeded:

a) according to the existing standards Cs¹³⁷ - 1.8-3.8 times. The greatest contamination (exceeding the PED by 22.9 times) is found in meadow drying soils;

b) for the alpha- emitter - the excess of the PED is 2-7.3 times. The greatest pollution was detected in meadow stepping (3-11.5 times) and stepped in (4.9-11.5 times) soils;

c) for the beta-emitter - the excess of its content compared to the control 13.3-40 times. In drying and stepping soils it reaches 138-140 times.

As a result of complex radioecological and radiobiological studies, the following is established :

a) the penetration depth of the roots of the dominant plant species reaches 65-110 cm (at the control 70-135 cm);

b) the soil layers 0-10 (15cm), most saturated with the roots of dominants; 0-25 (30 cm); 0-30cm; 35 (40cm) at the control, respectively, 0-10cm; 0-27 (30) cm; 0-35 (40) cm; 0-30 cm;

c) the greatest underground phytomass was found in the 0-30cm soil layer: 92.5-78.8 g/m² (184-788 g/m², respectively);

d) 57-68.4% of the underground phytomass is concentrated in the upper 0-10 cm soil layer.

Accumulation of radionuclides in the soil layer, most saturated with plant roots, creates conditions for its increased transition from soil to plants.

THE CURRENT STATE OF URANIUM LEGACY SITES REMEDIATION ISSUES
IN UZBEKISTAN

Kuldjanov B.

Institute of Nuclear Physics of the Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Republic of Uzbekistan

In the period up to 1995, uranium production stopped at a number of mines in the Republic of Uzbekistan. The shutdown process often completed without proper methodological, technical and financial support. Some objects were simply abandoned. Large volumes of waste generated during the uranium mining process and containing radioactive and toxic substances in concentrations above the permissible norms have created serious risks for the population and the environment of the surrounding territories. The article discusses the measures taken by the State and the International community to restore the environment and ensure normal radiation conditions for the living population. The list of measures necessary for implementation in the nearest period is given.

THE INTAKE OF LONG-LIVED RADIONUCLIDES FROM THE SOIL TO THE ROOTS AND ABOVE-GROUND PART OF THE PLANTS OF XEROPHYTIC AND HALOPHYTIC ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P.¹, Polevik V.V.², Plissak S.V.¹

¹ RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

² Shakarim State University, Semey, Kazakhstan

Based on a gamma-spectrometric analysis of paired “plant-soil” samples for the first time at the Semipalatinsk test site in 1996, the values of the radionuclide transfer factors for 14 species of higher plants and one lichen species were obtained. Studies were conducted in the most common communities of the main types of vegetation. The range of change of transition factors for these plants is significant. The accumulation rate of radiocaesium in the studied plants ranges from 0.029 to 0.755. The research results in this article are reviewed by us within 2 types of ecosystems: 1 - zonal and 2-halophytic.

I. Zonal biogeocenoses occupy the predominant part of the territory of the Semipalatinsk test site. The study of the transition factor Cs^{137} from soil to plants was carried out in the community of *Stipa sareptana* + *Festuca valesiac* + *Artemisia marschalliaua* + *A. sublesingiana*. It is formed on light-normal normal light-loam less rare-sandy-loam soils leveled gently sloping or flat inter-melt plains of the experimental field “Experimental Field”. Here, the pollution zone of Cs^{137} occupies an area of 10-12 km², which is 3% of the total area of this territory. The equivalent dose rate (DER) of gamma radiation reaches 150-170 μR/h. The specific activity of Cs^{137} in the 0-12cm layer is 568 Bq/kg, in the 0-13cm layer it is 1037 Bq/kg. In the overground part, at *Stipa sareptana* Cs^{137} 30-57 bq/kg accumulates, at *Artemisia sublesingiana* - 35-56 Bq/kg. The accumulation coefficient of Cs^{137} in these dominant plant species is 0.029-0.1 and 0.023-0.05, respectively.

1. In light brown surface-disturbed (in the process of decontamination) soils, a high level of pollution by Am²⁴¹ - 11 2451 Bq/kg (in the 0-25cm layer) was revealed. But in the ashes of the roots of plants it reaches only 59-600 Bq/kg, and in the ashes of the overground part – 16-43 Bq/kg. The content of Eu^{152,154} is 3 164-3 530 Bq/kg (in the layer of 0-12 cm), 384-1 900 Bq/kg in the ashes of plant roots and 99-182 Bq/kg in the ashes of the overground part. The results of γ-spectrometric analysis of soil and plant samples revealed a similar pattern in the migration of other pollutants - Cs^{137} , α- and β - emitters in zonal ecosystems. Vertical and horizontal migration of technogenic radionuclides in zonal ecosystems is difficult due to the following factors: 1) arid climate (high temperature, low precipitation, insufficient soil moisture); 2) non-flushing type of water regime; 3) low content of humus in the surface soil horizon. The above factors and characteristics of zonal soils limit the possibility of radionuclide sorption by plant roots. Soils are polluted in the surface layer 0-2, 0-5, 0-10 cm. In the studied communities, the depth of penetration of plant roots reached 70-100 cm. The bulk of the plant roots is in the soil layer 0-28 (30) cm. The absorption of radionuclides by the root system of the dominant species of *Stipa sareptana* and *Artemisia sublesingiana* is significantly less than their content in the soil. An exception is the β-emitter of the *Artemisia sublesingiana* emitter,

which accumulates in the overground part of the plant 9100-9300 Bq/kg and in the roots 6580–7800 Bq/kg (in the soil 3780 Bq/kg).

2. The content of α -emitters according to the standards [1] exceeds the maximum permissible concentration (MPC) in soils (in the layer of 0-12 cm) by 8 times, in the ash of the roots of dominants - by 1.6-11.5 times, over-ground parts of plants - 2.5 times. The value of Cs^{137} is higher than the MPC by [1] in soils by 1.5–3 times, and by plant roots, by 2.4 times.

II. Halophytic ecosystems on the territory of the Semipalatinsk test site occupy saucer-shaped depressions of inter-hill plains and slopes of sor depressions. Soils – solonchaks ordinary. The mechanical composition of meadow solonchaks is light loamy and loamy. The organic content is insignificant - 2.0-2.4%. The thickness of the humus horizon does not exceed 36-40cm. *Halimione verrucifera* + *Halocnemum strobilaceum* communities develop here. In the studied communities, the depth of penetration of plant roots reaches 90-95 cm. The bulk of the roots is located in the soil layer 0-25 (30) cm. The main technogenic pollutant of halophytic ecosystems is Cs^{137} . Equivalent dose rate does not exceed 30-50 μ R/h. The specific activity of Cs^{137} in the soil layer 0-10 cm reaches 2 828 Bq/kg. The accumulation coefficients of Cs^{137} in these plants are 0.036-0.145 (*Halimione verrucifera*) and 0.030-0.049 (*Halocnemum strobilaceum*), respectively. In halophytic ecosystems, Cs^{137} is the main pollutant of the soil: in solonchaks usual - 1053–1394 Bq/kg, in solonets of meadow–desert–steppe solonchak ones – 5 397 Bq/kg, in solonets of meadow-desert-steppe solonchak – anthropogenically disturbed (construction engineering of technical communications) – 14 470 Bq/kg. In accordance with [1], the level of pollution of these soils exceeds the MPC from 2.8 to 28 times. The main pollutant of plants are β - and α - particles. In the ashes of the roots of the dominant species, β -emitters accumulate from 3 370 to 31 000 Bq/kg, in the overground part, respectively, from 2 380 to 10 600 Bq/kg. The level of accumulation of α - particles is significantly lower: in the ashes of plant roots, from 1 200 to 3 900 Bq/kg, and in the overground part - from <350 to 1 700 Bq/kg. The content of Cs^{137} is insignificant: in the ashes of the roots of the dominant species, it reaches 135-753 Bq/kg, the overground part - 83–556 Bq/kg. The exception is *Artiplex cana*, which accumulates 2 440 Bq/kg in ashes of roots and overground parts 2 770 Bq/kg.

The Cs^{137} hyperaccumulator is the lichen *Parmelia vagans*, accumulating 54 000 Bq/kg. This value exceeds the MPC by [1] 145 times. In the roots of the dominant species (higher plants), according to [1], the level of contamination Cs^{137} exceeds the MPC up to 6 times, in the overground part up to 1.5-7.4 times. Soils in halophytic ecosystems form under conditions of additional moistening due to rain and melt waters (slope runoff). Additional moistening in negative relief elements contributes to some activation during the migration of radionuclides. Thus, in the ash of the overground part of *Halimione verrucifera*, the level of contamination by β -emitters is 5100 Bq/kg, and in the roots – 4 300 Bq/kg. But there is no significant redistribution of radionuclides in the soil profile. The maximum accumulation of pollutants is revealed in the surface layer of 0–5 cm. The main physicochemical parameters of the alkaline and alkaline salts also do not affect the intensity of migration of radionuclides. The complex of these factors limits the possibility of vertical and horizontal migration of radionuclides in halophytic ecosystems.

THE POST RADIATION ASPECTS IN THE FORMATION OF BIOGEOCOENOSES OF DISTURBED AREAS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P.¹, Werner D.², Plissak S.V.¹

¹ RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

² Department of Biology, Marburg University, Marburg, Germany

1. Soils and vegetation of disturbed areas of the territory of STS are represented by different stages of their restoration. Rates of restoration of disturbed ecosystems are conditioned by degree of moisture and properties of substratum formed (texture, presence of debris, quantity of fine earth). High rates of rehabilitation are typical for meadow ecosystems.

Meadow soils in valleys of rivers are in stage of strong restoration because of additional moistening.

2. Rehabilitation of zonal ecosystems (sagebrush bunch grass communities on light chestnut soils) proceeds in conditions of arid climate and insignificant content of moisture in substratums of technogenic objects towering above surrounding territory by 2.5-5.0 meters proceeds very slowly. Soils with signs of zonal light chestnut soils develop on technogenic substratums (ruins of buildings and fortifications). This is primary stage.

Restoration of disturbed solonetz meadow-desert-steppe proceeds very slowly. As a result of surface wash-out of moisture into microdepressions occupied by solonetz rates of rehabilitation are conditioned by additional moisture. Radiation pollution doesn't influence the process of restoration of disturbed soils significantly.

3. Process of rehabilitation of communities on disturbed areas is characterized by following peculiarities:

a) insignificant impact of zonal conditions and steppe vegetation at the primary stages;

- b) under low doses of radiation (PED of gamma-irradiation of 20-200 $\mu\text{R}/\text{H}$) rehabilitation starts with invasion of weed species;
- c) under high doses of chronic ionizing irradiation (PED of gamma-irradiation of 80-1700 (5000) $\mu\text{R}/\text{H}$) vegetation restoration is limited by level of radiation pollution;
- d) rates of vegetation restoration are higher at the moistened areas, depressions between hills, slopes of hills of northern exposition;
- e) annuals, biennials, perennials and rhizome herbs and turf hemicryptophytes play leading role in the primary stages of vegetation restoration;
- f) besides eurytopic weed species, species of local flora (xerophyte (steppe) bunch grasse, petrophyte-shrubs, in valleys of rivers and springs - mesophyte) take part in restoration of vegetation of technogenic ecotopes;
- g) prevalent significance in the process of revegetation of disturbed areas have herbs, role of shrubs is insignificant;
- h) differentiation of species by radio resistance proceeds at technogenic ecotypes with chronic ionizing irradiation.

Radiation pollution provokes transformation of morphological and anatomical structure of plants. It leads to development of adaptation signs: decrease/increase of dimensions of primary bark, increase of dimensions of pithy parenchyma and constituting cells, increase of square of conductive bunches, change of dimensions of epidermis cells. Development of adaptation signs of perennials and shrubs is expressed more clearly. Transformation of morphological and anatomical structure of plants of meadow (mesophyte) communities and plant aggregations on disturbed areas proceeds more often.

THE SPECTRUM OF THE SECONDARY RADIATION CHANGES IN PLANTS AND PHYTOCOENOSES OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P.¹, Novikova N.M.¹, Plissak S.V.²

¹ RGO Institute of Botany and Phytointroduction KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

² Institute of water problems of the Academy of Sciences of Russia, Moscow, Russia

Investigations were conducted out in 1994-1997 and in 1998-2000 on the territory of Semipalatinsk Test Sites. The objects of investigations are three main types of ecosystems: zonal (steppe), meadow and halophyte. They were selected on the plots of 40-170 (200) $\mu\text{R}/\text{H}$ level of radiation pollution, 10-30 $\mu\text{R}/\text{H}$ - on the control plots. Reaction of plant communities to radiation pollution under low doses of irradiation should not be considered without influence of other factors of environment (Grodzinskii and oth., 1984; Dugyx, 1993). The factors of environment are burning out of vegetation for different purposes, destruction of surface soil layer, increased moisture in flood-lands of small rivers. Following changes in development of investigated communities conditioned by different radio resistance of plants and influence of factors mentioned above were revealed:

1. Decrease of total coverage in communities;
2. Strengthening of heterogeneity of horizontal structure of communities;
3. Increase of species diversity in meadow and halophyte communities and decrease in steppe coenoses;
4. Phonological shift: generative phase of dominating species (*Artemisia marschalliana*, *A. sublessingiana*, *Sanguisorba officinalis*, *Potentilla virgata*) starts by 2-5 days later at the polluted plot than at the control plot;
5. Decrease of rate of decomposition of organic matter in steppe coenoses;
6. Increase of above ground biomass in steppe and meadow coenoses and its decrease in halophyte communities;
7. Stimulation of growth of meadow plants (*Calamagrostis epigeios*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Sanguisorba officinalis*);
8. Decrease of mass of underground organs in meadow and halophyte coenoses;
9. Sometimes generative organs of *Festuca valesiaca* and *Stipa capillata* are not developed;
10. Appearance of terrata plants in following species of *Spiraea hypericifolia*, *Artemisia marschalliana*, *Phlomis tuberosa*, *Melilotus albus*, *Potentilla virgata*, *Odontites serotina*, *Berteroa incana*, *Lepidium latifolium*, *Rosa laxa*, *Calamagrostis epigeios*, *Kochia sieversiana*;
11. Adaptation signs (decrease or increase of dimensions of primary bark, increase of dimensions of pithy parenchyma and its cells, increase of square of conductive bunches, change of dimensions of epidermis cells) appear in anatomic and morphologic structure of plants.

URANIUM AGE-DATING BY HRGS BASED ON ABSOLUTE AND INTRINSIC EFFICIENCY CALIBRATION APPROACHES

Kutnii D., Burdeinyi D., Vanzha S., Zyma G.

National Science Center “Kharkov Institute of Physics and Technology”, Kharkov, Ukraine

The “age” of uranium (i.e. time passed since it has been chemically separated) in nuclear forensics is a signature that is invaluable in determining the origin, processing history and intended purpose of a nuclear material and can be established by HRGS based on measuring the activity ratio $^{214}\text{Bi}/^{234}\text{U}$ in low-background. The low-energy ^{234}U gamma-line of 120.9 keV and the high-energy ^{214}Bi lines: 609.3; 1120.3 and 1764.5 keV with emission probabilities of 46.1; 14.9 and 16.1 %, respectively, are commonly used for this purpose. Actually, determining the true intensities of ^{214}Bi gamma-lines is not a trivial task due to the fact that the Compton background caused by the radiation of ^{238}U daughters disturbing evaluation of the ^{214}Bi peaks. In addition, it is necessary to take into account the possible overlaps with the $^{234\text{m}}\text{Pa}$ gamma-lines: 1120.6 and 1765.4 keV. In this work, we proposed to use the following gamma-lines of ^{214}Bi as alternatives: 2204.1 and 2448.6 keV with emission probabilities of 5.1 and 1.6 %, respectively.

The Canberra Broad Energy Germanium detector BEGe3830 with active area of 3800 mm² and thickness of 30 mm has been used for the spectra acquisition. The detector is equipped with a carbon composite input window of 0.6 mm thickness. The energy resolution (FWHM) of the detector is 720 eV at 122 keV. To ensure minimal background levels, the detector was surrounded by the lead shield (Pb – 100 mm, Sn – 1 mm, Cu – 1.5 mm). Low enriched uranium certified reference materials CRM 969 from the US National Bureau of Standards with $^{235}\text{U} / \text{U}$ abundance from 1.9 to 4.5 wt. % and known date of production have been used in testing. Also low enriched uranium sample with $^{235}\text{U} / \text{U}$ abundance 19.7 wt. % and a date of production estimated by destructive analysis (ICP-MS) was used in this study.

The sample cans were placed in front of the detector in the geometry “bottom configuration”, keeping the symmetry of mutual position. The counting time for data acquisition varied from 3 to 6 days. The gamma spectra were processed with Genie 2000 (Ver. 3.2.1) and MGAU (Ver. 3.2). Absolute efficiency calibration approach was implemented using Geometry Composer (Ver. 4.2.1) and ISOCS calibration software based on MCNP modeling code.

The generally accepted idea of the intrinsic efficiency calibration approach is to use the high-energy peaks of $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (742.8; 766.4; 786.3; 1001.3; 1193.8; 1510.2; 1737.7 and 1831.3 keV), which is a short-lived daughter of ^{238}U , to construct an intrinsic efficiency curve, and to determine the activity ratio $^{214}\text{Bi}/^{238}\text{U}$ [1, 2]. Furthermore, the activity of ^{234}U is determined relative to ^{235}U , which emits gamma rays at low energies (143.8; 163.3; 185.7; 202.1 and 205.3 keV). If the activity ratio $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ is known (e.g., by using MGAU software) one can calculate the activity ratio $^{214}\text{Bi}/^{234}\text{U}$ and thus the age of the uranium can be estimated.

Here we proposed to approximate the experimental data by several polynomial functions:

$$f_1(E_i) = c_1 \cdot E_i^{c_2} \cdot \exp(c_3 \cdot e^{c_4 \cdot E_i}); \quad f_2(E_i) = c_1 + c_2 \cdot \ln(E_i) + c_3 \cdot \ln^2(E_i) + c_4 \cdot \ln^3(E_i) + c_5 \cdot \ln^4(E_i) + c_6 \cdot \ln^5(E_i);$$

$f_3(E_i) = c_1 \cdot \ln(E_i) + c_2 \cdot \ln^2(E_i) + c_3 \cdot \ln^3(E_i) - c_4 \cdot E_i^{c_5}$ in the broad energy range (from 100 to 2500 keV) in order to construct the intrinsic efficiency curve. Table 1 shows the results of uranium age-dating by HRGS based on absolute and intrinsic efficiency calibration approaches.

Table 1 - Results of uranium age-dating by HRGS

Sample ID	$^{235}\text{U} / \text{U}$, wt. %	Declared year of production	Measured year of production					
			By absolute efficiency approach			By intrinsic efficiency approach		
			Using peak 609.3 keV of ^{214}Bi	Using peak 2204.1 keV of ^{214}Bi	Using peak 2448.6 keV of ^{214}Bi	Using peak 609.3 keV of ^{214}Bi	Using peak 2204.1 keV of ^{214}Bi	Using peak 2448.6 keV of ^{214}Bi
CRM#1	1.94	1977	1979±1	1980±2	1986±5	1977±1	1977±2	1983±5
CRM#2	2.95	1977	1981±2	1983±1	1979±3	1978±2	1981±1	1977±3
CRM#3	4.46	1979	1984±1	1983±3	1981±6	1979±1	1979±3	1976±7
LEU	19.70	2008*	2010±1	2011±1	N/D	2009±1	2011±1	N/D

* – year of production estimated by ICP-MS; N/D – Not Determined

References:

1. C.T. Nguyen, 2005. Age-Dating of Highly Enriched Uranium by Gamma-Spectrometry. Nucl. Instrum. Meth. B 229, 103-110.
2. C.T. Nguyen, J. Zsigrai, 2006. Gamma-Spectrometric Uranium Age-Dating Using Intrinsic Efficiency Calibration. Nucl. Instrum. Meth. B 243, 187-192.

**WALL PAINTING OF THE SMOLENSK CATHEDRAL OF THE NOVODEVICHY MONASTERY
IN MOSCOW: NEW DATA ON PAINTING IN THE LIGHT OF PHYSICO-CHEMICAL
RESEARCH IN 2020-2021**

Philippova O.S.¹, Dmitriev A.Yu.^{1,}, Makarova A.-M.L.^{2,3}, Grebenshchikova A.B.²*

¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

²Interregional Agency for Scientific Restoration of Works of Art, Moscow, Russia

³HSE University, Moscow, Russia

* andmitriev@jinr.ru

The Novodevichy Convent ensemble in Moscow is one of the most significant monuments of the federally important Russian cultural heritage. Over the centuries the monastery was patronized by members of the royal family, due to which its extraordinary artistic appearance was shaped. The oldest building on the territory of the monastery is the Smolensk Cathedral, built in the second half of the 16th century and frescoed under the rule of Boris Godunov. Since 2017 the Interregional Agency for Scientific Restoration of Works of Art has been restoring the Smolensk Cathedral's murals. As of today, almost the entire ensemble has been uncovered from what was painted on the walls in the 18th and early 20th centuries, making it possible to make a number of scientific discoveries that have changed our customary understanding of the architecture and painting of the Smolensk cathedral. The ensemble makes a very solid impression and was probably created by a close-knit team of muralists, who had extensive experience in such works.

To reveal the main pigments used in painting the cathedral, elemental composition of more than 30 fragments has been determined. Spectral data were collected directly in the cathedral using portable XRF spectrometer Tracer 5i (Bruker). A remarkable thing was discovered during the experiment. Lead is present in the composition of many of the paints used, so it can be assumed that lead white or cerussite was mainly used to lighten the tone of the paint. However, it was found that lime was used to highlight pure white highlights.

Some samples were collected and analyzed in laboratory using FTIR spectrometer Invenio-R (Bruker). In addition to the pigment peaks, the Amide I peaks were found in the spectra. It should be noted that the Amide II peak intersects with the main line of calcite. Thus, we can conclude that the painting is an egg tempera.

The findings enable restorers and art historians to learn more about the exact composition of the Smolensk cathedral's colour layers, about possible changes in the colour of some pigments during the existence of the monument, etc. The research evidence is important for authentication issues and will also help to learn more about the artistic processes that took place during the reign of Boris Godunov.

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОУГЛЕРОДА В ОБЪЕКТАХ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЯДЕРНЫМ ИСПЫТАНИЯМ)**

Сержанова З.Б., Раимканова А.М., Айдарханова А.К.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, г. Курчатова, Казахстан

Изучение уровня концентрации радиоуглерода (^{14}C) с целью осуществления радиационного контроля и радиоэкологического мониторинга до настоящего времени в Казахстане не проводились. Радиоуглерод является своеобразным маркером техногенного загрязнения. Он способен накапливаться и оставаться долгое время в биотических и абиотических компонентах экосистем, что позволяет проводить ретроспективный и текущий анализ состояния окружающей среды. Проведение контроля за содержанием ^{14}C в почве является научно и практически обоснованным, так как существует опасность его миграции по биологической цепочке. В наземных пищевых цепочках, приводящих к поступлению радионуклидов в организм человека, почва является наиболее емким и инерционным звеном. Разрушающее воздействие радиоуглерода на живые организмы определяется его биологическим сродством к тканям живого организма. Приведенные соображения положены в основу исследований содержания ^{14}C в почве на территории СИП.

Определение концентраций ^{14}C с помощью системы для прокаливания и озоления проб Pyrolyser-6 Trio потребовало создания методических подходов, гарантирующих получение достоверных данных. Поэтому одной из первоочередных задач являлось использование сертифицированных стандартов для контроля качества результатов исследований. Для подготовки проб – прокаливания и озоления, использовалась автоматизированная система Pyrolyser-6 Trio, специально разработанная для эффективного извлечения ^3H , ^{14}C , а также других летучих радионуклидов из различных матриц (почва, донные отложения, пищевые продукты, биота, бетон и другие строительные материалы, металлы и биопробы). Разработаны методические приемы исследования ^{14}C , которые апробированы на почвах технических площадок «Опытного поля». Производительность процедуры сжигания на Pyrolyser-6 Trio оценивалась посредством анализа сертифицированных стандартов радиоуглерода. Бета-спектрометрические измерения концентрации ^{14}C проводились на основе аттестованной методики. Определение удельной активности ^{14}C в полученных образцах осуществлялось с использованием высокочувствительного альфа-бета радиометра SL-300. На начальном этапе выполнялась калибровка радиометра по эффективности с использованием калибровочных стандартов ^{14}C фирмы PerkinElmer с построением кривой гашения, которая хорошо согласуется с заводской.

Определение концентраций ^{14}C с помощью системы для прокаливания и озоления проб Pyrolyser-6 Trio требовало аналитических приемов, гарантирующих получение достоверных данных. Одной из первоочередных задач являлось использование сертифицированных стандартов для контроля качества результатов исследований.

Важным моментом при разработке методического подхода исследования ^{14}C являлось выявление основных факторов, влияющих на радиоуглеродный анализ. В ходе проведенных исследований определены особенности анализа растворов и проб почвы. Анализ жидких образцов показал эффективность использования подложек в виде фильтра и песка. Альтернативной программой для прокаливания и озоления жидких образцов на Pyrolyser-6 Trio предложена экспрессная программа «Normal» ($T=600^\circ\text{C}$) с продолжительностью анализа 4 ч. Пробы почв с высоким содержанием органического вещества рекомендуется исследовать по программе «Graphite» ($T=900^\circ\text{C}$), которая обеспечивает полное количественное восстановление ^{14}C из исследуемого образца. Также, в ходе экспериментальных работ установлено, что оптимальный объем химического уловителя CARBO-SORB®E в барботажных устройствах должен составлять 20 мл.

Таким образом, аналитические приемы, разработанные и апробированные на натуральных образцах почв с площадки «Опытное поле», показали значимость проводимых исследований. По результатам экспериментов на исследуемой площадке определены повышенные концентрации ^{14}C , достигающие 2500 Бк/кг. Более того, выявлен неравномерный характер распределения ^{14}C в почвах: радиоактивное загрязнение местности приурочено непосредственно к местам проведения испытаний – эпицентрам и эпицентральной зоне. Данные исследования требуют продолжения работ по изучению вертикального распределения ^{14}C по почвенному профилю и пополнению базы данных по радиоуглеродному мониторингу исследуемой территории.

Разработанный методический подход будет в дальнейшем использован для проведения комплексных исследований распределения ^{14}C в почве, растительности и водных объектах, что позволит выявить потенциальные источники радиоактивности и проследить динамику радиоактивного загрязнения окружающей среды во времени.

БИОИНДИКАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПОЛИГОНУ «КАПУСТИН ЯР» И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Бигалиев А.Б., Шимшиков Б.Е., Кобегенова С.С., Адилова Л.М., Шарахметов С., Бурханова М.Н.

Объекты исследования: компоненты окружающей среды, растения, животные и человек с территорий прилегающих к полигону «Капустин Яр» районов Западно-Казахстанской области. Проведенными радиоэкологическими исследованиями установлено, что значения объемной активности природных и техногенных радионуклидов в пробах почвы, питьевой воды и биосубстратах (домашних животных, человека, ящериц и рыб) из населенных пунктов соответствует величине контрольного уровня. Измерения радиационной активности по гамма-излучению показали, что по периметру обследованной территории полигона и в близлежащих населенных пунктах уровень радиации находится в пределах 0,06–0,014 мкЗв/ч, что соответствует уровню радиации для данного региона. Незначительное превышение уровня радиоактивности сохраняется на территории вблизи падения ракет в Бокейординском районе. Абсолютный максимум – 0,73 мкЗв/ч – зарегистрирован в пунктах падения ракет в Бокейординском районе.

Цитогенетическими исследованиями (микроядерный тест) в соматических клетках рыб и человека выявлены нарушения эритроцитов у исследуемых видов, что свидетельствует о дестабилизации физиологических процессов в организме обследованных рыб. Так, анизацитоз и пойкилоцитоз являются дегенеративными явлениями и показывают функциональную недостаточность кроветворных органов, приводящие к анемии. Анализы образцов крови человека показали наличие дегенеративных изменений, приводящие к увеличению риска экозаболеваний у лиц, имеющих выраженную нестабильность генома. У обследованных больных с наследственно-дегенеративными заболеваниями нервной системы, с врожденными пороками развития, хромосомными аномалиями выявлены выраженные цитогенетические нарушения, что указывает на отрицательное влияние хронического облучения в малых дозах на генетический аппарат и здоровье населения из районов прилегающих к полигону. Аналогичные результаты получены и при проведении хромосомного анализа в соматических клетках у животных и человека. Выявлено значительное превышение частоты клеток с различными видами aberrаций, чем общепринятый уровень спонтанных aberrаций. Так, у них обнаружено повышение спонтанного уровня дицентриков (0,61+0,3 x 10 на клетку, 3,13-14,63 x 10 на метафазу), что позволяет предположить наличие воздействия радиации в невысоких дозах у обследованных групп людей.

Молекулярно-генетические исследования методами рестрикционного анализа ДНК периферической крови людей из зоны полигона показали, что распределение генов репарации в геноме человека (Trp/Trp) гена *XRCC1* Arg¹⁹⁴Trp составляет всего 1,7%, а мутационного генотипа гена *XRCC1* Arg³⁹⁹Gln (Gln/Gln) 8,6%, *XRCC3* Thr²⁴¹Met – (Met/Met) 7,0% и *XPB751* Lys⁷⁵¹Gln – (Gln/Gln) - 5,2%. Эти результаты подтверждаются данными других исследователей. По литературным данным в европейских популяциях гена *XRCC1* Arg¹⁹⁴Trp гомозиготный генотип Trp/Trp встречается с частотой 3,4%, а у американцев африканского происхождения – 1,6%, у азиатов – от 4,4% до 6,7%. Ген *XRCC3* Thr²⁴¹Met - Met/Met генотип в разных популяциях встречается реже, т.е. у европейцев частота данного генотипа составляет 1,7% и азиатов – от 0 до 1,2%. Обнаружено также проявление полиморфизма генов репарации ДНК (*XRCC1* Arg¹⁹⁴Trp, *XRCC1* Arg³⁹⁹Gln, *XRCC3* Thr²⁴¹Met, *XPB751* Lys⁷⁵¹Gln) связанные с развитием различных заболеваний у жителей обследованных районов. Результаты популяционно-статистического анализа здоровья населения показали, что в целом, в области отмечается неудовлетворительное состояние здоровья детей и женщин, особенно фертильного возраста, высокий уровень первичной заболеваемости, материнской смертности.

Полученные результаты количественных анализов радионуклидов послужило исходным данным для составления карты-схемы обследованных территории. Всего были отобраны девять репрезентативных показательной точки для всей территории обследования. Обработка спутниковых снимков, а также составления карты схемы проводилась на ГИС платформе ArcGis и ENVI. Учитывая обширную территорию в работе были использованы спутниковые данные Landsat 8 OLI со средним пространственным разрешением соответственно 30-15 метров, включающие все съемочные каналы и охватывающие большие территории, а также обширные данные космического аппарата MODIS (The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с разрешением 250-500 м.

Из составленной арта-схема обследованной территории следует максимальное накопление радионуклидов K⁴⁰, Ra²²⁶, Th²³² в объектах окружающей среды на отдельных участках территории Бокейординского (Ханордасы, Сайкын и Бисен) и Жанибекского (Бозай и Коныс) районов.

ВНЕДРЕНИЕ В ИЯФ РК СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Солодухин В.П.¹, Дмитриев А.Ю.², Павлов С.С.², Ленник С.Г.¹, Соколенко Е.К.¹

¹Институт ядерной физики (ИЯФ), г. Алматы, Республика Казахстан

²Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна, Российская Федерация

Нейтронноактивационный анализ (НАА) давно и прочно зарекомендовал себя как надежное средство для решения множества научных и практических задач различных сфер производства. Развитие этого метода в Казахстане началось в 1961 году прошлого столетия сразу после образования Института ядерной физики (ИЯФ): в июне 2021 г. лаборатория активационного анализа (в настоящее время лаборатория ядерно-физических методов анализа) отметила свой 60-летний юбилей.

В настоящее время в связи с необходимостью индустриализации страны, актуальность развития НАА в Казахстане обоснована необходимостью решения множества всевозможных аналитических задач. В ИЯФ на базе реактора ВВР-К созданы все условия для проведения и развития метода НАА, включая подготовку образцов к облучению (измельчение, взвешивание, упаковка), переупаковку, измерение активности облученных образцов, а также их учет и хранение с соблюдением всех требований радиационной безопасности. Разработаны и утверждены органами Госстандарта РК методика многоэлементного анализа (34 элемента) почвы, руды, геологических пород и продуктов их технологической переработки, а также специализированная методика определения содержания редкоземельных металлов (Lu, Tb, Tm, Eu, Ho, Yb, Sc, Sm, Gd, La, Nd, Ce, Y) в этих же объектах. Для проведения работ по НАА приобретено и успешно используется современное спектрометрическое оборудование. Таким образом, аналитический комплекс НАА функционирует с постоянной нагрузкой: в рамках выполнения научно-исследовательских и прикладных работ.

Научное сотрудничество между ИЯФ и Лабораторией нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований ОИЯИ (ЛНФ ОИЯИ) определило новое направление в развитии метода НАА в условиях проведения массового многоэлементного анализа: на практике весьма важной задачей является автоматизация процесса сбора спектральной информации и обработки результатов измерений, а также проблема учета образцов и организации обмена информацией. Разработанные в ЛНФ ОИЯИ аппаратно-программные средства для автоматизации массового многоэлементного НАА включают сетевую базу данных для хранения и обмена информацией, автоматизированную систему измерения гамма-спектров наведенной активности, программное средство автоматизации количественного определения содержания элементов в образцах относительным методом НАА, аппаратно-программное средство автоматизации регистрации веса образцов в базе данных НАА и вспомогательное программное обеспечение. В настоящее время в ИЯФ проводится внедрение этих разработок с учетом особенностей облучательной установки КИР ВВР-К и параметров спектрометрического оборудования. Все работы проводятся совместно с ведущими специалистами ЛНФ ОИЯИ. Фактически в здании реактора создается новый участок для проведения НАА, преимущество которого заключается в 1) непосредственной близости к облучательной установке, что значительно облегчает получение, учет и хранение облученных образцов, и 2) оснащение гамма-спектрометра устройством смены образцов позволяет повысить производительность проведения массового многоэлементного анализа, минимизировать участие человека в рутинных долговременных измерениях спектров наведенной активности, снизить количество субъективных ошибок, а также, что очень важно, уменьшить радиационную нагрузку на персонал. В результате, улучшается качество аналитических работ и открываются дальнейшие возможности к плодотворному научно-практическому сотрудничеству.

ВОЗМОЖНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА В НАВОИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ

Холов Д.М.^{1,}, Музафаров А.М.², Холбаев И.³, Аллаберганова Г.М.¹.*

¹Навоинский государственный педагогический институт, Навои, Узбекистан

²Навоинский государственный горный институт, Навои, Узбекистан

³Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

* dilshod_holov1991mail.ru

Для проведения контроля количества радионуклидов и химических элементов в пробах промпродукции и экосистем изучены возможности нижеперечисленных ядерно-физических методов и инструментальных приборов, имеющихся в НГГИ:

- определения концентрации радионуклидов и химических элементов в пределах от 10^{-8} % до 100% в геологических, технологических и экологических пробах с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) с использованием ампульного источника нейтронов ^{252}Cf ;

- определения концентрации химических элементов с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-8} % в пробах почв для оценки техногенного влияния золотодобывающих и уранодобывающих промпредприятий на окружающую среду методом ИНАА с использованием ядерного реактора;

- оперативного определения концентрации - Fe, Al, Si, As, U и редкоземельных элементов в твердых пробах рентгенофлуоресцентным методом с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-4} % на приборах марки АРФ-7 и EDX-700 «SHIMADZU»;

- определение массовой доли кальция, магния, калия, натрия в U_3O_8 с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-3} % методом атомно-абсорбционного анализа на приборе типа «АА-3300»;

- определение массовой доли примесей - Si, Fe, Mo, V, Ti, Zr в U_3O_8 урана с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-5} % на приборе СТЭ-1/МАЭС в комплекте с генератором дуговым среднечастотным «Везувий»;

- определение массовой доли химических элементов с малыми (до 0,003%) содержаниями примесей в продукциях золотодобывающих и уранодобывающих производств на приборе типа «AGILENT» ICP-9860;

- определение суммарной удельной альфа-активности - почв, фосфорных удобрений, растений и стройматериалов с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-4} % на приборе БДИА;

- определение удельной активности естественных радионуклидов K^{40} , Ra^{226} , Th^{232} в пробах природного происхождения, с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-6} % гамма-спектрометрическим методом на приборах «ГАММА-ПРОГРЕСС» и «CANBERRA»;

- измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД) почв и воздуха в рабочей зоне с погрешностью ± 20 % на дозиметр-радиометре ДКС-96С;

- измерения мощности экспозиционной и эффективной дозы (МЭД) в рабочих помещениях с погрешностью ± 20 % дозиметрами-радиометрами ДКС-96;

- определение объёмной активности радона (ОАР) в воздухе рабочей зоны и в производственных помещениях, с погрешностью ± 30 % прибором «ALPHA-GUARD» и «ПОИСК»;

- определение эквивалентной равновесной объёмной активности дочерних продуктов распада радона (ЭРОА) в атмосферном воздухе населённых пунктов, в воздухе рабочей зоны и производственных помещениях с погрешностью ± 30 % приборами «ПОИСК» и «РАДОН-WL-METP»;

- определения значений мощности естественного гамма-излучения в непрерывном режиме для контроля выброса радиоактивных аэрозолей в атмосферу воздуха цеха готовой продукции урана;

- определение в питьевых, производственных сточных и подземных водах естественного урана, ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{232}Th , ^{222}Rn - эманионным методом на приборе «КАМЕРА» и суммарной альфа- и бета активности на приборе УМФ-2000 с погрешностью ± 30 %;

- анализ готовой продукции урана и анализ примесей в U_3O_8 урана на анализаторе СТЭ-1/МАЭС с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-3} % и изотопный анализ U_3O_8 урана с нижней границей определяемого содержания – НГОС 10^{-8} % на α – анализаторах типа «CANBERRA» и «ДОЗА»;

На основании проведенных исследований по определению радионуклидов и химических элементов в пробах промпродукции и экосистем найдены что, ядерно-физические методики имеют выгодные отличительные возможности, по сравнению с физико-химическим методам, по таким показателям как чувствительность, экспрессность, меньшая погрешность анализа при определении содержание радионуклидов и химических элементов с нижней границей определяемого содержания – НГОС до 10^{-9} % в пробах промпродукции и экосистем, малой навески анализируемого объекта, инструментальность (не разрушения образца), оперативность и автоматизация обработки результатов анализа.

**ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА
КВАДРУПОЛЬНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ ELAN-9000 АТОМНОГО ОТНОШЕНИЯ
 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ В УРАНСОДЕРЖАЩИХ ОБЪЕКТАХ**

Желтов Д.А., Быченко А.Н., Харкин П.В., Красноярова М.В.

РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Республика Казахстан

Измерение отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в урансодержащих объектах является актуальной задачей для геоизотопных исследований и ядерной криминалистики. Значение равновесного атомного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в природном уране весьма мало и составляет $5,54 \cdot 10^{-5}$ [1]. Поэтому точное измерение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ на квадрупольном масс-спектрометре требует подбора условий и инструментальных параметров, т.к. уровень масс-сигнала ^{234}U очень низок, а высокоинтенсивный сигнал ^{238}U детектируется в режиме ионного тока.

В ходе работы выбрано оптимальное содержание ^{238}U в измеряемом растворе, обеспечивающее точное (<1%) детектирование масс-сигнала ^{234}U и не приводящее к "насыщению" масс-сигналом ^{238}U детектора ELAN-9000, которое составило (250-400) мкг/л ^{238}U . Оптимизация инструментальных параметров измерения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ свелась к выбору значений времени интегрирования на массах 234 и 238 (общее время измерения: (7-9) минут), исследованию режимов детектирования масс-сигналов - "прыжки" по масс-пикам и сканирование масс-пиков. Установлено, что при разрешении квадрупольного ELAN-9000 (0,7-0,8) а.е.м. на 10 %-й высоте масс-пика наблюдается "хвост" рядом стоящего большого масс-пика ^{235}U , который ввиду уширения его основания дает значимый вклад в масс-сигнал ^{234}U . Настройка разрешения квадрупольного ELAN-9000 до (0,5-0,6) а.е.м. удовлетворительно устраняет указанный эффект и возможно использование режима сканирования, режим "прыжков" по пикам ^{234}U и ^{238}U менее требователен к настройке разрешения квадрупольного.

Определены основные составляющие неопределенности измерения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ учитывая [2]: разброс интенсивности измеряемых масс-пиков, неопределенность коэффициента масс-дискриминации и аттестованного (опорного) значения используемого стандартного (опорного) изотопного образца. Учитывая положения [2], разработан алгоритм расчета расширенной неопределенности результатов измерений $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$.

Для верификации оптимизированной процедуры измерения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ было выполнено масс-спектрометрическое измерение атомного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в различных урансодержащих пробах технологической цепочки добычи/производства урана в обоих режимах детектирования масс-сигналов - "прыжки" по масс-пикам и сканирование масс-пиков по следующему общему алгоритму:

- разбавление всех растворов до 350 мкг/л для уравнивания величины "мертвого времени" (для ^{238}U);
- измерение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в бланк-растворе (2 % азотная кислота) по 4-5 репликам;
- измерение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ по 4-5 репликам в растворе опорного (стандартного) образца;
- измерение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ по 4-5 репликам в растворе исследуемого образца;
- обработка и интерпретация результатов измерения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$.

В качестве опорного образца для калибровки масс-спектрометра и определения коэффициента масс-дискриминации использован раствор концентрата урановой руды CUP-2 (CANMET, Канада) с известным содержанием общего урана, для которого было принято опорное значение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$: $5,404 \cdot 10^{-5}$, $U_{0,95}=0,42\%$ ($k=2$) на основе измерений в LLNL (США) относительно изотопного образца CRM U010 (NBL, США).

На основе полученных результатов исследований и накопленного в ИЯФ практического опыта в рамках выполнения проекта МНТЦ К-2400 была разработана методическая инструкция МИ-03-16-12-19 "Определение изотопного состава урана в урансодержащих материалах и растворах методом квадрупольной масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой". Данная МИ устанавливает порядок измерения атомных отношений $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ и $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в урансодержащих материалах (>1% U) и растворах (>0,5 мг/л U) методом квадрупольной масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, а также вычисления на их основе атомных долей изотопов ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U .

Оптимизированная процедура измерения атомного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ используется в ИЯФ в основном для выполнения экспертных и исследовательских работ по ядерной криминалистике. После подходящей пробоподготовки и концентрирования урана возможно использование оптимизированной процедуры для измерения атомного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в различных природных объектах с малым содержанием урана.

Литература:

1. Isotopic Composition of the Elements 1997, Pure&Appl. Chem., Vol. 70, No. 1, pp. 217-235, 1998.
2. Б.А. Сермягин, А.А. Пупышев. Некоторые вопросы оценки погрешностей масс-спектрометрических измерений изотопного состава элементов. Журнал «Масс-спектрометрия», т. 5, №3 (2008).

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЧИСТОТА ПОЧВ В ГОРНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАРАФШОН

*Абдушукуров Д.А.^{1,2}, Солодухин В.П.³, Анварова Г.Б.^{1,4},
Кодиров А.¹, Ленник С.Г.³, Кабирова Г.М.³, Шаймурадов Ф.И.¹*

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии,
Национальной Академии Наук Республики Таджикистан (НАНТ)

²Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

³Институт ядерной физики, Министерства энергетики Республики Казахстан (ИЯФ МЭ РК)

⁴Технический университет им. Осими, Таджикистан

В долине реки Зарафшон развита металлургическая промышленность, основанная на добыче и переработке цветных металлов. Более 60 лет действуют Анзобский горно-обогатительный комбинат (АГОК), Тарорский золоторудный комбинат (ТЗРК). В последнее время ведутся работы на месторождениях Верхний Кумарг и Канчоч. Работа горнорудных предприятий приводит к загрязнению воды, также загрязняются донные отложения рек и почвы.

В горных ущельях зачастую единственно пригодными для земледелия почвами являются прибрежные почвы (выносы) боковых притоков. На элементный состав почв в горных ущельях оказывают влияние горные материнские породы, донные отложения рек и состав воды при наличии ирригации или затопления.

В ходе проведения экспедиционных работ в бассейне реки Зарафшон, на территории Таджикистана, в 2020 году были отобраны 20 образцов прибрежной почвы.

Определение содержания металлов в пробах почв, проводилось в ИЯФ МЭ РК: рентгено-флуоресцентным методом анализа и нейтроноактивационным методом анализа. В совокупности установлены значения концентрации следующих 30 элементов: К, Са, Тi, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Pb, Th и U. Среди них, для данной работы были выбраны следующие токсичные элементы: As, Ba, Cr, Co, Cs, Hg, Ni, Sb, Se, Sr, V, Zn. Проведены расчеты отношений концентрации элементов к их кларкам в почвах. Эти отношения являются важными показателями, так как позволяют выявлять геохимические аномалии.

Практически все изученные элементы имеют аномальные зоны накопления, приуроченные, в основном, к месторождениям цветных металлов. Это сурьмяно-ртутные месторождения Канчоч и Джиджикрут с повышенным содержанием As, Au, Ba, Sb и Hg, а также свинцово-цинковое месторождение Чоре с повышенным содержанием Ag, Pb и Zn. Вместе с тем, имеются и чистые зоны, в основном, в верховьях гор.

Особо значительные концентрации мышьяка были зарегистрированы вдоль р. Фондарё - левого притока р. Зарафшон. На участке Кумарг концентрация мышьяка достигает значения 53 мг/кг, что составляет более 10 кларков.

В горной части р. Зарафшон (Горный Мастчох) почвы относительно чистые. В низовьях р. Зарафшон повышенным содержанием токсичных металлов выделяются почвы на перевале Шахристан и окрестностях Тарор-Джелауского месторождения, на реках Шинг и Могиян. На Шахристанском перевале наблюдается выход интрузий и углистых сланцев, вся почва окрашена в черный цвет.

Большое содержание сурьмы в почвах установлено в зонах сурьмяно-ртутных месторождений. Концентрация в 90 мг/кг (или 180 кларков) зарегистрирована в почвах р. Ягноб. Ртути в почвах много в пойменной части р. Зарафшон (кишлак Саразм).

Концентрации таких элементов, как Co, Pb, Mn, Ni, V и Zn, высоки и связаны со свинцово-цинковым рудопроявлением, которое сопровождается повышенной концентрацией Ag.

В Горном Мастчохе не проводят работ по масштабной добыче цветных металлов и все почвы (за исключением притоков Испана, Томина и, частично, Сангистона) можно считать относительно чистыми. В кишлаках для ирригации используют воды местных рек, которые обладают повышенной минерализацией, это привело к повышенной засоленности почв.

Существующие сурьмяно-ртутные месторождения сильно влияют на состав почв, в низовьях Джиджикрута, в Верхнем Кумарге. Кроме антропогенного воздействия также сказываются и природные загрязнители, особенно в районах Ягноба, Шахристана. Вблизи геологических объектов необходимо ограничить сельхоздеятельность и выпас скота.

На умеренно опасных почвах можно возделывать любые сельхозкультуры, но необходим контроль за чистотой сельхозпродукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта МНТЦ Тj-2409.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОБ С МАЛЫМИ АКТИВНОСТЯМИ

Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В.

РГП Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Казахстан

При исследованиях радионуклидного состава методом гамма-спектрометрического анализа (ГС) немаловажное значение имеет выбор эталонов для градуировки оборудования. Зачастую именно процедура градуировки оборудования определяет точность получаемого результата. Энергетическая градуировка чаще всего выполняется по точечным образцовым стандартным гамма-источникам (ОСГИ). Для градуировки по эффективности регистрации гамма-излучения используют эталоны известного радионуклидного состава, причем геометрия измерений эталонов и исследуемых образцов должна быть одинаковой. В случае исследования точечных источников, калибровку по эффективности регистрации проводят также с использованием набора ОСГИ, излучение которых охватывает весь энергетический диапазон спектрометра. Соответственно, для задачи определения активности радионуклидов в объемных образцах для градуировки по эффективности регистрации используют объемные насыпные меры активности в той же геометрии, что и исследуемые образцы. Энергии аттестованных радионуклидов в используемых эталонах (одном или нескольких) должны охватывать весь энергетический диапазон спектрометрического оборудования. Один из способов контроля качества проведения ГС является анализ эталонов, имеющих аналогичный с исследуемыми образцами радионуклидный состав и уровень активности.

В радиозоологических исследованиях исследуются пробы окружающей среды, радионуклидный состав которых в основном включает естественные радионуклиды (ЕРН) – уран-238, уран-235, торий-232 и продукты их радиоактивного распада. Также, в случае загрязнения окружающей среды продуктами человеческой деятельности, в пробах могут присутствовать техногенные примеси. Как правило, значения активностей ЕРН составляет не более 100 Бк/кг, что существенно ниже естественной радиоактивности изотопа калия-40 (500-1000 Бк/кг) в тех же пробах.

Для корректного проведения исследований так называемых «экологических» проб была изготовлена серия лабораторных модельных образцов с заданным диапазоном активностей естественных радионуклидов, моделирующих пробы окружающей среды как по радионуклидному составу, так и по величине активностей. В качестве источников радионуклидов использовались насыпные стандартные образцы МАГАТЭ урановой и ториевой руды с аттестованными активностями основных радионуклидов 4940 Бк/кг и 3250 Бк/кг, соответственно. В качестве наполнителя выбраны предварительно исследованные экологически чистые песок и щебенка. Проведены исследования элементного и радионуклидного состава изготовленных модельных образцов. Показана их пригодность для использования в качестве градуировочных эталонов при определении радионуклидного состава объектов окружающей среды методом гамма-спектрометрии.

Используя модельные образцы в качестве стандартных с разным уровнем активности радионуклидов, получены соотношения для градуировочной кривой по эффективности регистрации гамма-излучения. Выполнены исследования области применимости разных градуировочных соотношений.

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КАПСУЛ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
НЕЙТРОНОАКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПНЕВМОПОЧТЫ
РЕАКТОРА ВВР-К**

Ленник С.Г., Соколенко Е.К., Бедельбекова К.А.

Институт ядерной физики (ИЯФ), г. Алматы, Республика Казахстан

Для проведения нейтроноактивационного анализа (НАА) по короткоживущим изотопам (КЖИ) в ИЯФ в сухом горизонтальном канале реактора ВВР-К установлена автоматизированная пневмотранспортная система (ПТС). Плотность потока нейтронов в зоне облучения составляет 10^{11} н·см⁻²·с⁻¹.

Определение содержания целого ряда элементов (Na, K, Al, S, Cl, Ca, V, Mn, Mg, Cu, Co, Ba, Eu, Dy, Th, U, In, Sr, Sn), не имеющих долгоживущих изотопов, осуществляется методом НАА исключительно по КЖИ.

ПТС состоит из главного управляющего кабинета, компрессора, двух ресиверов, гамма-спектрометра и управляющего компьютера со специальным программным обеспечением. Сжатый воздух производится с помощью компрессора, который подключен в воздушную систему ПТС. Ресивер используется для транспортировки капсулы с образцом в горизонтальный канал, доходящий до сердцевины реакторной зоны, где в тубусе из специального сплава происходит облучение капсулы с материалом. В непосредственной близости от канала реактора расположен второй ресивер, который подключен к воздушной системе ПТС и обеспечивает производство сжатого воздуха для извлечения капсулы после окончания облучения. Для регистрации наведенной активности облученной капсулы (с образцом) в ПТС интегрирован гамма-спектрометр «CANBERRA» с горизонтальным полупроводниковым детектором GC2018 (разрешение 1,8 кэВ для гамма-линии ⁶⁰Co с энергией 1332,5 кэВ, относительная эффективность 20%). Все процессы на ПТС управляются с помощью специального программного обеспечения, позволяющего выбрать режимы облучения, указать массу образца, время выдержки в канале реактора ВВР-К, времени «остывания» перед началом регистрации и времени регистрации спектра γ -излучения.

В процессе проведения НАА по КЖИ регистрация спектра облученных образцов осуществляется непосредственно в транспортных капсулах минуя переупаковку, поскольку период полураспада ряда наблюдаемых в спектре радионуклидов не превышает нескольких минут. При этом транспортные капсулы должны удовлетворять следующим требованиям: размеры и геометрия капсул должна точно соответствовать модели ПТС; полиэтилен, из которого изготовлены капсулы, должен обеспечивать достаточную плотность, твердость, гладкость поверхности, позволяющие беспрепятственное передвижение капсулы по трубопроводу ПТС; стойкость к повышенной температуре и деформации, возникающих при облучении нейтронами. Кроме того, обязательным условием является химическая чистота материала транспортных капсул, исключающая наведенное излучение от облучения капсулы. Небольшая партия, специально изготовленных капсул из материала высокой чистоты, была поставлена предприятием-изготовителем вместе с комплектующими для ПТС.

В связи с тем, что дальнейшее приобретение таких капсул оказалось проблематичным, было решено изготавливать их самостоятельно. Для этого была изготовлена пресс-форма, предназначенная для одновременного литья транспортной капсулы с крышкой, и подходящий пресс. Выполнены исследования различных марок полиэтилена для определения его способности активироваться нейтронами при проведении НАА по КЖИ. Результаты исследований показали, что некоторые марки полиэтилена содержат ряд металлических примесей, активация которых вносит заметный вклад в загрузку спектрометрического оборудования при проведении регистрации спектра наведенного излучения. Исследуемые образцы полиэтилена размещались в оригинальные капсулы и облучались на ПТС в течении 5 минут. Далее проводилась регистрация серии из шести спектров для $T_{охл}$ (время охлаждения, прошедшее после активации капсулы) 0, 60, 120, 180, 240 и 300 с. Время набора спектра $T_{изм}$ при этом составляло 60, 60, 60, 60, 60 и 300 с, соответственно. В таком же режиме облучалась и измерялась пустая оригинальная капсула. Обсчет спектров выполнялся с использованием пакета программного обеспечения Genie-2000 с учетом фона, а именно с вычитанием активности пустой оригинальной капсулы.

Проведен сравнительный анализ свойств исследованных марок полиэтилена, по результатам которого для изготовления транспортных капсул выбран полиэтилен марки HDPE T50 производства Туркменистан. Определенные в составе этого материала элементы Mg, Al, Cl, Ca, Ti, Na и Mn будут учитываться при проведении дальнейших исследований НАА по КЖИ.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ

Моренко В.С., Филиппова Л.Н., Сляднева В.Н., Ли Р.А.

Институт Ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

Сегодня научные исследования невозможны без прочного информационного обеспечения. Информационные технологии находят широкое применение в разных областях науки, в том числе и в радиоэкологии. Большие объемы экологической информации, результаты многолетних исследований обычно разбросаны по компьютерам пользователей, а иногда даже располагаются на бумажных носителях, что не только затрудняет их поиск, но и приводит к риску потери данных. Современные программные продукты позволяют создавать системы, дающие возможность не только хранить данные, но и существенно сократить время для решения тех или иных задач, а также оптимизировать процесс принятия решений, т.е. способствуют экономии ресурсов и эффективности человеческой деятельности.

Для планирования, обработки и визуализации полевых работ и аналитических исследований, хранения и поиска информации, для анализа результатов исследований, подготовки презентаций, отчетных материалов и др. в Центре экологических исследований Института ядерной физики созданы несколько баз данных. Каждая информационная система выполняет свою функцию и в то же время дополняет другие.

При планировании полевых работ по отбору проб окружающей среды применяются геоинформационные системы, представляющие собой совокупность технологических средств и информационных ресурсов и позволяющих на единой географической основе поддерживать информационную модель той или иной территории. На базе уникальной картографической и аналитической платформы ESRI ArcGIS модель формируется послойно, где каждый информационный слой объединяет группу объектов одного типа. Каждый объект имеет пространственно-координатные данные, представляющие совокупность позиционных характеристик и атрибутивных сведений. Подготовка к полевым исследованиям реализуется с помощью ГИС-проектов: «ЛИРА», «Азгир», «ИЯФ» «СИП», «Трансграничные реки», «БН» и др.

Регистрация и контроль процесса выполнения аналитических исследований в лабораториях центра проводится с использованием базы данных «ЦКЭИ», созданной на основе широко распространенного программного обеспечения Access, входящего в офисный пакет Microsoft Office. В БД поддерживается реляционная модель, в которой связанные данные группируются в двумерные таблицы. В одном файле хранятся не только все таблицы с данными, но и различные отчеты, формы, а также программный код. Используя базу данных «ЦКЭИ», можно получить информацию об основных этапах работ по анализу проб, интересующие исследователя, а также узнать сведения о планировании и контроле рабочего процесса. Также информационная система позволяет обеспечить долговременное хранение результатов аналитических исследований и использовать для поиска данных развитую программную систему фильтрации и выбора по нескольким признакам.

Научно-исследовательская работа заключается не только в изучении современной радиоэкологической обстановки, но и изучении ее первопричин: как возникла проблема, как изменялась с течением времени. Возможность оперативного получения необходимых исторических данных об экологической обстановке на исследуемом объекте в текстовой, числовой или графической форме в Центре комплексных экологических исследований обеспечивается с помощью функционирования учетно-поисковых баз данных: электронного архива «Проект ЛИРА» и базы данных «Азгир», разработанных также на платформе Access. Вся информация в БД систематизирована в соответствии с тематической классификацией. Наиболее сложной задачей в таких информационных системах является создание автоматизированного информационно-поискового модуля. Для усовершенствования процесса информационного поиска в базах разработаны эффективные методы предметной, хронологической и семантической фильтрации и упорядочивания данных. В то же время визуализированная географическая, пространственная и атрибутивная информация за все годы исследований хранится в соответствующих тематических ГИС-проектах.

Геоинформационные системы служат не только для планирования работ, хранения геоданных, подготовки отчетной документации, но и для проведения пространственного анализа результатов исследований. Сочетание классической аналитики с пространственной информацией обеспечивает более широкий диапазон изучаемых данных, расширяет интеллектуальные возможности, предоставляя новое основание, на котором можно строить заключения. Пространственный анализ проводится с помощью самого функционального модуля Spatial Analyst и специализированного набора инструментов управления и трансформации данных Data Management.

Таким образом, информационные системы активно используются на всех этапах научных исследований и вносят большой вклад в решение задач в области радиоэкологии.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» НА РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ СИП

Пономарева Т.С., Поливкина Е.Н., Ларионова Л.Н.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Проведение различных типов испытаний (атмосферные, наземные, подземные в штольнях, подземные экскавационные и др.) на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) привели к формированию зон радиоактивного загрязнения с различными физико-химическими формами ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые определяют подвижность и биологическую доступность для растений. Учитывая, что с момента проведения испытаний на территории полигона прошло несколько десятков лет, при оценке миграции радионуклидов в системе «почва - растения» следует принимать во внимание трансформацию форм нахождения радионуклидов в почве под воздействием определенных почвенно-климатических условий СИП. В настоящей работе проведено исследование зависимостей, описывающих особенности миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе «почва-растение» с использованием пяти почвенных образцов с основных радиационно-опасных участков СИП (почва с эпицентра гидроядерного взрыва технической площадки П-2 (испытательная площадка «Опытное поле»); почва с припортальных участков штолен №176 и 177 (площадка «Дегелен»), которые характеризуются высоким уровнем загрязнения вследствие выноса на земную поверхность радионуклидов с штольневными водотоками; почва с мест испытания боевых радиоактивных веществ (площадка «4а»); почва с отвалов «Атомного» озера, образованного в результате экскавационного взрыва). При выборе почвенных образцов учитывали такие основные факторы, как тип испытаний и условия формирования радиоактивного загрязнения, а также почвенные характеристики. Такой подход делает возможным проведение сравнительного анализа, основанного на небольшом количестве данных, однако различная биологическая доступность ^{137}Cs и ^{90}Sr позволит выявить характерные особенности миграции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе «почва-растение».

Исследование проводили в условиях модельного вегетационного эксперимента на базе экспериментальной оранжереи. В качестве объекта исследования использовали культуру *Lactuca sativa*, отличающуюся коротким вегетационным периодом и возможностью получения хорошего урожая на сравнительно небольшом объеме почвы. Измерение удельной активности радионуклидов в пробах почвы и растений осуществляли в соответствии со стандартизированными методическими указаниями. Определение удельной активности ^{137}Cs проводилось с использованием гамма-спектрометра Canberra GX-2020. Радионуклид ^{90}Sr определяли радиохимическим выделением с последующим измерением на бета-спектрометре TRI-CARB для растительных проб и на бета-спектрометре «Прогресс» для проб почвы. Основные физико-химические показатели исследуемых почвенных образцов определяли общепринятыми в почвоведении методами: содержание органического вещества определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, pH-водной вытяжки – потенциометрическим методом, сумму поглощенных оснований – трилонометрическим методом, содержание водорастворимых солей и карбонатов – объемным методом, гранулометрический состав почв определяли пипет-методом. Извлечение форм нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr проводили с использованием метода последовательного экстрагирования. Для обработки полученных данных применяли методы непараметрической статистики.

В результате эксперимента были получены $K_n^{137}\text{Cs}$ и $K_n^{90}\text{Sr}$, диапазон значений которых на всех почвенных образцах составил 3 порядка для ^{137}Cs (0,0009 - 0,18) и 2 порядка для ^{90}Sr (0,2 - 3,1). Результаты использования метода непараметрической корреляции (Кендалл- t_a) свидетельствуют о полной функциональной зависимости между $K_n^{137}\text{Cs}$ и $K_n^{90}\text{Sr}$ и содержанием биологически доступных форм ($r=1$, $n=4$, $p<0,05$). Использование частных коэффициентов корреляции Кендалла позволило выделить наиболее важные факторы, оказывающие влияние на содержание доступных форм, а, соответственно, и на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr *Lactuca sativa*: для ^{137}Cs валовое содержание К ($r_{xy-z} = -0,81$; $n=4$, $p<0,2$); для ^{90}Sr – валовое содержание Са ($r_{xy-z} = -0,64$; $n=4$, $p<0,2$). В целом, полученные зависимости указывают, что среди всех почвенных свойств на закрепление и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в компонентах почв могут оказывать влияние содержание их химических аналогов в почве. Однако достоверность полученных зависимостей не была подтверждена статистически. Следует отметить, что для получения более достоверных зависимостей требуется увеличение количества наблюдений.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ МИГРАЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ТРИТИЯ
В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ

Лукашенко С.Н., Томсон А.В., Курбаков Д.Н., Эдомская М.А.

Институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

В рамках представленной работы исследованы концентрации трития в различных компонентах экосистемы, включающей лесную и луговую компоненту. Источником трития на данной территории являются подземные воды, загрязненные тритием в результате разгерметизации рядом расположенного (до 1 км) старого хранилища радиоактивных отходов.

Исследованный участок расположен в пойме реки Протвы. Растительный покров в границах участка представлен: 1) лугом с преобладанием *Calamagrostis epigeos* и участием *Senecio fluviatilis* и *Agrimonia procera*; 2) разнотравно-злаковым лугом с преобладанием *Bromopsis inermis*, *Elytrigia repens*, *Filipendula ulmaria* и заметным участием мезофильного и гигро-мезофильного разнотравья; 3) полидоминантным низкотравным разнотравно-злаковым лугом с зарослями кустарников и отдельными низкорослыми деревьями на искусственном холме; 4) лугом с преобладанием *Phalaroides arundinaria*, *Filipendula ulmaria*, *Galium rivale* и заметным участием гигрофильного разнотравья среди зарослей *Salix cinerea*; 5) зарослями *Alnus glutinosa*, *Salix cinerea*, *Padus avium* сочетающимися с зарослями гидрофильного высокотравья.

Определение трития проводилось в подготовленные образцы воды на жидкосцинтилляционном спектрометре «Tri-Carb 4810TR», предел обнаружения трития в водных образцах составлял $\cong 7$ Бк/л, в виде органически-связанного трития (ОСТ) $\cong 25$ Бк/кг. Определение трития в почвогрунтах проводилось в свободной воде почвогрунтов, полученной методом дистилляции; в воздухе - в воде, полученной методом вымораживания; в растениях - в свободной воде растений, полученной методом свободной или принудительной возгонки. Для определения органически-связанного трития образцы растений разлагались минеральными кислотами в автоклавах, нейтрализовывались, полученная вода отгонялась.

На исследованном участке имеются зоны выхода подземных вод на поверхность, образующих небольшой ручей. Определено, что концентрация трития в воде ручья постоянна и составляет 3400 Бк/л. Концентрация трития в почвогрунтах нарастает с глубиной, достигая максимума (6000 Бк/л) на глубине 1.5 м, при этом вид зависимости «концентрация трития в грунте - глубина залегания грунта» имеет специфический вид для каждой из трех исследованных точек.

Содержание трития в водяных парах воздуха достигает значений 0.03 от максимальной концентрации трития в свободной воде почвогрунтов. Выявлена существенная зависимость концентрации трития в водяных парах воздуха от времени суток. Кривая зависимости «концентрация трития в водяных парах воздуха - время» имеет минимум в районе 12 часов дня и два максимума в районе 8 часов утра и 10 часов вечера, при этом значение концентрации трития в максимуме превышает его концентрацию в минимуме до 7 раз. Сделан вывод о существенном влиянии биологической активности растений на содержание трития в водяных парах воздуха для экосистем подобного типа.

Содержание трития в свободной воде растений достигало значений равных ~ 0.5 от максимальной концентрации трития в свободной воде почвогрунтов. Соотношение ОСТ к содержанию трития в свободной воде растений лежит в диапазоне 0.25 - 1.5, что вероятно, связано с вариативностью концентрации трития в свободной воде почвогрунтов и разной вегетационной активностью растений. Отмечены существенные различия в содержании органически-связанного трития (ОСТ) в различных вегетативных органах растений: содержание ОСТ в листьях древесных растений (черемуха, вяз, ива, ольха в 1.2-3.4 раза ниже, чем в 1-6-летних побегах и сучьях).

Для выяснения механизмов трития в растениях проведен ряд экспериментов по исследованию перехода трития в системе «воздух-растения» в лабораторных (тепличных) условиях. Выявлено, что переход трития (тритированной воды) из воздуха в растения весьма существенен. Например, концентрация НТО в плодах огурца достигает 50%, в клубнях картофеля - 30% от его содержания в водяных парах воздуха.

Следует также отметить, что концентрация органически-связанного трития в растениях при механизме поступления «вода-растение» оказалась существенно в 3-6 раз ниже ожидаемой концентрации в (рассчитанной как концентрация трития в поливной воде с учетом разбавления «органическими» макроэлементами - углеродом, азотом, серой). Данный факт может быть вызван как наличием эффекта дискриминации трития растениями, так и поглощением воды из атмосферы, что требует дополнительных исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00146.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДА ЙОДА-125, БЕЗ НОСИТЕЛЯ С РАЗЛИЧНЫМИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ МАКРОМОЛЕКУЛАМИ

Хажиев Л.О.^{2,*}, Садилов И.И.¹, Усаров З.О.², Нишионов Ш.Ж.²

¹Институт ядерной физики АН РУз, ²Предприятия «Радиопрепарат», * hajiyev.lazizbek@mail.ru

Меченные с радиоизотопами йода-125 радиоактивные соединения, являются тонким инструментом исследований в различных областях ядерной медицины и применяются в медицине для диагностики и лечения различных онкологических заболеваний.

Среди радиоактивных изотопов йода самым широко используемым в исследовательских работах является йод-125. Это связано с тем, что йод-125 в основном используется для меченя различных биологических макромолекул. Исследования с йодом-125 в основном проводятся в присутствии белков и пептидов используемых в иммунологических, рецепторных, гормональных и др. исследованиях. При йодировании, физико-химические и иммунологические свойства белка практически не изменяются, что очень важно для последующего использования меченого препарата.

Целью данного исследования было изучение эффективности добавления йода-125 радионуклидов в различных биологических макромолекул и оценивать качество полученного йода-125 радионуклида.

В работе приведены результаты экспериментов по исследованию различных биологических макромолекул меченных радионуклидом йода-125 без носителя методом жидкостного электрофореза. При этом 5 мКи субстанции йодида натрия, меченого йодом-125 вносили в две конические пробирки Эппендорфа (объем 0,5 мл), затем в каждую пробирку добавляли по 10 мкл раствора хлорамина-Т и хорошо перемешивали. В первую пробирку добавляли 15 мкл раствора адренкортикотропингипоталамус (АКТГ), во вторую пробирку 20 мкл реактива Болтона-Хантера (БХ). Обе пробирки с реакционной смесью помещали в термостате с температурой 37 °С на 15 мин. Затем в каждую реакционную смесь добавляли 250 мкл дистиллированной воды и наносили каплю реакционной смеси на полоску хроматографической бумаги марки "С". Затем полоску увлажняли фосфатным буферным раствором с pH $7,0 \pm 0,2$ и бумажные полоски помещали в камеру для электрофореза на 50 мин.

По проявленной электрофореграмме определили распределение включения макромолекулы с ¹²⁵I по ее длине и по соотношению площадей пиков. По значению Rf соответствующих основной и побочной химической форме йода-125 вычислили несвязанную ($Rf - 0,9 \pm 0,02$) и меченную в макромолекуле ¹²⁵I ($Rf - 0,4$).

Результаты измерений по вышеперечисленной методике приведены в рисунке 1 и таблице 1.

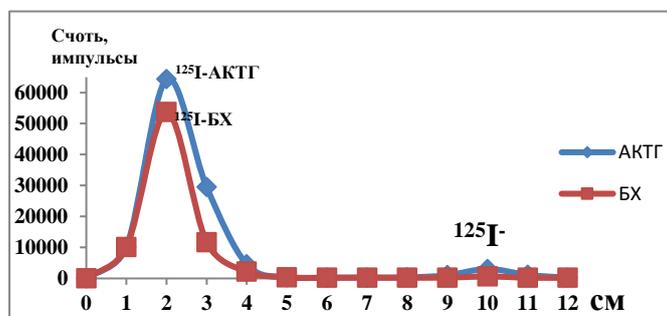


Рисунок 1 - Типичная гистограмма распределения ¹²⁵I-макромолекулы по длине электрофореграммы

Таблица 1 - Результаты измерений меченя радионуклида йода-125, без носителя с различными биологическими макромолекулами

№	Наименование макромолекуле	Включение йода-125 в макромолекулы	Не соединённые ионы йода-125
1	Адренкортикотропингипоталамус	94,5%	5,5%
2	Болтон-Хантер	97,4%	2,6%

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ЯРМ НА ОБЪЕКТАХ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДАМИ РЭМ-РМА

Леваишов М.А.¹, Стебельков В.А.²

¹РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Казахстан

²НП «Лаборатория анализа микрочастиц», г. Москва, Россия

Информативность исследования микрочастиц ЯРМ на твёрдых подложках методами РЭМ-РМА при определении характеристик материалов, из которых они сформировались, показана, например, в работах [1, 2]. Соответственно, возможности этих методов успешно применяются при решении задач, как радиоэкологии, так и ядерной криминалистики. Определяемые характеристики микрочастиц ЯРМ обуславливают возможность распространения микрочастиц в окружающей среде и степень возможного воздействия на живые организмы. Кроме того, они помогают установить элементный состав исходного материала и механизм образования микрочастиц, что в свою очередь необходимо для определения возможных видов работ с ЯРМ на подконтрольном предприятии.

Но в некоторых случаях доступные для исследования следы деятельности ядерных предприятий или преступлений с ЯРМ могут оказаться только на объектах растительности, выполнивших в таких случаях роль естественных планшетоу: на траве, на коре деревьев и т.п. Цель данной работы заключается в исследовании путей обращения с такими пробами и получения необходимой информации методами РЭМ-РМА. Объектами исследований являлись микрочастицы окиси свинца, имитировавшие микрочастицы ЯРМ и нанесённые на объекты растительности. Размеры подавляющего большинства частиц составляли от 3 мкм до 10 мкм. Частицы исследовались непосредственно на поверхности растительных образцов.

Изучение морфологии и определение элементного состава частиц проводилось с помощью электронного микроскопа Tescan "LYRA 3" с рентгеновским анализатором AZtec при ускоряющих напряжениях 5 кВ и 30 кВ в низком (15 Па) и высоком (10^{-4} Па) вакууме. На рис. 1 представлены фотографии запылённого углеродом фрагмента листа с микрочастицей окиси свинца на поверхности (а) и этой же частицы, снятой с большим увеличением в низком вакууме при ускоряющих напряжениях 30 кВ (б) и 5 кВ (в).

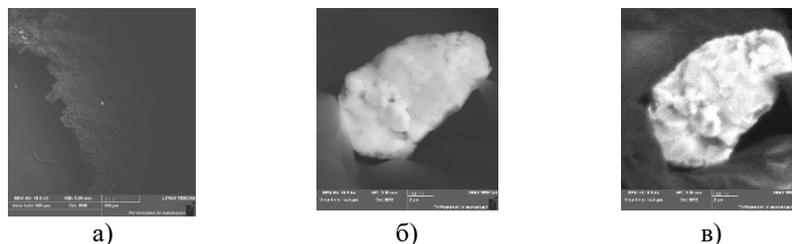


Рисунок 1 - Фрагмент листа с микрочастицей окиси свинца на поверхности (а) и эта же частица, сфотографированная с большим увеличением (б и в)

Анализ изображений частицы на рис. 1б и 1в позволяет сделать вывод о том, что микрочастицы на запылённой углеродом поверхности листьев могут исследоваться, почти также, как и на твёрдых токопроводящих подстилающих поверхностях. На изображении, полученном при ускоряющем напряжении 30 кВ различимы отдельные детали с размерами, меньшими 5 нм. На изображении, полученном при ускоряющем напряжении 5 кВ, различимы отдельные детали с размерами около 15 нм.

Весовая концентрация свинца, измеренная при ускоряющем напряжении 30 кВ, в крупных частицах отличается от номинальной на 3-5%, а в частицах с размерами, меньшими 4 мкм, это отличие достигает уже 15-18%. При ускоряющем напряжении 5 кВ максимальное отклонение от номинального значения концентрации свинца в частицах с размерами от 3 мкм и большими не превышает 2%.

Таким образом исчерпывающее исследование микрочастиц на поверхности растительных образцов возможно, если на поверхность образца напылить тонкий слой токопроводящего материала (золото, углерод), изучение морфологии проводить при максимальных ускоряющих напряжениях (30 кВ), а определение элементного состава – при ускоряющих напряжениях 5 кВ.

Литература:

1. V. Stebelkov. Informativeness of Morphology Analysis of Uranium Microparticles from Industrial Dust at Nuclear Plants. International Conference GLOBAL 2005 "Nuclear Energy Systems for Future Generation and Global Sustainability", Tsukuba, Japan. Paper No. 084
2. В.Г. Дюков, В.Б. Митюхляев, В.А. Стебельков, В.В. Хорошилов. Повышение точности анализа состава микрочастиц в РЭМ-РМА за счет снижения энергии электронов зонда и сглаживания их рельефа ионным пучком. «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», 2015, № 9, с.с. 58...63.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКЕ В
ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Сысоева Е.С., Ларионова Н.В., Шевченко Ю.С., Леценко Н.А., Меркель А.И.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Многолетние испытания ядерного оружия на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) привели к радиоактивному загрязнению не только территории самого полигона, но и прилегающих к нему участков. Так, в результате испытания, проведенного 29 августа 1949 г. радиоактивному загрязнению, была подвержена территория ленточного соснового бора Прииртышья, расположенного в северо-восточном направлении от СИП.

Процессы миграции радионуклидов в лесных биогеоценозах имеют ряд специфических особенностей по сравнению с другими природно-растительными сообществами, обусловленных большей площадью наземной фитомассы, многолетним циклом развития растений, наличием лесной подстилки и т.д. Лесная подстилка является одним из главных первичных поглотителей радионуклидов в лесных экосистемах. Цель данного исследования – изучить содержание и распределение искусственных радионуклидов в подстилке соснового бора Прииртышья в отдаленный период после ядерных испытаний.

Для отбора проб выбирались участки леса в границах прохождения следа от испытания 1949 года с предполагаемым повышенным содержанием радионуклидов в компонентах природной среды. Всего заложено 20 исследовательских площадок, на которых отобраны пробы подстилки и смешанные пробы почвы (методом конверта на глубину 5 см). Подстилка просушивалась в естественных условиях, после чего просеивалась через сито для разделения органической и минеральной составляющей. Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am проводилось с использованием гамма-спектрометра Canberra GX-2020. Предел обнаружения для исследуемых радионуклидов составил – 1 Бк/кг и 10 Бк/кг (для проб растений и почвы соответственно), погрешность измерений не превышала 15-20 %.

В ходе проведенных исследований установлено, что содержание радионуклида ^{137}Cs в исследуемых компонентах (максимум в минеральной части подстилки – 150 ± 3 Бк/кг) выше, чем содержание ^{241}Am (максимум в верхнем почвенном слое – $5,0 \pm 1,0$ Бк/кг). При этом, диапазоны значений удельной активности составляют по одному порядку в органической составляющей подстилки для ^{241}Am (от 0,23 до 1,4 Бк/кг) и ^{137}Cs (от 1,1 до 41 Бк/кг), в верхнем почвенном слое – для ^{241}Am (от 0,4 до 5,0 Бк/кг) и достигают двух порядков в минеральной составляющей подстилки для ^{137}Cs (от 8 до 150 Бк/кг). Удельная активность исследуемых радионуклидов в среднем в подстилке выше, чем в почве: 64% в подстилке (15% в органической и 49% в минеральной составляющих) и 36% в верхнем почвенном слое. Ряд убывания по степени накопления для исследуемых радионуклидов имеет следующий вид: *минеральная составляющая подстилки > верхний почвенный слой > органическая часть подстилки*.

Известно, что способность лесных подстилок удерживать радионуклиды находится в прямой зависимости от их запаса (массы подстилки на единице площади). Мощность подстилки для исследуемой территории в среднем составляет $0,42 \text{ кг/м}^2$. Коэффициент корреляции между мощностью подстилки и активностью (% от общей активности в подстилке и верхнем почвенном слое) ^{241}Am и ^{137}Cs в ней составил: 0,66 и 0,49 соответственно. Таким образом, с возрастанием мощности подстилки происходит увеличение накопления радионуклидов, что подтверждает особую роль подстилки в процессах накопления и распределения радионуклидов в лесной экосистеме в целом.

В результате проведенных исследований установлено, что минимальная удельная активность исследуемых радионуклидов отмечена в органической составляющей. Максимальное содержание ^{137}Cs характерно для минеральной составляющей подстилки, максимальная удельная активность ^{241}Am отмечена в верхнем почвенном слое. В целом, удельная активность исследуемых радионуклидов в среднем в подстилке выше, чем в почве. Также установлено, что значительное влияние на накопление радионуклидов в лесной подстилке оказывает ее мощность. Таким образом, подводя итог, можно сказать, что основная часть загрязнений, как и предполагалось, сосредоточена в составе подстилки, что определяет ее как основной компонент, характеризующий загрязнение лесной экосистемы в целом.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОМУ ВЛИЯНИЮ КИР ВВР-К

Краснопёрова М.В., Харкин П.В., Орақова М.С., Ойнар Ә.М., Кошжанов А.Т., Севериненко М.А.

Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Общепринято считать, что влияние радиационно-опасных объектов определяется присутствием в воздухе таких техногенных радионуклидов, как ^{85}Kr , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{90}Sr , ^{133}Xe , ^{131}I и др. Однако, в современной литературе все чаще встречается термин «тритиевая проблема», которая связана с возрастающим количеством трития, поступающего в окружающую среду при штатном режиме радиационно-опасных объектов [1]. Физические, химические и биохимические свойства трития таковы, что он свободно интегрируется в любой живой организм, эффективно включаясь в состав биологической ткани. Тритий обладает высокой миграционной способностью в природных средах, способен замещать водород во всех соединениях с кислородом, серой, азотом, легко проникая в протоплазму любой клетки, вызывая тем самым мутагенные изменения за счет собственного β -распада. В итоге, весь образовавшийся тритий, участвуя в гидрологическом природном цикле, поступает в атмосферу [2].

Объектами данного исследования являлись атмосферный воздух и растительность, отобранные на территории Института ядерной физики, подверженной влиянию КИР ВВР-К. Пробы окружающей среды отобраны в точках вероятного обнаружения активности трития на территории Института ядерной физики.

В основу методики определения активности трития положена конденсация водяных паров, содержащихся в воздухе на охлаждаемой жидким азотом поверхности пластин радиатора до температуры ниже точки росы.

Выделение общего и органически связанного трития в пробах растительности проводилось с помощью установки Carbolite Gero. В углерод-тритиевых печах Carbolite используются технологии сжигания с помощью катализатора в потоке кислорода, чтобы обеспечить чистый и точный подход к извлечению органически связанного трития, а также «свободной воде». Катализатор используется для обеспечения полного сгорания всех продуктов термического разложения.

Получены спектрометрические образцы и выполнен анализ содержания трития методом жидкосцинтилляционной бета-спектрометрии.

Измерение активности бета-излучающего нуклида трития в полученных образцах выполняли на бета-спектрометре «TRI-CARB 3100 TR» в течение трёх часов в диапазоне энергий от 0 до 15 кэВ. С этой целью использовали стандартные пластмассовые виалки объемом 20 мл, при этом оптимальное соотношение исследуемой пробы воды и сцинтилляционного коктейля («Ultima Gold») составило 9÷11 мл. Чистоту полученных проб воды проверяли путем измерения индекса гашения tSIE (трансформированный спектральный индекс внешнего стандарта). Предел обнаружения трития составлял 6 Бк/дм³.

Проведена обработка полученных результатов. С помощью программы ArcGIS активности трития визуализированы на карте расположения точек отбора проб аэрозолей в атмосферном воздухе и растительности.

Анализ полученных результатов показал, что удельная активность трития в пробах окружающей среды намного ниже допустимых норм. Радиационные риски, связанные с выбросами реактора ВВР-К в рамках практической деятельности, можно оценить как пренебрежительно малые и не оказывающие влияния на окружающую среду.

Литература:

1. Лукашенко, С. Н. / Исследование уровня и характера распределения трития в объектах окружающей среды на территории СИП / С. Н. Лукашенко, О.Н. Ляхова, С. Б. Субботин, А. О. Айдарханов, А. М. // Ядерный потенциал Республики Казахстан: сборник докладов / Ассоциация «Ядерное общество Казахстана». Алматы, 2008. – С. 99-106.
2. Ляхова О.Н. Исследование уровня и характера распределения трития в воздушной среде на территории Семипалатинского испытательного полигона: Автореф. Дис. канд. биол. наук / О.Н. Ляхова. – Обнинск, 2013. – 22 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ ИЗ ОТХОДА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УРАН-ГАДОЛИНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Кылышканов М.К., Ярошенко Н.Н., Гусакова Г.В., Гофман А.А., Варывдин Ю.В., Дорн А.А.

АО «УМЗ», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

Одним из видов деятельности Уранового производства АО «УМЗ» является переработка трудновскрываемых уран-гадолинийсодержащих скрапов. При переработке материалов данного типа, после их растворения, проводят операцию осаждения фторида гадолиния с дальнейшей экстракционной очисткой полученных растворов уранилнитрата.

На стадии осаждения практически весь гадолиний, содержащийся в скрапах, переходит в осадок GdF_3 и в составе твердых отходов направляется на хвостохранилище. При существующих объемах переработки скрапов, содержащих до 7,0 % гадолиния, ежегодно на хвостохранилище может попадать ≈ 500 кг Gd.

Целью исследовательской работы являлось определение возможности получения оксида гадолиния из отхода технологии переработки уран-гадолинийсодержащих материалов Уранового производства АО «УМЗ».

В ходе проведения работ в указанном направлении был проведен анализ существующих способов получения оксида гадолиния, определены преимущества и недостатки описанных способов, обоснован выбор направленности поисковых работ.

В ходе проведения исследований были опробованы различные способы получения оксида гадолиния. Проведен ряд экспериментов по отработке режимов получения оксида гадолиния методом двухстадийного осаждения оксалата и выбору оптимальных параметров ведения процессов. Разработана технологическая схема, по которой получен готовый продукт, пригодный для дальнейшего применения в технологии получения уран-гадолиниевого топлива АО «УМЗ».

ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Турченко Д.В., Умаров М.А., Круглыхин А.А.

Филиал Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

При оценке влияния на окружающую среду того или иного ядерного события, произошедшего в мире, необходимо иметь представление о текущих уровнях содержания естественных и искусственных радионуклидов (ЕРН и ИРН) в объектах окружающей среды, так называемых фоновых уровнях. В результате природных климатических процессов глобальные радиоактивные выпадения, находящиеся на поверхности почвенного покрова, непрерывно подвергаются процессам эрозии и равномерно перераспределяются в окружающей среде. ЕРН находятся в любой из природных сред (почва, растения, вода, воздух). Радионуклиды ^{40}K , ^{234}Th , ^{226}Ra находятся в почве, растениях и воде. Радионуклид ^{210}Pb поступает из почвы в результате распада радона, 7Be является космогенным и перераспределяется из верхних слоев атмосферы. ИРН в окружающую среду поступили в результате выпадений глобальных радиоактивных осадков при проведении ядерных испытаний, возникновении радиационных аварий на объектах ЯТЦ, других радиационных событий и инцидентов в мире.

Для определения фоновых уровней ЕРН и ИРН в атмосферном воздухе были заложены исследовательские профили на 65-м, 70-м, 75-м, 80-м и 82-м меридианах восточной долготы (в. д) в пределах степной зоны на территории Республики Казахстан. На каждом профиле заложено по 5 исследовательских участков, на которых проводился отбор проб воздушных аэрозолей. Отбор каждой пробы воздушных аэрозолей проводился на протяжении 14-16 часов стационарным пробоотборником воздуха «Бриз», производительностью 1500 м³/ч. Средний объем прокачанного воздуха на 1 пробу воздуха составлял не менее $25\ 000$ м³. Каждая отобранная проба воздуха подготавливалась в лабораторных условиях методом озонения и анализировалась гамма-спектрометрическим методом на содержание искусственных (^{241}Am , ^{137}Cs) и естественных (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , 7Be , ^{210}Pb) радионуклидов. После проведения гамма-спектрометрического

анализа пробы воздушных аэрозолей анализировались радиохимическим методом на содержание радионуклидов ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$.

Согласно полученным экспериментальным данным, установлено, что независимо от области Казахстана объемная активность ЕРН в воздушной среде находится на уровне природного фона. Диапазон объемной активности естественных радионуклидов составил: для ^{40}K – от $6,5 \times 10^{-6}$ до $9,5 \times 10^{-5}$ Бк/м³, для ^{226}Ra – от $2,5 \times 10^{-6}$ до $5,0 \times 10^{-5}$ Бк/м³, для ^{232}Th – $< 6,5 \times 10^{-6}$ Бк/м³, для ^7Be – от $9,0 \times 10^{-4}$ до $4,5 \times 10^{-3}$ Бк/м³, для ^{210}Pb – от $1,0 \times 10^{-4}$ до $8,5 \times 10^{-4}$ Бк/м³.

Содержание искусственных радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs и ^{90}Sr в воздухе на территории Казахстана находится на уровне предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения. Содержание радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ варьирует от $< 1,0 \times 10^{-7}$ до $7,3 \times 10^{-7}$ Бк/м³, что 3 порядка ниже допустимой объемной активности для категории население (ДОНАС), установленной гигиеническими нормативами.

В результате проведенных исследований установлен диапазон фоновых уровней ЕРН и ИРН в воздушной среде степной зоны Павлодарской, Акмолинской и Костанайской области Республики Казахстан. Данные, полученные по фоновым концентрациям ЕРН в воздухе, входят в диапазоны международных мониторинговых наблюдений и в дальнейшем могут быть использованы в качестве базовых показателей для оценки изменения качества воздушной среды.

К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ В ПОЧВАХ ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Эдомская М.А., Лукашенко С.Н., Панов А.В., Томсон А.В., Шурик А.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Плутоний природного происхождения присутствует в окружающей среде в следовых концентрациях и в окружающей среде имеет практически только техногенное происхождение, связанное с испытанием ядерного оружия, ядерными и радиационными авариями, выбросами и сбросами предприятий ядерно-топливных циклов. Глобальные выпадения $^{239+240}\text{Pu}$ для территории СНГ составляют 88 Бк/м², что при 95% содержании изотопов плутония в 15 см слое почвы и с учетом средней плотности почвы, равной 1,6 г/см³, составляет $\sim 0,3$ Бк/кг [1].

Определение изотопов Pu в образцах почв, грунтов и донных отложений является актуальной задачей для целей радиоэкологического мониторинга. В рамках настоящей работы проведена оценка уровня концентраций изотопов плутония в почвах для территорий потенциального влияния радиационно-опасных объектов, таких как: Белоярская АЭС, Билибинская АЭС, хранилище радиоактивных отходов (РАО) г. Обнинск, Полесский радиационно-экологический заповедник.

Концентрации изотопов плутония определяли методом альфа-спектрометрии с предварительным радиохимическим выделением [2]. Данная процедура предполагает радиохимическую подготовку пробы, включающую в себя: полное разложение проб с получением 7,5 моль/л азотно-кислого раствора изотопов плутония; стабилизация плутония в состоянии Pu⁴⁺; экстракционно-хроматографическое выделение изотопов плутония с использованием анионита АВ-17; проведение элюирования; получение спектрометрического источника плутония путем фильтрования осадка, полученного из соответствующего элюента с последующим соосаждением его со фторидом лантана с получением спектрометрических источников изотопов плутония.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание $^{239+240}\text{Pu}$ (Бк/кг) в образцах почв территорий потенциального влияния радиационно-опасных объектов

№ п/п	Объект	Глубина отбора	Диапазон концентраций
1	Белоярская АЭС	0-5 см	<0,2-30,0
2	Билибинская АЭС	0-10 см	0,5-30,0
3	Хранилище РАО г. Обнинск	0-5 см	5,0-9,0
4	Полесский радиационно-экологический заповедник	0-15 см	2,0-90,0

Концентрации $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах территорий влияния Белоярской и Билибинской АЭС находятся в пределах от фоновых значений до превышения их на 2 порядка. Нормативов предельно допустимых концентраций для данного радионуклида нет, однако его максимальные концентрации находятся на уровне среднего содержания в почвах ^{238}U и ^{232}Th (~25 Бк/кг), близких по радиотоксичности.

Содержание плутония в почвах территории, прилегающей к бывшему хранилищу РАО г. Обнинск на порядок превышает уровень глобальных выпадений. Это может быть обусловлено утечкой радионуклидов из емкости №4 хранилища за счет потери ее герметичности в 1998-1999 гг.

Уровень концентраций изотопов плутония в почве для территории Полесского радиационно-экологического заповедника составил 2,0-90,0 Бк/кг, что соответствует значениям зоны отселения согласно Закону Российской Федерации № 1244-1 и Закону Республики Беларусь № 385-3. При этом на северных и северо-западных границах заповедника в районе населенных пунктов Бабчин и Ломыш концентрация $^{239+240}\text{Pu}$ находится на уровне $n \cdot 10^1$ Бк/кг. На основании этого можно ожидать значимых значений данного изотопа и за пределами заповедника.

Литература:

1. Эдомская М.А., Ступакова Г.А., Харкин П.В., Лукашенко С.Н., Глуценко В.Н. «Исследование уровня глобальных выпадений плутония на территории СНГ» //Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 16-18 сентября 2020 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020, 380 с.
2. Лукашенко С.Н., Эдомская М.А. Совершенствование схем процедуры анализа грунтов, почв и донных отложений на содержание изотопов плутония// Будущее атомной энергетики - AtomFuture 2019. Тезисы докладов XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 24-25.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОМИГРАЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Мамытбеков Г.К.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Развитие атомной энергетики приводит к накоплению значительных количеств радиоактивных отходов (РАО), для локализации которых необходима разработка эффективных и экологически безопасных методов. Общеизвестно, что единственным способом обращения с такими отходами является размещение их в геологических формациях, учитывая, что потенциальная опасность актинидов сохраняется сотни тысяч лет. При этом необходимо создание многобарьерной системы защиты, которая должна предотвратить попадание радионуклидов в среду обитания человека.

При создании новых хранилищ РАО и, обосновании, продления срока эксплуатации действующих хранилищ необходимо исследовать возможность использования различных материалов для сооружения инженерных противомиграционных (техногенно-геохимических) барьеров. Поэтому изучение взаимодействия радионуклидов с материалом барьера в условиях хранилища РАО является актуальной задачей, требующей комплексного подхода, учитывающего роль различных факторов, содержащих естественные гамма-излучающие радионуклиды, стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs).

Многочисленными исследованиями установлено, что применение сорбентов на основе синтетических гидрогелей в качестве геохимических барьеров является эффективной защитой от попадания радионуклидов в подземные воды.

В работе исследованы гидрогелевые материалы и композиции на их основе для создания геохимического противомиграционного барьера и показана потенциальная возможность их практического использования для решения вопросов, связанных с предотвращением распространения ЖРО в почвах и подземных водах. Подобный геохимический барьер будет служить надежным экраном для загрязнителей на протяжении длительного периода эксплуатации, таким образом уменьшаются затраты на очистку прилегающих к промышленным предприятиям территорий.

Выбор компонентов для создания геохимических барьеров был обусловлен несколькими причинами. Во-первых, все гидрогелевые материалы в качестве основной матрицы-носителя активных центров фиксации радионуклидов содержат карбоксильные, карбонильные и амидные группы, которые могут вступать в электростатические (Sr^{90} , Cs^{137}) и ионно-координационные (U , Np , PZM) связи с ионами металлов или их

кислородными комплексными формами как в кислой, так и щелочной средах. Композиции отличаются друг от друга структурно-пространственным строением (гомогенные гидрогели – ПАК, ПАНа, сополимер АК-АА, гетерогенные – композиции с активированным углем, глинистыми материалами и природными сорбентами растительного происхождения (производными гуминовых кислот), что дает возможность создания многослойных геохимических мембран, каждая из которых может сорбировать в своем объеме определенный вид радионуклида – гомогенные преимущественно ионы щелочных и щелочно-земельных металлов, тогда как гетерогенные – комплексные ионы тяжелых радионуклидов и РЗМ.

Дизайн противомиграционных мембран можно представить в виде многослойных гидрогелевых мембран (для начала 2-х слойные), которые синтезируются на подложке из полимерных сеток (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид) для удобства их эксплуатации в различных параметрических условиях (емкость, скважина). При этом они хорошо могут быть размещены в контейнерах различной формы (прямоугольные кассеты для использования в емкостях для хранения ЖРО, цилиндрические для создания «ловушек» радионуклидов в скважинах), которые могут быть извлечены из радиационной среды специальными спускоподъемными приспособлениями в автоматизированном программном режиме (АПР) по мере достижения насыщения по ПДК ЖРО в емкостях для хранения и подземных грунтовых водах.

Предлагается два варианта внесения того или иного сорбента в водоносные уровни. Наиболее надежным, хотя и достаточно дорогим, представляется внесение сорбента в выкопанную до водоносных горизонтов узкую траншею.

Другой вариант, это размещение кассет с гидрогелевыми мембранами в скважины, вновь пробуренные вокруг хранилища ЖРО или по линии тока миграции радионуклидов в грунтовых водах. Но с учетом того, что скорость миграции радионуклидов в пластовых условиях предельно низка, то можно использовать существующие разведочные скважины для предотвращения их распространения в грунтах.

Анализируя достоинства предлагаемой технологии: дешевизна, доступность компонентов, минимальный экологический риск повторного загрязнения объектов, можно предположить, что предлагаемая схема фиксации и утилизации ЖРО займет ведущее место на рынке среди предлагаемых систем очистки и охраны объектов окружающей среды.

ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ВЫСОКОАКТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОБАЛЬТ-60

*Ашрапов У.Т.¹, Садиков И.И.¹, Ташметов М.Ю.¹, Мирзаев Б.Б.¹,
Нестеров В.П.², Арутюнов И.А.³, Дорошенко А.А.³*

¹ Институт ядерной физики Академии наук, Ташкент, Узбекистан

² АО «НИИТФА», Москва, Россия

³ ЗАО «Монтажная фирма «Радий», Москва, Россия

Аварийная ситуация — инцидент потери управления источником ионизирующего излучения, который мог привести, но не привел к незапланированному облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

В 2012 году консорциумом в составе АО «В/О «Изотоп» (г. Москва, Россия) и ИЯФ АН РУз была устранена аварийная ситуация с держателем источника ГИК 8-4 Со-60 с заводским номером №251 гамма-терапевтической установки внутриволостного облучения онкологического диспансера Наманганской области Узбекистана. В результате термического разогревания от воздействия гамма-излучения источника ГИК 8-4 Со-60 активностью 5220 Кюри на корпусе держателя источника из обеднённого урана образовалась трещина (рис.1, а), главной причиной которого стало длительное нахождение держателя с источником в защитном контейнере (3 месяца). Для устранения аварийной ситуации в здании №1 Республиканской центральной изотопной лаборатории ИЯФ АН РУз в защитной камере с дистанционными манипуляторами при помощи специальной оснастки были проведены работы по разрядке аварийного держателя с источником ГИК 8-4 Со-60 из контейнера УКТ1В-270-6 в перезарядный контейнер УКТ1В-5М, перезарядке источника из аварийного держателя на новый держатель и зарядка нового держателя с источником в контейнер УКТ1В-270-6. После ликвидации аварийная ситуация контейнер УКТ1В-270-6 с держателем с источником ГИК 8-4 Со-60 был транспортирован в онкологический диспансер для эксплуатации в гамма-терапевтической установке внутриволостного облучения РОКУС-Р1.

В 2016 году консорциумом в составе АО «НИИТФА», ЗАО МФ «Радий» и ИЯФ АН РУз были проведены работы по разрядке из гамма-установок «РХМ-γ-20» и «Исследователь» АО «Фотон» (г. Ташкент, Узбекистан) отработавших срок службы источников ГИК 7-2 Со-60, их транспортировки на спец. автомашинах из АО «Фотон» в Государственное предприятие «Республиканское предприятие захоронение радиоактивных отходов» (ГП «РПЗРО») и их захоронению в хранилище отработавших радиоактивных источников. Специалистами консорциумом была ликвидирована аварийная ситуация: в рабочей камере гамма-установки «Исследователь» два источника ГИК 7-2 Со-60 находились в затвердевшей эпоксидной смоле, что не позволяло использовать штатную оснастку для их разрядки из гамма-установки. Для устранения аварийной ситуации участники консорциума были разработаны и изготовлены нестандартные специальные дистанционные инструменты (рис.1, б), с помощью которых аварийные источники ГИК 7-2 Со-60 были освобождены из эпоксидной смолы и оба источника были успешно изъяты из гамма-установки в радиационно-безопасном режиме в транспортный упаковочный комплект УКТ-1В-26-12 с перезарядным контейнером КТБ-250-12 (рис.1, в, г). Всего были разряжены и захоронены в хранилище отработанных радиоактивных источников ГП «РПЗРО» 96 высокоактивных источников ГИК-7-2 Со-60 с общей активностью 555,4 Кюри. В новостях МАГАТЭ было сообщено об успешном выполнении проекта.

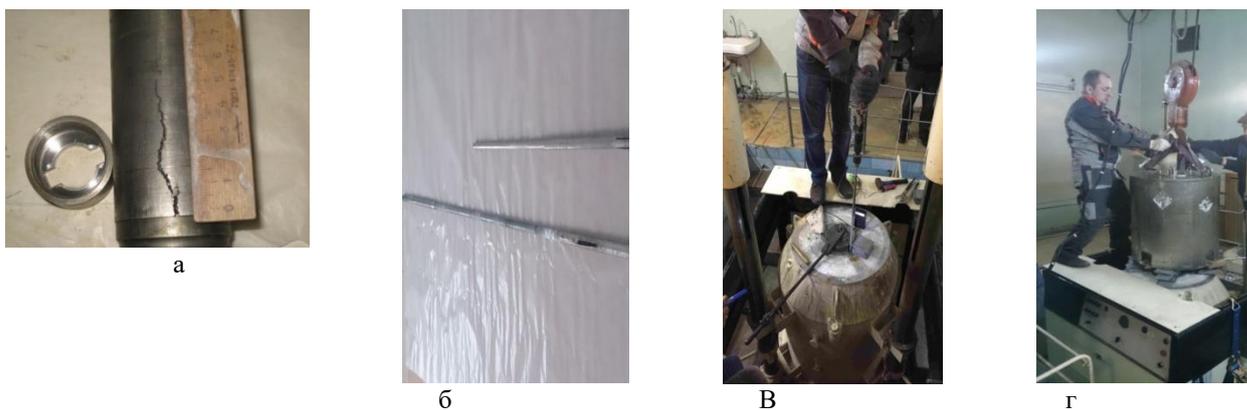


Рисунок 1 - Трещина на поверхности аварийного держатель источника Со-60 (а), приспособления для изъятия арийных источников Со-60 (б) и разрядка арийных источников Со-60 из гамма-установки «Исследователь» АО «Фотон» (в, г)

НОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В КУПЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТФОНОВ КАК ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ. В ПОЛЕ, В ЛАБОРАТОРИИ, ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Бредихин И.С.

ООО «Гамматек», Россия, Москва, e-mail: ivan@gammatech.pro

В мире существует тысячи различных материалов для детектирования ионизирующих излучений. Сотни из них применяются в науке. В рамках доклада будут показаны практические результаты измерений на новых типах низкофоновых детекторов SrI2(Eu) и CZT, демонстрирующие разрешение в <3% и <1% ПШПВ соответственно. Новые материалы оказываются оптимальным решением как для низкофоновых лабораторных измерений, так и для проведения полевых измерений.

Тип	ПШПВ@ 662кэВ	Эфф.	Цена	Особенность
ОЧГ (HPGE)	0,2%	10-200%	\$\$\$\$\$\$	Требует LN2 температур
CZT	0,6%	1-10%	\$\$\$\$	Лучшее разрешение из LN2-free!
LaBr(Ce)	2,6-3,5%	10-100%	\$\$\$\$	Собственная радиоактивность 5,23 гр/см3, 0,02мкс, 130%
SrI ₂ (Eu)	2,8-3,5%	1-200%	\$\$	4,6 гр/см3, 1 мкс, 140%
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

Другим аспектом использования новых и традиционных материалов является подход к проведению измерений. Разработанное нами поколение цифровой электроники позволяет не только существенно снизить стоимость экспериментальной установки, но и получать данные/проводить измерения (включая выполнение всех калибровок и вычисления активности) прямо с экрана смартфона.

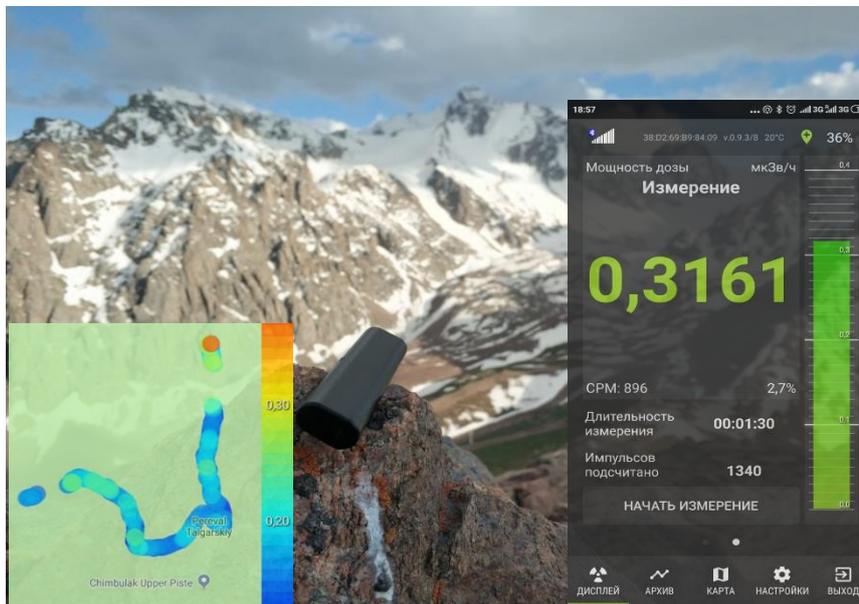


Рисунок 2 - Пример работы прибора на конференции в Алма-Ате летом 2019 года

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ УРАНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Красноперова М.В.¹, Харкин П.В.¹, Кошжанов А.Т.¹, Токсанбаев Б.Ж.², Блынский П.А.², Торбеков А.К.²

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан
²Институт высоких технологий, Алматы, Казахстан

Внедрение новых технологий переработки природного урана позволяет получать готовую экспортную продукцию непосредственно на рудниках подземного выщелачивания. Существующие особенности изотопного состава продуктов уранового производства на разных этапах производственного цикла, могут быть обусловлены как минералогическими особенностями разных мест добычи урана, так и различиями в технологии получения готовой продукции.

Исследование состава продуктов уранового производства позволяет отслеживать их возможные вариации, обусловленные геологическими и технологическими изменениями в работе уранодобывающих предприятий. В рамках совместной научно-исследовательской работы между Институтом высоких технологий и Институтом ядерной физики проводились исследования проб промежуточной и готовой технологической продукции уранодобывающих предприятий (химического концентрата природного урана, кернового материала, грунта).

В работе показана принципиальная возможность определения радионуклидного и изотопного состава урана в урансодержащих продуктах с использованием аналитических методов определения, таких как гамма- и альфа-спектрометрия. Проведен сравнительный анализ активности ^{238}U и общего содержания урана в порошках и растворах урановых продуктов гамма-спектрометрическим и альфа-спектрометрическим методами.

Радионуклидный и радиоизотопный анализ продуктов уранодобывающих и ураноперерабатывающих предприятий включал три стадии: 1) неразрушающий гамма-спектрометрический анализ [1]; 2) химическое выделение изотопов из проб и приготовление счетных образцов для измерений; 3) альфа-гамма-спектрометрическое измерение изучаемых изотопов [2].

Полученные результаты показывают, что все исследуемые пробы содержат уран природного изотопного состава с диапазоном $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (0,84-1,03) и не были подвергнуты изотопному обогащению или обеднению изотопом ^{235}U , а также не были загрязнены ураном с изотопным составом, отличным от природного.

Информацию о $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ возможно использовать для геохимической и геотехнологической характеристики обрабатываемого месторождения. Значение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ является важным параметром и его можно использовать в качестве индивидуального изотопного маркера в составе общего портрета исследуемого урансодержащего объекта.

Литература:

1. Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения SpectraLine / Пер. № KZ.07.00.03126-2015
2. МИ Методика измерений 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 подготовкой. Свидетельство об аттестации 40073.3Г181/01.00294-2010.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ВЫБРОСОВ РОССИЙСКИХ АЭС**

Екидин А.А.¹, Васянович М.Е.¹, Васильев А.В.¹, Капустин И.А.²

¹ Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург
² ФГОУ ВО МИРАЭ Российский технологический университет, г. Москва

В период 2017–2018 гг. впервые проведено радиационно-техническое обследование всех источников выбросов радиоактивных веществ российских АЭС. Цель обследования – идентификация основных дозообразующих радионуклидов в выбросах АЭС в режиме работы реакторной установки на номинальной мощности. Новые материалы и методы позволили снизить нижний предел измерения объемной активности радиоактивных аэрозолей в выбросах на 3 порядка, инертных газов на 2 порядка, ^3H и ^{14}C на порядок в сравнении с применяемыми штатными методами АЭС. Максимальное количество радионуклидов, до 26 изотопов, зафиксировано в выбросах АЭС с реакторными установками РБМК. Значения, рассчитанных по данным обследования, годовых эффективных доз облучения населения в районах расположения российских АЭС, не превышают 10^{-5} Зв/год. Для АЭС ВВЭР вклад в годовую дозу от выбросов в атмосферу в основном составляют тритий, ^{14}C и инертные радиоактивные газы. Для АЭС РБМК основной дозообразующий радионуклид является ^{14}C , который формирует от 31% (Курская АЭС) до 98% (Билибинская АЭС) годовой эффективной дозы населения. Для большинства российских АЭС, за исключением Курской АЭС (РБМК-1000), выбросы ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs и других аэрозолей, составляющих основу в программах мониторинга выбросов АЭС, не вносят существенного вклада в годовую дозу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ ИНДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ, МЕТОДОМ РАДИОХИМИЧЕСКОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Садиков И.И., Ярматов Б.Х., Усманов Т.М., Садикова З.О.

Лаборатория ядерной аналитики Института Ядерной Физики, Академия Наук Республики
Узбекистан, Улугбек, Ташкент, 100214

Индий высокой чистоты широко используется для получения полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^V$, таких, как InAs, InP, InSe, InSb, InGaP, InGaAs и др. Электрофизические и оптические свойства полупроводниковых материалов зависят от их примесного состава. Поэтому необходимо проводить высокочувствительный и многоэлементный анализ чистоты полупроводниковых материалов и их компонентов. Одним из таких методов является нейтронно-активационный анализ.

При облучении индия тепловыми нейтронами с сечением активации 56 барн по ядерной реакции $^{113}\text{In}(n,\gamma)^{114m1}\text{In}$ с высокой активностью образуется радионуклид $^{114m1}\text{In}$ с периодом полураспада 50,1 д. В связи с этим проведение инструментального варианта анализа невозможно, и необходимо радиохимическое разделение радионуклидов матричных и примесных элементов.

Целью данной работы является проведение исследований по радиохимическому разделению макро и микрокомпонентов и разработке высокочувствительной и многоэлементной методики радиохимического нейтронно-активационного анализа индия высокой чистоты.

Для определения примесных элементов в образцах индия с массой 0,2-0,3 г. после 20 ч облучения, необходимо отделить радионуклиды микрокомпонентов с фактором очистки $F = 10^8$. Для эффективного разделения радионуклидов использовали экстракционную хроматографию.

По имеющимся данным использование системы ТБФ-НВг для отделения примесных элементов от матричных, при НАА индия, расширит круг отделяемых и соответственно, определяемых примесных элементов.

Установлено, что D_{In} во всем диапазоне концентраций НВг превышает 1000, и лишь Cd, Ag, Zn, Sn, Au и Hg заметно экстрагируются, однако из 6 М НВг коэффициент распределения серебра уменьшается до 2-3, и серебро может быть отделено. Вместе с тем, Fe, Se, Mo, Ga, Te, Cu, Sb, W, Sc, Cr, Mn, Co, Ni, Zr, Hf, а также все щелочные, щелочно-земельные и редкоземельные элементы практически не экстрагируются ТБФ из 0,1-1М НВг. Емкость ТБФ по индию из 0,1-7 М НВг составляет 1,1 ммоль/мл, что немаловажно при экстракции макрокомпонента.

Для изучения механизма экстракции определяли состав экстрагируемого комплекса. Установлено, что в независимости от концентрации кислоты, индий экстрагируется в виде HInBr_4 , чем и объясняется одинаковая емкость ТБФ при разных концентрациях НВг. Несмотря на увеличение D_{In} с повышением кислотности, дальнейшее увеличение концентрации НВг нецелесообразно в связи с тем, что вместе с D_{In} увеличиваются коэффициенты распределения и ряда других элементов. Для доказательства этого вывода и выбора оптимальных условий разделения, исследовали профили распределения индия по колонке, при различных концентрациях кислот.

Наиболее оптимальной является система ТБФ 1М НВг. При этом D_{In} составляет 4000 и In сорбируется в первых 3 см колонки, что полностью отвечает требованию по фактору очистки примесей от матричного индия, $F = 10^8$. Кривые элюирования примесных элементов показали, что основное количество отделяемых элементов вымываются при 40 мл 1М НВг, дополнительное элюирование колонки после этого 25 мл 6 М НВг позволило отделить также и серебро.

Облучение образца индия 0,2 г проводили в вертикальном канале ядерного реактора ВВР-СМ (ИЯФ АН РУз) с плотностью потока нейтронов $5\text{-}7 \times 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ в течение 20 часов. Через день после облучения, образец растворяли в 10 мл концентрированной азотной кислоты. Раствор упаривали до мокрых солей и несколько раз обрабатывали 1-2 мл концентрированной бромистоводородной кислоты. Остаток растворяли в 5 мл 1М НВг, переносили в хроматографическую колонку с ТБФ, и элюировали 35 мл 1М НВг со скоростью 0,5-0,7 мл/мин, затем 40 мл 6М НВг с такой же скоростью. Выделенные фракции отдельно упаривали до 5 мл, переливали во флаконы для измерения, и измеряли их радиоактивность на гамма спектрометре. Со второй фракции определяли серебро, а с первой фракции все остальные элементы.

На основании полученных результатов разработана методика радиохимического нейтронно-активационного анализа индия высокой чистоты и его соединений, позволяющая определять 28 примесных элементов с пределами обнаружения $n \cdot 10^{-5}$ - $n \cdot 10^{-9}$ % масс.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ОТРАБОТАННОЙ АНИОНООБМЕННОЙ СМОЛЕ SIM202 МЕТОДОМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Садиков И.И., Ярматов Б.Х., Усманов Т.М.

Лаборатория ядерной аналитики
Институт Ядерной Физики, Академия Наук Республики Узбекистан,
Улугбек, Ташкент, 100214

Работа посвящена разработке методик определения элементного и изотопного состава производственных отходов и с использованием масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой и проведению анализов конкретных образцов для определения редких металлов производственных отходов с применением разработанных методики.

В Алмалыкском горно-металлургическом комбинате одним из основных видов продукции является молибден, который получают из руды гидрометаллургическим способом. Обогащенная руда после растворения пропускают через колонки с анионообменной смолой SIM202, где вместе с молибденом удерживаются также и другие цветные и редкие металлы. Смола SIM202 производится компанией Pyrolite и представляет собой триалкиламин Аламин 336, импрегнированный на инертный носитель (поливинил бензол). Колонки после насыщения промывают элюентом для избирательного вымывания молибдена, после чего их повторно используют для концентрирования молибдена. При этом другие сопутствующие металлы остаются сорбированными в колонке и после многократного использования смола предельно насыщается и ее дальнейшее использование становится невозможным. Отработанная смола, содержащая ряд редких металлов в концентрированном виде, основным из которых является дорогостоящий рений, складывается для хранения. Задача заключается в определении содержания рения и других редких металлов в отработанной смоле SIM202. Исследования были направлены на разработку методики выделения сорбированных металлов для их последующего анализа и регенерации смолы SIM202 для ее повторного использования.

Методы исследования и аппаратура: в ходе выполнения экспериментов использованы методы масс-спектрометрического анализа, радиоактивных индикаторов, хроматографический и экстракционно-хроматографический методы исследований, гамма-спектрометрия. Используемая аппаратура состоит из масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой ICP MS Agilent 7700, гамма-спектрометра Canberra и оборудования для проведения радиохимических исследований. В ходе выполнения работы для получения радиоактивных индикаторов использован ядерный реактор ВВР-СМ ИЯФ АН РУз.

Исследование по разработке избирательного выделения элементов из отработанного катализатора SIM202. Из-за отсутствия неиспользованного экстрагента SIM202, мы для исследований использовали ТОА. Предварительные исследования показали, что большинство элементов при взаимодействии с ТОА в различных системах имеют такие же коэффициенты распределения как и в случае с SIM202. В связи с этим в экспериментах вместо SIM202 мы использовали ТОА, импрегнированный на тефлоновый порошок. Следует отметить, что емкость ТОА на 15-20% ниже чем в SIM202, однако в тех объемах, которые мы использовали в лабораторных экспериментах, этой емкости вполне достаточно.

Сорбция рения твердым экстрагентом ТОА из азотнокислых растворов намного слабее чем из сернокислых. Так при концентрации HNO_3 от 1 М до 11 М коэффициент распределения рения (D_{Re}) уменьшается от 9 до 0,03. Из 4 М раствора $\text{HNO}_3 D_{\text{Re}}$ составляет 0,6, что позволило нам использовать данный раствор для десорбции рения из ТОА. При этом степень извлечения рения при его десорбции 100 мл 4 М HNO_3 из колонки со слоем сорбента 10 см составила более 95 %.

Образцы смолы промывали раствором 4 М HNO_3 . При этом все элементы, кроме золота, переходят в элюат. Для выделения золота сорбент промывали 70% раствором HNO_3 . После этого объем элюата довели до определенного объема добавлением 0,3 М HNO_3 . Приготовленные растворы анализировали на масс-спектрометре Agilent 7700. Для контроля правильности разработанной методики параллельно проводили анализ образцов смолы методом нейтронно-активационного анализа.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УЧЕНИЯХ МАГАТЭ ПО ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ

Нитрян А.И.¹, Жижин К.Д.², Стебельков В.А.²

¹ Техничко-криминалистический центр судебных экспертиз, г. Кишинёв, Республика Молдова

² НП «Лаборатория анализа микрочастиц», г. Москва, Россия

Введение

Рост количества инцидентов с ЯРМ [1], резонансность некоторых преступлений и инцидентов с возможными подозрениями на преступное применение ЯРМ и, часто, неоднозначность результатов расследования [2] обуславливают увеличивающееся внимание к перспективам расследования таких преступлений и инцидентов. При этом всё отчётливее становится необходимость совместного исследования задержанных радиоактивных образцов, как специалистами по ЯРМ, так и экспертами-криминалистами, изучающими эти образцы методами традиционной криминалистики. Эта тенденция нашла своё отражение и в учениях, организуемых Международной технической рабочей группой по ядерной криминалистике, так и в недавно проведённых региональных учениях МАГАТЭ по ядерной криминалистике для стран СНГ и Восточной Европы. Кроме того, становится очевидной слаженность в действиях этих специалистов, а также и следователей на месте преступления. Отработка такого взаимодействия и составила главную цель учений 2021 года.

Специфика учений

Учения, организуемые Международной технической рабочей группой по ядерной криминалистике, и региональные учения МАГАТЭ имеют совершенно разную реализацию. Первые включают ознакомление со сценарием инцидента и последующий анализ образцов, рассылаемых организаторами, в лабораториях разных стран в течение двух месяцев. Региональные учения проводятся в течение недели и включают в себя имитацию инцидента с диспергированием ЯРМ, отличающуюся от реального тем, что вместо реальных радиологических диспергируемых устройств (РДУ) используются их макеты, в которых ЯРМ заменены их нерадиоактивными имитаторами. И участники учений выступают и в качестве членов следственно-оперативных групп, отбирающих пробы и образцы на местах инцидентов, и в составе экспертных групп, принимая участие в анализе некоторых отобранных проб и образцов и отвечая на вопросы «следствия». Ограниченное время учений обуславливает необходимость некоторых упрощений процедуры анализа проб, однако применяемые методы исследований должны полностью обеспечивать логику расследования инцидента.

Методы исследования и результаты исследований

В проведённых учениях были распылены на определённых площадях порошок свинца и порошок вольфрама с искажённым изотопным составом, имитировавшие порошки ЯРМ, и раствор нерадиоактивного цезия, имитировавшего раствор цезия-137. Следовыми количествами этих же материалов были загрязнены некоторые предметы в помещении, игравшем роль мастерской, в которой изготавливались РДУ. В лабораторных исследованиях реализованы следующие аналитические методы: масс-спектрометрия с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (ИСП-МС), растровая электронная микроскопия (РЭМ) в комбинации с рентгеновским микроанализом (РМА) и масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Эти методы использовались при анализе образцов и проб, отобранных на месте диспергирования имитаторов ЯРМ и в мастерской. Помимо физико-химического анализа в учениях выполнены традиционные криминалистические исследования следов пальцев рук, оставленных на одном из объектов на месте диспергирования, а также в мастерской.

Многообразие объектов и методов исследования обусловили необходимость взаимодействия разных специалистов и определения последовательности исследования – изучение одних улик на поверхности объекта может повредить или уничтожить другие улики. Учения показали:

- Анализ проб методом ИСП-МС позволил выявить распыление на определённой территории цезия;
- Исследования морфологии, элементного и изотопного состава частиц порошков методами РЭМ-РМА и МСВИ, показали идентичность порошков, отобранных на месте их диспергирования и в мастерской;
- Исследования следов пальцев рук, оставленных на дроне, с которого осуществлялось распыление цезия, и на предметах в мастерской, показали, что они оставлены одним и тем же человеком.

Заключение

В работе показано, что анализ объектов, отобранных в ходе учений, методами ИСП-МС, РЭМ-РМА и МСВИ, а также исследование оставленных на объектах следов пальцев рук позволяет достичь цели учения – отработки совместных действий участников расследования.

Литература:

1. IAEA incident and trafficking database (ITDB) Incidents of nuclear and other radioactive material out of regulatory control 2020, Режим доступа: <https://nusec.iaea.org/portal/User-Groups/Nuclear-Forensics>, по паролю
2. В.В. Уйба, Ю.Е. Квачева, В.А. Стебельков и др. Полониевая версия смерти Ясира Арафата: Результаты российских исследований // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – Т.60. – №3. – сс. 41-49.

**ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТОМНЫХ
СТАНЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Санжарова Н.И., Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Томсон А.В., Андреева Н.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г.Обнинск, Россия

Получение достоверной информации о влиянии атомных электростанций на окружающую среду является одним из ключевых элементов в системе доказательства безопасности ядерной энергетики. В Международных стандартах по ядерной и радиационной безопасности (МАГАТЭ), в частности, в «Basic Safety Standards» (IAEA, 2014), определено требование о необходимости практической демонстрации положения о том, что при воздействии объектов ядерной энергетики не наблюдается негативного влияния на окружающую среду.

Атомные электростанции являются ключевым объектом в ядерном энергетическом цикле. В настоящее время в России на 11 действующих АЭС эксплуатируется 38 энергоблоков общей мощностью около 30 ГВт. Доля атомной энергетики в общей выработке объединённых энергетических систем (ОЭС) составила 19,7%. Обеспечение экологической безопасности атомных электростанций закладывается на этапе обоснования выбора площадки под строительство и подготовки проектной документации (СП 47.13330.2016 «Свод правил инженерные изыскания для строительства. Основные положения»). Программа экологического мониторинга в составе инженерно-экологических изысканий разрабатывается для периода строительства и периода эксплуатации. Содержание и структура программы экологического мониторинга определены (СП 151.13330.2012 «Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС»).

Разработка концепции радиационно-экологического мониторинга в зонах воздействия АЭС включает: правовые основы мониторинга; цели и задачи; границы и уровни мониторинга; содержание мониторинга; регламент проведения; виды наблюдений; объекты наблюдений; контролируемые параметры; методическое обеспечение. Методологической основой мониторинга является единство следующих структурных элементов системы: наблюдение за состоянием окружающей среды; оценка состояния; прогноз будущего состояния и оценка прогнозируемого состояния окружающей среды.

Радиоэкологический мониторинг в регионе АЭС включает комплекс системных многолетних наблюдений за измерениями в окружающей среде, позволяющий выявить возможное влияние АЭС при нормальной эксплуатации и оценить текущий уровень ее экологической безопасности. При этом обеспечивается не только оценка краткосрочных изменений содержания радионуклидов в экосистемах, но и выявление долгосрочных тенденций в общей экологической ситуации в регионе размещения АЭС. Полученные данные позволяют более обоснованно решаются вопросы определения границ санитарно-защитных, рекреационных зон, а также организации землепользования в зоне воздействия АЭС. Результаты мониторинга могут быть использованы для построения математических моделей и прогноза возможных последствий аварийных ситуаций.

Разработка и реализация систем радиоэкологического мониторинга в регионах размещения радиационно-опасных объектов является одним из важных направлений деятельности Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии. Институт впервые провел работы по организации сети радиоэкологического мониторинга в 1982-1985 гг. в 30-км зоне Ленинградской АЭС. Были определены требования к выбору контрольных участков, разработаны регламенты мониторинга при штатном режиме работы станции и при возможных аварийных ситуациях. В рамках договорных обязательств с различными организациями ГК «Росатом» ВНИИРАЭ участвует в мониторинге территорий, прилегающих к АЭС: Курской АЭС (1998-2021); Ростовской (Волгодонской) АЭС (2000-2016); Балаковской АЭС (2001-2004); Билибинской (2020), Ново-Воронежской АЭС (2021). Самостоятельным видом работ является проведение комплексного радиоэкологического обследования для разработки тома ОВОС на площадках, выбираемых для

размещения новых АЭС (или новых энергоблоков): Курской АЭС-2, Центральной АЭС, Ленинградской АЭС-2, Смоленской АЭС-2, Белоярской АЭС (БН-1200), Балтийской АЭС; АЭС «Руппур» (Бангладеш).

Отличительной особенностью современного этапа организации систем мониторинга является его комплексность. Решается широкий спектр задач: регистрация текущего уровня радиоактивного и химического загрязнения; выявление основных путей загрязнения; установление перечня приоритетных загрязнителей и определение количественных параметров их миграции; обобщение информации в рамках математических моделей; прогноз состояния окружающей среды; разработка рекомендаций по предупреждению и устранению возможных негативных тенденций, обусловленных функционированием АЭС.

На современном этапе при проведении работ широко используются ГИС-технологии для визуализации данных мониторинга, а также базы данных для аккумуляции и систематизации информации. При прогнозировании ситуации и обосновании радиационной безопасности объектов ЯТЦ проводится оценка дозовых нагрузок на человека и референтные виды биоты с использованием рекомендованных МАГАТЭ современных программных средств: ERICA, БД FREDERICA, CROM, RESRAD-BIOTA.

ОЦЕНКА ВКЛАДА ИЗОТОПОВ УРАНА В ВЕЛИЧИНУ СУММАРНОЙ АЛЬФА- АКТИВНОСТИ ПРОБ ВОДЫ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Краснонёрова М.В., Мирхаджи Д.В., Тимурова Д.Б., Ыдырышева С.К.

РГП Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Недра Казахстана богаты ураном, при его добыче и технологической переработке зачастую происходит загрязнение природных вод естественными радионуклидами.

Согласно требованиям гигиенических нормативов Республики Казахстан, обеспечение радиационной безопасности при потреблении воды является обязательным. Предварительная оценка допустимости использования воды дается по удельной суммарной альфа- (A_a) и бета-активности (A_b): при значениях A_a и A_b ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг, соответственно, дальнейшие исследования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде. Если при совместном присутствии в воде нескольких природных и техногенных радионуклидов выполняется условие: $\sum_i \frac{A_i}{УВ_i}$

≤ 1 , где A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде, Бк/кг; $УВ_i$ – соответствующие уровни вмешательства [1].

Для определения радионуклидного состава проб воды в Институте ядерной физики (ИЯФ МЭ РК) создан и функционирует комплекс методов, включающий поверенное аналитическое оборудование и аттестованные методики выполнения измерений, внесенные в реестр средств измерений, а также все необходимое вспомогательное оборудование и обученный квалифицированный персонал [2]. На этой базе выполнены исследования радиационного состава проб питьевой воды и воды из открытых источников, отобранных на территории г. Алматы и пригорода. Определения удельной суммарной альфа- и бета-активности, включая подготовку счетных образцов, измерения на низкофоновом радиометре УМФ-2000 и расчеты проведены в соответствии с методикой радиационного контроля «Суммарная альфа- бета- активность природных вод (пресных и минерализованных). Подготовка проб и выполнение измерений», разработанной ФГУП «ВИМС» и внесенной в Государственный реестр средств измерений РК под номером KZ.07.00.03548-2017. Практически во всех исследованных пробах обнаружено превышение значения 0,2 Бк/л по суммарной удельной альфа-активности.

Для идентификации альфа-излучающих радионуклидов в пробах воды применялся альфа-спектрометрический метод. Аналитические работы проводились в соответствии с «Методикой измерения объемной активности изотопов урана (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) в пробах природных, технологических и сточных вод альфа-спектрометрическим методом с радиохимической пробоподготовкой», разработанной ФГУП «ВИМС» и внесенной в Государственный реестр средств измерений РК под номером KZ.07.00.03549-2017.

Результаты выполненных исследований показали, что суммарная удельная альфа-активность исследованных проб воды практически полностью обусловлена вкладами альфа-излучения изотопов урана U^{234} и U^{238} . Соотношение этих радионуклидов указывает на природный характер загрязнения воды.

Литература:

1. Гигиенические нормативы "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности". Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 155.
2. Солодухин В.П., Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В., Красноперова М.В. Комплексное исследование радионуклидного состава природных и технических вод с применением радиохимических методов // Тезисы докладов II International Scientific Forum «Nuclear Science and Technologies», Алматы. 2019 г. – С.170-171.

ОЦЕНКА ВКЛАДА ОБЪЕКТОВ ЛИРА В ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Глуценко В.Н., Красноперова М.В., Харкин П.В., Матиенко Л.Д., Глуценко Г.М., Белуш О.Л., Филиппова Л.Н., Моренко В.С., Левашов М.А., Севериненко М.А.

РГП Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

Институтом ядерной физики в результате масштабных радиэкологических исследований объектов ЛИРА, (представляющих собой шесть подземных резервуаров, созданных с помощью ядерных взрывов в 1983 и 1984 гг.), расположенных непосредственно на Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении, проведена оценка вклада техногенных радионуклидов в суммарные дозовые нагрузки жителей прилегающих населенных пунктов.

Установлено, что усредненное значение эффективной дозы составляет порядка 3800 мкЗв/год, что практически соответствует среднему значению для территорий Северного полушария с нормальным радиационным фоном. Подавляющая часть указанной величины обусловлено естественными природными факторами и только 0,1% от общей величины обусловлено радионуклидами искусственного происхождения, которое оценивается, как ничтожно малое.

Целью данной научно-исследовательской работы является выявление влияния техногенных радионуклидов в почве, обусловленных существованием объектов ЛИРА.

Одним из методов для решения этой сложной задачи является метод изотопных соотношений. Такие характеристики, как отношения $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{(239+240)}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$, $^{(239+240)}\text{Pu}/^{90}\text{Sr}$, $^{(239+240)}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$, $^{238}\text{Pu}/^{(239+240)}\text{Pu}$ и ряд других являются типичными, как для глобальных выпадений радиоактивных веществ, при испытании ядерного оружия, так и при работе конкретных предприятий ядерного топливного цикла. Сравнительный анализ этих соотношений и позволяет провести идентификацию источников радиоактивного загрязнения различных территорий.

Отобранные образцы почвы с территории объекта ЛИРА и прилегающих населенных пунктов в период 2017-2019 гг прошли комплекс аналитических исследований, включающий в себя такие методы, как инструментальная гамма-, альфа-, бета-спектрометрия для определения активности различных искусственных радионуклидов.

По измеренным значениям удельной активности в почве вычислены изотопные соотношения $^{238}\text{Pu}/^{(239+240)}\text{Pu}$, $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{(239+240)}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$, $^{241}\text{Am}/^{(239+240)}\text{Pu}$ и проведено сравнение со значениями, приведенными в литературных источниках, характеризующими почвы с глобальным источником поступления, а также со значениями проб с фоновых территорий, не подверженных влиянию объекта ЛИРА [1-2]. Полученные изотопные соотношения радионуклидов в почвах объектов ЛИРА отличаются от величин, характеризующих глобальные выпадения, что может свидетельствовать о локальном загрязнении этих территорий. Изотопные соотношения $^{(239+240)}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$, $^{238}\text{Pu}/^{(239+240)}\text{Pu}$, $^{241}\text{Am}/^{137}\text{Cs}$ в почвах объекта ЛИРА превышают указанные соотношения в почвах фоновых территорий поселков в 2,4; 1,7; 2 раза соответственно. Это, вероятно, может свидетельствовать о том, что происхождение техногенных радионуклидов может быть обусловлено не только глобальными выпадениями, но и локальными механизмами.

Изотопные соотношения $^{238}\text{Pu}/^{(239+240)}\text{Pu}$, $^{(239+240)}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$, полученные для почв территорий, прилегающих к объектам ЛИРА, имеют численные значения, хорошо согласующиеся с литературными данными для территорий, содержащих в почве изотопы плутония, выброшенные в атмосферу в результате наземных и атмосферных испытаний ядерного оружия. Это подтверждает глобальный характер накопления изотопов плутония на обследованных территориях. Значения всех определенных изотопных соотношений в почвах секторов «ЛИРА-Карачаганак» и «Акбулак-Березовка», прилегающих к объектам ЛИРА, мало отличаются от изотопных соотношений в почвах населенных пунктов и, соответственно, указывают на глобальный источник происхождения загрязнения на территории прилегающих секторов.

В результате обнаружено влияние объектов ЛИРА на окружающую среду, которое заключается в различных величинах изотопных отношений $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ и $^{(239+240)}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ на территории объектов ЛИРА и населенных пунктов, расположенных севернее объектов ЛИРА. При этом однозначно установлено, что влияние может быть оценено как пренебрежительно малое, которое не привело какому-либо ухудшению качества окружающей среды и не представляет какой-либо опасности для окружающей среды и здоровья населения и персонала.

Литература:

1. Бушуев А. В., Петрова Е. В., Зубарев В. Н., Прошин И. М. Исследование содержания плутония и ^{241}Am в почве районов проведения мирных ядерных взрывов γ -рентгеноспектрометрическим методом // Атомная энергия, Т. 88, вып.1, январь, 2000. – с. 52-55.
2. Bunzl K., Kracke W., Schimmack W. Residence times of fallout $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Am and ^{137}Cs in the upper horizons of an Undisturbed grassland soil // Journal of environmental radioactivity. – 1994. – V.22. - №1. –P. 11-27.

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ТРИТИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (СИП)

Поливкина Е.Н., Ларионова Л.Н., Абишева М.Т.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Подземные ядерные взрывы (ПЯВ) на бывшей испытательной площадке “Дегелен” на территории СИП стали причиной значительного тритиевого загрязнения природной среды. Значительную роль в переносе трития принадлежит растительному покрову площадки. Во-первых, за счет процессов дыхания и транспирации происходит вторичное аэральное тритиевое загрязнение. Во-вторых, значительная часть трития, поглощаемая растениями, в процессе фотосинтеза преобразуется в органически связанный тритий (ОСТ), который характеризуется высокой персистентностью и способностью включаться в перенос через трофическую структуру экосистемы. В данной статье представлены результаты оценки распределения трития в растительном покрове в районах ПЯВ. Исследования проводились вдоль русел ручьев, которые являются одним из основных каналов миграции трития из эпицентров ПЯВ. В качестве представителей растительного покрова были выбраны доминирующие виды растений *Carex supine* и *Achnatherum splendens*, которые относятся к разным экологическим группам по отношению к влажности.

Измерение удельной активности трития производили в свободной воде тканей (ТСВ) и органическом веществе растений (ОСТ). Выделение свободной воды растений производили посредством специальной установки. Подготовку проб растений для измерения удельной активности органически связанного трития (ОСТ) производили методом сжигания сухого растительного образца на установке «Sample Oxidizer model 307» (PerkinElmer, США) с последующей подготовкой полученной воды для проведения β -спектрометрического измерения удельной активности трития на жидкостно-сцинтилляционном спектрометре. Определение удельной активности трития в исследуемых образцах проводилось методом жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии с использованием спектрометра «QUANTULUS 1220» (Perkin Elmer, США). Минимально-детектируемая активность трития используемой радиометрической аппаратуры составила – 0,0007 кБк кг⁻¹.

Получены концентрации ТСВ и ОВТ в растительном покрове. Концентрация ТСВ в образцах обоих видов растений имела высокие значения в среднем до 30 кБк кг⁻¹. Концентрация ОВТ была на 1-2 порядка ниже, чем ТСВ во всех образцах растений. В целом, значения активности ТСВ и ОВТ в образцах растительности тесно коррелируют ($r=0,75$, $p<0,05$). Однако, статистически значимой разницы между видами по содержанию трития в образцах, отобранных в одних и тех же местах, не установлено.

Соотношения ОВТ/ТСВ для образцов растительности обоих видов были близки к равновесному соотношению, используемому в моделях переноса окружающей среды. В некоторых случаях соотношение ОВТ/ТСВ было значительно ниже единицы, что указывает на то, что простые модели переноса в окружающую среду могут не точно предсказывать поведение трития в разных экологических условиях.

Установлено, что характер пространственного распределения трития в растительном покрове в районах подземных ядерных взрывов является сложным и, очевидно, зависит от расположения штолен (эпицентров ПЯВ), в которых проводились ядерные испытания, а также от особенностей гидрологического режима подземных и поверхностных вод, которые являются основными каналами миграции трития в районе

исследований. Таким образом, растительный покров отражает пространственное распределение тритиевого загрязнения в местах подземных ядерных взрывов и может быть использован в качестве индикатора радиационной обстановки при мониторинге радиационно-опасных зон.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ИРТЫШ

Айдарханова А.К., Ларионова Н.В., Айдарханов А.О.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Республика Казахстан относится к маловодообеспеченным районам мира. Река Иртыш является одной из важнейших водных артерий Казахстана, трансграничной рекой, которая проходит по территории трех государств: Китай, Казахстан и Россия.

Основные источники техногенного загрязнения вод р. Иртыш связаны с деятельностью горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий, расположенных в бассейне реки. Также на реке расположены 3 крупных промышленных центра: г. Усть-Каменогорск, г. Семей и г. Павлодар. На загрязнение техногенными радионуклидами р. Иртыш существенное влияние могли оказать испытания ядерного оружия, проводившиеся на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП): часть следов от ядерных испытаний проходит в области водосбора бассейна реки, также р. Шаган, которая проходит по территории СИП, является левобережным притоком р. Иртыш. В последние годы появляется все больше новых работ по изучению антропогенных нагрузок на р. Иртыш, в которых в основном определяются химические показатели. При этом данные по содержанию искусственных и техногенных радионуклидов – отсутствуют.

В рамках данной работы в качестве объектов исследования рассмотрены 2 участка наибольшего антропогенного воздействия: в районе г. Усть-Каменогорск и в месте впадения р. Шаган в р. Иртыш. На выбранных объектах проведен отбор проб воды, в которой определялись уровни содержания естественных и техногенных радионуклидов и макро- и микрокомпонентов.

Согласно полученным данным, содержание естественных радионуклидов ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra в воде находится ниже предела обнаружения ($<2,0 \cdot 10^{-2}$ Бк/кг, $<7,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг и $<3,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг соответственно). Содержание ^{210}Po находится на уровне $(2,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, что на 2 порядка ниже уровня вмешательства (УВ) с водой. Максимальное значение содержания ^{238}U зафиксировано на левом берегу р. Иртыш в черте г. Усть-Каменогорск на уровне $0,12 \pm 0,01$ Бк/кг, что на порядок ниже УВ. Содержание техногенных радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ в воде находится ниже предела обнаружения ($<0,02$, $<0,03$, $<0,02$ и $<1,1 \cdot 10^{-4}$ Бк/кг соответственно). За исключением участка в месте впадения р. Шаган в р. Иртыш, где содержание ^{90}Sr составило $0,07 \pm 0,01$ Бк/кг, что на 2 порядка ниже УВ с водой.

Особое опасение вызывает присутствие ^3H в водах р. Шаган, так как в результате ранее проведенных исследований неоднократно было зафиксировано содержание ^3H на уровне 50 Бк/кг в месте впадения р. Шаган в р. Иртыш. На текущий момент содержание ^3H в воде в осенний период находится ниже предела обнаружения (<4 Бк/кг) в отличие от содержания ^3H в воде в зимний период на участке неперемежающегося русла, где фиксируются численные значения на уровне до 20 ± 4 Бк/кг. Численные значения ОСТ зафиксированы во всех отобранных образцах растений и варьируют от 3 ± 1 до 43 ± 7 Бк/кг. Растения обладают высокой накопительной способностью, в том числе в виде ОСТ, и данный факт свидетельствует о том, что ^3H в незначительных количествах поступает с водами р. Шаган в летний период во время интенсивного роста растений и аккумулируется в них, хотя при этом в воде численные значения содержания ^3H не фиксируются. В зимний период на участке поступления вод р. Шаган, фиксируются высокие значения содержания ^3H в снежном покрове на уровне до 290 ± 40 Бк/кг. Тогда как на некотором удалении от данной точки, в местах до и после впадения р. Шаган, численные значения ^3H в снежном покрове не зафиксированы. Полученные количественные данные содержания ^3H во всех рассмотренных компонентах окружающей среды (воде, растениях и снеге) свидетельствуют о поступлении данного радионуклида с водами р. Шаган в р. Иртыш. При этом снег в данном случае является кратковременным показателем поступления ^3H с территории полигона с водами р. Шаган, а растения могут указывать на продолжительность данного процесса.

По макрокомпонентному составу воды р. Иртыш являются: по уровню рН – нейтральными, по степени минерализации – пресными, по степени жесткости – мягкими, по макрокомпонентному составу – гидрокарбонатно-натриево-калиевыми, за исключением 1-го участка (места впадения р. Шаган в р. Иртыш), где содержание хлоридов Cl^- и степень жесткости превышают нормы Санитарных правил, установленных в Республике Казахстан. По содержанию тяжелых металлов и микрокомпонентов содержание таких элементов как V, Co, Ni, Cd и Pb в исследуемых водах находится ниже предела обнаружения ($<0,05$ мкг/л, $<0,05$ мкг/л,

<0,5 мкг/л, <0,1 мкг/л и <0,01 мкг/л соответственно), за исключением точки впадения р. Шаган в р. Иртыш, где содержание V составило $3,2 \pm 0,02$ мкг/л. Повышенные значения таких элементов Al, Fe и Zn зафиксированы в воде на правом берегу р. Иртыш в черте г. Усть-Каменогорск, при этом содержание Fe в 2 раза превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) согласно Санитарным правилам. На участке впадения р. Шаган в р. Иртыш зафиксированы повышенные значения Sr и U по сравнению с другими участками, но не превышают ПДК.

ПАРАМЕТРЫ НАКОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ В РАЙОНЕ ЭКСКАВАЦИОННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Ларионова Н.В.¹, Лукашенко С.Н.², Ляхова О.Н.¹, Айдарханова А.К.¹, Кундузбаева А.Е.¹,
Кабдыракова А.М.³, Кривицкий П.Е.¹, Полевик В.В.⁴, Айдарханов А.О.¹

¹Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Обнинск, Россия

³РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан

⁴НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Семей, Казахстан

В период с 1965 по 1988 годы на территории СССР в рамках реализации государственной программы № 7 «Ядерные взрывы для народного хозяйства» было произведено 124 промышленных «мирных» ядерных взрыва с подрывом 135 зарядов. К числу ядерных испытаний, проводимых в «мирных» целях, относятся и экскавационные взрывы на площадке «Телькем», расположенной в юго-восточной части Семипалатинского испытательного полигона (СИП). На ее территории проведено два подземных ядерных испытания с выбросом грунта. Первое испытание «Телькем-1» – это произведенный 21 октября 1968 г. на глубине 31,4 м одиночный подземный ядерный взрыв с выбросом грунта мощностью 0,24 кт. Испытание «Телькем-2» (12 ноября 1968 г.) заключалось в подрыве 3-х зарядов мощностью по 0,24 кт, размещенных в скважинах глубиной 31,4 м каждая, расстояние между скважинами составляло 40 м. На текущий момент «Телькем-1» – это воронка округлой формы, заполненная водой, с диаметром 80 м и глубиной 15 м; «Телькем-2» – вытянутая по форме воронка длиной 120 м, шириной 50 м и глубиной 10 м.

Территория площадки «Телкем» относится к зоне сухих степей, основным типом почв являются светло-каштановые, доминирующие виды растений – типчак (*Festuca valesiaca*), ковылы (*Stipa capillata*, *S. sareptana*, *S. lessingiana*) и полыни (*Artemisia frigida*, *A. gracilescens*, *A. marschalliana* и др.). Также встречаются кустарники *Spiraea hypericifolia* и *Caragana pumila*, в зоне навалов воронок распространение получили сорные растения. Целью настоящего исследования стало получить данные об особенностях накопления радионуклидов растениями из почвы в районе обеих воронок. Для этого было заложено 40 исследовательских площадок – по 4 профиля на каждой воронке. Расположение точек в каждом профиле включало зону навала (гребень воронки, склон и подножье) и прилегающую территорию на расстоянии 100 и 200 м от гребней. В каждой точке отбирались смешанные пробы почвы методом конверта (по 8 точечных проб на глубину 5 см) и пробы надземной части растений (с площади 2 м² массой около 150-300 г) по видовому составу (*Artemisia sublessingiana*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*). Всего отобрано 40 проб почвы и 63 пробы растений. Определение удельной активности ²⁴¹Am и ¹³⁷Cs проводилось с использованием гамма-спектрометра Canberra GX-2020, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu определяли радиохимическим выделением с последующим измерением на бета-спектрометре TRI-CARB2900 TR и альфа-спектрометре Canberra (мод. 7401). Предел обнаружения для ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am составил 1 Бк/кг и 10 Бк/кг, для ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – <1 Бк/кг и 0,5 Бк/кг (для проб растений и почвы соответственно). Погрешность измерения для ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am не превышала 10-20 %, для ⁹⁰Sr – 15-25 %, для ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 30 %.

По результатам проведенных исследований радиоактивное загрязнение почвенного покрова на исследуемой территории оказалось неравномерным: более высокие концентрации ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в основном отмечаются в зоне навала и заметно уменьшаются по мере удаления от него, а высокое содержание ⁹⁰Sr обнаружено как в зоне навала, так и на прилегающей территории. При этом наибольшие значения удельной активности установлены для радионуклидов трансуранового ряда – ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Диапазон значений коэффициентов накопления (Кн) ⁹⁰Sr (0,0077-1,5) и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu (0,0012-0,84) составляет по 2 порядка, ¹³⁷Cs (0,0040-0,70) и ²⁴¹Am (0,00060-0,73) – по 3 порядка. Разница в Кн для ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr для разных видов растений достигает 5-6 раз, для ²⁴¹Am и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 2 раза, наибольшее накопление радионуклидов отмечается для полыни (*Artemisia sublessingiana*). Максимальные средние значения Кн ¹³⁷Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ²⁴¹Am

наблюдаются для гребней воронок, наиболее высокие средние значения K_n ^{90}Sr обнаружены на склоне и постепенно уменьшаются по мере удаления от него. Нисходящий ряд радионуклидов по их способности накапливаться растениями следующий: K_n ^{90}Sr > K_n ^{137}Cs > K_n ^{241}Am > K_n $^{239+240}\text{Pu}$, что согласуется с международными данными. Все значения K_n в целом намного выше, чем полученные ранее для эпицентров наземных ядерных испытаний, и наиболее близки к значениям для условно «фоновых» участков на СИП.

ПОЛИГОН АЗГИР. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА 2020 ГОД

Глуценко В.Н., Моренко В.С., Севериненко М.А., Макарова В.А., Ахметжанова Д.С., Кошжанов А.Т., Матиенко Л.Д., Ленник С.Г.

РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Казахстан

РГП Институт ядерной физики с 1996 г. осуществляет работы по обеспечению радиационной безопасности на бывшем испытательном полигоне «Азгир», расположенном в Курмангазинском районе Атырауской области и прилегающих территориях. За прошедшее время специалистами РГП ИЯФ выполнены три этапа комплексных исследований, а также работы по ликвидации локальных пятен радиоактивного загрязнения с захоронением загрязненного металлолома и грунта. С 2001 г. выполняется комплексный радиоэкологический мониторинг, целью которого является контроль параметров, характеризующих радиоэкологическую обстановку на полигоне и прилегающих территориях, а также снижение радиофобии населения, проживающего в близлежащих населенных пунктах.

В докладе приведены результаты радиоэкологического мониторинга за 2020 год, которые включают данные по уровню гамма-фона на дневной поверхности, уровню загрязнения природными и искусственными радионуклидами и химическими элементами почвы, воды (подземной и поверхностной) и растительности. Как следует из результатов исследования удельные активности техногенных радионуклидов в почвах населенных пунктах не превышают 0,34 Бк/кг для $^{239+240}\text{Pu}$ и меньше 8,5 Бк/кг для ^{90}Sr , средние значения для ^{137}Cs составляют 3,11 Бк/кг, что соответствует уровню глобальных выпадений для данного региона. Удельные активности естественных радионуклидов в почвах характеризуются постоянством состава и характерны для почв исследуемого региона. Отмечается наличие загрязненности почв технологических площадок А-3, А-10 тяжелыми металлами (Pb, Ni), соответствующей категории умеренно опасного загрязнения, для которой суммарный показатель загрязнения находится в пределах $Z_c=16-32$. В почвах 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. По результатам исследования радионуклидного состава проб растительности, присутствие техногенных радионуклидов находится на уровне предела обнаружения применяемых методик.

Исследование радионуклидного состава воды показало, что удельные активности естественных и техногенных радионуклидов в пробах подземных и поверхностных (из озера А-9) вод ниже уровней вмешательства и ниже предела обнаружения использованных методик, не зафиксировано присутствие трития в подземных водах. При этом практически во всех пробах воды, обнаружено присутствие ряда токсичных элементов 1-го и 2-го классов опасности (Ni, Cd, Pb, Al, Co, Se, Ba, U, Be, Sr, Li, Mo), что свидетельствует о непригодности применения этой воды в питьевых целях. Указанный факт обусловлен только природными факторами, характерными для всего аридного региона Западно-Казахстанской области и не имеет отношения к воздействию полигона.

По данным контроля мощности экспозиционной дозы гамма-фона на технологических площадках (А-2, А-10, А-3, А-5) фиксируются точки радиационных аномалий с небольшим превышением среднего гамма-фона местности. По результатам предварительных исследований установлено, что обнаруженные аномалии находятся на надфоновом уровне, в целом, соответствующем радиационному фону региона и фиксируются только на территории технологических площадок. Для исследования причин и механизмов их появления в 2020 году РГП ИЯФ провел дополнительно отбор проб с площадки А-2 полигона для дальнейших лабораторных исследований и анализа полученных результатов. Также, на 2020-2022 годы намечены исследования гидрогеологической обстановки на полигоне и дальнейшее совершенствование системы мониторинга полигона за счет расширения парка наблюдательных гидрогеологических скважин.

В целом современная радиоэкологическая обстановка на бывшем полигоне и прилегающих территориях является стабильной. При этом остается актуальным вопрос о возможной миграции радионуклидов на дневную поверхность и в подземные воды, а также, в случае непредсказуемого изменения

геологической ситуации существует риск поступления радиоактивных рассолов из водонаполненных полостей в вышележащие водоносные горизонты. Поэтому, необходимость реализации комплексного радиоэкологического мониторинга полигона сохраняется на длительный период.

ПОЧВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭХСХАЛЯЦИИ РАДОНА

Базарбаев Н.Н.¹, Муминов И.Т.¹, Йулдашев С.К.², Умирзаков Э.А.², Тогаев Б.С.², Холбаев И.¹

¹ Национальный Университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

² Самаркандский Государственный Университет, Самарканд, Узбекистан

Ингаляция ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3.82$ дн.) обуславливает 43% общей дозы облучения человечества естественными радионуклидами. Интенсивность эксхалляции радона с поверхности Земли обусловлена уранонностью подстилающих горных пород, их локальными дефектами (разломы, трещины, поры) толщиной и характеристиками почвенного покрова, временемизмерения, погодными условиями и т.д.

В работе исследованы временные (суточные) вариации, плотностей потоков радона (ППР) почвенных площадок(смежных) на глубинах $x = 0; 0.5$ и 1.0 м в отдельных местностях Узбекистана. Измерения ППР на каждой площадке осуществлялось в трёх часовых экспозициях двухсорбционных детекторов ДРСП [1], при этом расхождения данных этих детекторов не превышали ихэкспериментальных погрешностей $\delta = 20\%$.

В качестве примера, на рисунке 1 приведены результаты измеренных ППР исследованный площадок на берегу к. Даргом ($N 39.62062^{\circ}$, $E 66.91013^{\circ}$, $H 744$ м надуровнем моря) и примыкающей к ней возвышенности ($N 39.62147^{\circ}$, $E 66.9094^{\circ}$, $H 752$ м).

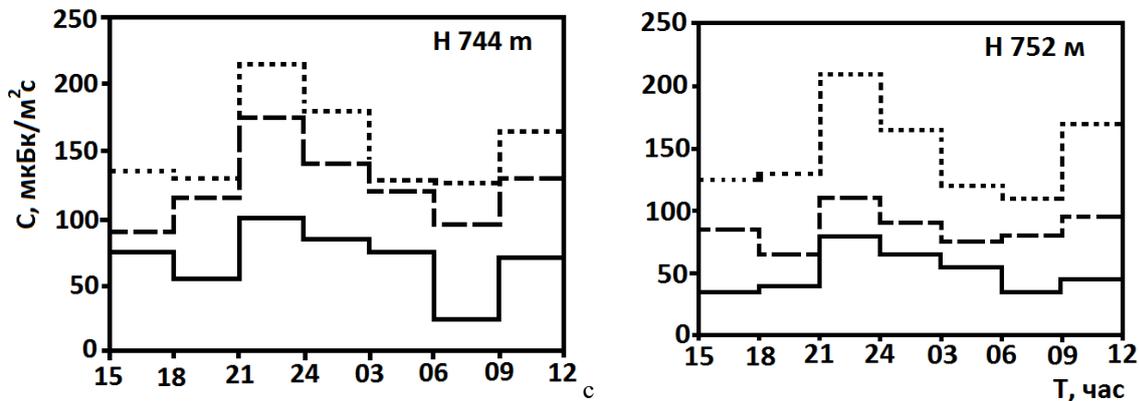


Рисунок 1 - Суточные вариации ППР в почвах площадок берега (H 744) и возвышенности (H 752) глубин $x = 0$ (—), 0.5 (---) и 1 м (···)

Рассмотрение этих данных свидетельствует:

- суточные вариации ППР во всех исследованных площадках коррелируют между собой, при этом значения ППР максимальны в полночь (21:00-24:00) и минимальны в утренние (06:00-09:00) часы;
- возрастание глубины площадкисопровождается возрастанием значений ППР;
- на площадках $x = 0$ и 0.5 на берегу значения ППР заметкавыше, чем на соответствующих площадкахвозвышенности, за исключением площадок на глубине $x = 1.0$ м, на которых они сравнимы.

Литература:

1. Методика выполнения измерений плотности потока Rn-222 с различных поверхностей. Свидетельство об аттестации № 225/9, ООО РАДЕК, Санкт Петербург, 2007.

ПРИЗМЕННЫЙ МАСС-АНАЛИЗАТОР С КОНУСОВИДНОЙ АХРОМАТИЧНОЙ ПРИЗМОЙ И ТРАНСАКСИАЛЬНЫМИ ЛИНЗАМИ

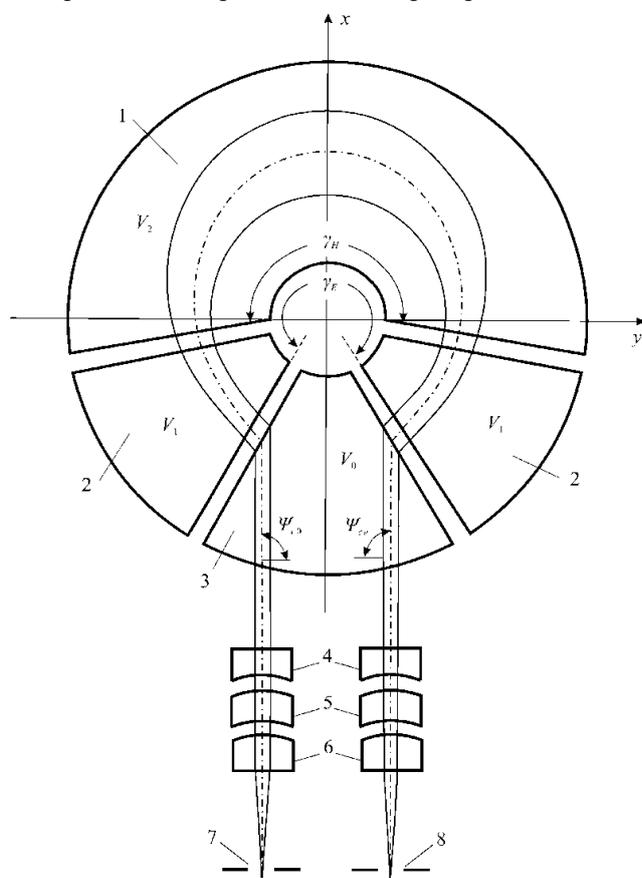
Спивак-Лавров И.Ф., Байсанов О.А., Шугаева Т.Ж.

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актюбе, Казахстан

На рисунке схематически изображен призмный масс-анализатор [1] с конусовидной ахроматической призмой (КАП) и трансаксиальными линзами: 1 – магнитные полюса КАП; 2, 3 – магнитные экраны-электроды КАП; 4, 5, 6 – электроды трансаксиальных коллиматорной и фокусирующей линз; 7, 8 – щели источника и приемника ионов. КАП обладает рекордной угловой дисперсией по массе $D'_m \cong 51$ рад. на 100% изменения массы. Линейная дисперсия призмного анализатора D_m равна угловой дисперсии КАП, умноженной на фокусное расстояние фокусирующей линзы f_2 . Таким образом, линейная дисперсия прибора с линейными размерами порядка 1 м будет равна $D_m = D'_m f_2 \approx 50$ м, что при микронных ширинах щелей источника и приемника ионов позволяет получить разрешение порядка 10^7 .

Были рассчитаны параметры КАП и трансаксиальных линз, обеспечивающие тройную фокусировку ионного пучка в призмном масс-анализаторе [2-3]. Все расчеты выполнены в безразмерных переменных. В качестве единицы длины использовалось расстояние d между параллельными электродами трансаксиальных линз. Замедляющие трансаксиальные линзы с фокусными расстояниями $f_1 = f_2 \cong 20 d$ были рассчитаны в режиме анаморфота. Коллиматорная линза в 2.5 раза уменьшает энергию ионов, выходящих из источника.

Если взять ширину щели ионного источника $S = 0.005d$, в частности, при $d = 1$ см, $S = 50$ мкм можно получить разрешение более 50000 на полувысоте пиков при 100%-ом прохождении ионного пучка через анализатор в небольшом приборе с линейными размерами менее метра.



Рассчитанный масс-анализатор обладает рекордной удельной дисперсией по массе (дисперсией D_m отнесенной к длине ионной траектории), равной примерно 10 м / м. Это в 10 раз больше, чем у лучших статических масс-спектрометров.

Отметим, что предлагаемый призмный масс-анализатор может быть также использован как компактный масс-спектрограф, воспроизводящий небольшие участки масс-спектра с высоким разрешением, если использовать позиционный детектор, расположив его в фокальной плоскости фокусирующей линзы.

Работа выполнена в рамках проекта с грантовым финансированием Комитета науки МОН РК (ИРН AP09258546).

Литература:

1. Спивак-Лавров И.Ф. Призмный масс-спектрометр. Авт. св. СССР № 671582, 1979.
2. Спивак-Лавров И.Ф., Нурмуханова А.А., Шугаева Т.Ж. Научное приборостроение. – т. 29, № 1, 2019. – с. 116-125.
3. Spivak-Lavrov I.F., Shugaeva T.Zh., Kalimatov T.S. International Journal of Mass Spectrometry 444 (2019) 116180.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Мамытбеков Г.К.

Институт ядерной физики, г.Алматы, Республика Казахстан

С момента появления первых фундаментальных исследований в области теории струй в вязких и невязких несжимающихся жидкостях [1, 2] во второй половине 20 века по сегодняшний день, вопросы, связанные с математическим описанием и теоретической интерпретацией кавитации и ее последствий, остаются на уровне фундаментальной проблемы современной физической, химической и даже биологической наук, которая представляет неизменный и стойкий интерес в связи с развитием теории многофазных сред и огромным числом ее приложений [3].

Исследование кавитации имеет большое практическое значение ввиду широкой ее распространенности в природе и технико-технологических процессах: от деструкции материалов до проблем проектирования энергетического и транспортного оборудования, а также развития энергосберегающих технологий, и особенно следует отметить устойчивый тренд в интерпретации низкоэнергетических термоядерных процессов [4].

В работе были рассмотрены прикладные аспекты применения кавитации для интенсификации химико-технологических процессов, проходящих в жидких конденсированных средах и на границе раздела фаз твердое тело-жидкость.

Кавитационно-струйная обработка жидкости способствует ее активации, выражающееся в изменении их физико-химических и поверхностно-активных свойств, что положительно сказывается на улучшении технологических параметров технологических процессов. В частности, технология прошла успешную апробацию при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания, очистки прифилтровой зоны геотехнологических и нефтяных скважин, извлечении ионов цветных [5] и благородных металлов из упорных руд и в процессе флотационного обогащения сульфидного сырья.

Распад молекулы воды в возбужденном состоянии на радикалы H^* (кислая форма) и радикалы OH^* (основная форма) становится наиболее вероятным, когда молекула воды находится в паровой фазе. В кавитационной полости происходит возбуждение молекул воды до различных энергетических уровней с образованием начальных продуктов гидродинамического сонолиза непосредственно внутри газопаровой полости, где H_2O диссоциирует на H^+ и OH^- . Водород в присутствии O_2 способствует образованию радикала HO_2^* , который ускоряет реакции окисления.

Реакции протекают по радикально-цепному механизму, поэтому скорость процессов намного превышает скорости реакций, протекающих по ионному механизму. Рассмотрим некоторые примеры.

В присутствии растворенных в воде компонентов могут протекать реакции и с их участием с образованием новых соединений или ионных и ионо-радикальных форм. Например, при температурах 40-60°C в кавитационной зоне может протекать реакция окисления сульфида натрия до элементарной серы (S) и тиосульфат-ионов (S_2O_3), а также образование сернистого натрия.

Протекание подобных реакций способствует регулированию гидрофильно-липофильного баланса системы в целом, а также селективно изменять поверхностно-активные свойства внешнего слоя флотируемых минералов.

Диссоциация компонентов водного раствора серной кислоты протекает аналогично схеме ее сонолиза при ультразвуковом воздействии с образованием фрагментов (ионов, ионо-радикалов) молекул кислоты, возникающие в результате схлопывания кавитационных пузырьков. Следовательно, можно заключить, что гидродинамическая кавитация приводит к активации компонентов технологических растворов в результате протекания окислительно-восстановительных реакций и ионизации жидкой среды.

Преимуществом технологии является то, что в ходе активации технологических жидкостей происходит разогрев системы до 50 -70 °C (в зависимости от времени обработки), что решает задачу по поддержанию температурного режима процессов без использования дополнительных энергетических источников тепла.

Литература:

1. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы и каверны. – М.: Мир, 1964.
2. I.S. Pearsall. Cavitation. UK: Mills and Boon, 1972.
3. И.И. Исаенко, А.В. Махнов, Е.М. Смирнов, А.А. Шмидт. Моделирование кавитации в высоконапорных течениях в каналах. //Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2018. – Т.11, №1. С. 55-65.
4. Р.И. Нигматуллин, Р.Т. Лэхи (мл), Р.П. Талейархан, К.Д. Вест, Р.С. Блок. О термоядерных процессах в кавитационных пузырьках. //Успехи физических наук. 2017. –Т.18, №9. – С. 947-960.
5. Мамытбеков Г. К. Извлечение ванадия и попутных элементов из черносланцевых руд способом гидродинамической активации растворов серной кислоты //Цветные металлы. -2021. -№2. –С. 60 – 68.

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Нестеров В.П.¹, Исмагилов М.Ф.¹, Крошкин Е.Н.¹, Яскевич В.С.¹,
Садиков И.И.², Аиранов У.Т.², Маликов Ш.Р.², Юлдашев М.Б.²*

¹АО «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации», Москва, Россия

²Институт ядерной физики Академии наук (ИЯФ АН РУз), Ташкент, Узбекистан

В АО «НИИТФА» и ИЯФ АН РУз разработаны широкий спектр измерительных оборудований и радиоизотопных приборов (РИП) для технологического контроля руды, используемые на предприятиях горно-металлургического комплекса (ГМК) России и Узбекистана. Цель работы - ознакомление с радиационными технологиями АО «НИИТФА» и ИЯФ АН РУз для предприятий ГМК. Основными радиационными технологиями и приборами выпускаемыми АО «НИИТФА» для ГМК являются: промышленные установки на основе линейных ускорителей электронов и генераторов нейтронов для контроля содержания металлов, радиационной модификации веществ, установки для нейтронно-активационного анализа проб горных пород; РИП технологического контроля состава, плотности и уровня веществ (радиоизотопные уровнемеры, плотномеры), концентратомеры, анализаторы состава веществ; гамма-дефектоскопы для неразрушающего контроля (НК) качества сварки трубопроводов и изделий. На установке «Аура», созданной АО «НИИТФА», в Центральной лаборатории гамма-активационного анализа (ЦЛГАА) ГМЗ №2 Навоийского Горно-Металлургического Комбината (НГМК) проводится экспрессный анализ горных проб на содержание золота и серебра. «Аура» содержит: линейный ускоритель электронов, транспортная система для автоматического перемещения контейнеров с измельченной (1-3 мм) рудой, система детектирования, система управления работой комплекса. Методика определения содержания золота на измерительном комплексе «Аура» основана на ядерной реакции $^{197}\text{Au}(\gamma, \gamma') ^{197\text{m}}\text{Au}$ ($^{197\text{m}}\text{Au}$, $T_{1/2} = 7.73$ с). Регистрируемая детектором γ - линия $E_{\gamma} = 279.0$ кэВ по активности фотопика которой определяют количество золота в пробе. В 2016 году на установке «Аура» проведен монтаж новой системы спектрометра на детекторе из особо чистого германия GCD-45180 (“Baltic Scientific Instruments”), а 2018 году замена ускорителя на новый ускоритель УЭЛР-8-10А, что обеспечило предел обнаружения золота до 0.2 г/т с производительностью 3500 анализов/сутки с ценой анализа одной пробы ~1 доллар США.

Датчики вида материала АО «НИИТФА» используются для автоматического определения наличия и вида материала (руда, кокс) на конвейера, которые эксплуатируются на предприятиях России («Северсталь», «НЛМК»). Пульповый анализатор рентгенофлуоресцентная установка РЦП-1 используется для непрерывного анализа элементного состава руды (от К до U) и плотности жидких технологических сред в потоке без пробоотбора. Нейтронные влагоплотномеры ВПН используются для измерения влажности сыпучих веществ на АО «Северсталь», АО «Донецкий металлургический завод», КГГМГ «Криворожсталь», АО «НЛМК», АО «МСЗ», АО «Михайловский ГОК».

Основными услугами ИЯФ АН РУз для промышленных предприятий являются: изготовление радиоизотопных сигнализаторов-индикаторов уровня (СИУР) и уровнемеров-плотномеров Гамма РИА для Ферганского и Бухарского нефтеперерабатывающих заводов; комплектация радиоизотопных плотномеров Gammapilot (Endress+Hauser AG, Швейцария) с ИИИ Цезий-137, проведение их калибровки и монтажа на технологических линиях НГМК; нейтронно-активационный анализ горных проб для предприятий ГМК; изготовление ИИИ иридий-192 активностью 50-120 Кюри и их комплектация с гамма-дефектоскопами Гаммарид 192/120М для НК изделий и трубопроводов предприятий энергического комплекса (Талимарджанская ТЭС, Тахиаташская ТЭС, «Узбекистан ЖЛ»); проверка герметичности истекших срок службы ИИИ, утилизация и захоронение ИИИ в Республиканском пункте захоронения радиоактивных отходов.

РАДИОИЗОТОПНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД
КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА УЗБЕКИСТАНАХолов Д.М.^{1,*}, Музафаров А.М.², Холбаев И.³, Аллаберганова Г.М.¹¹Навоинский государственный педагогический институт, Навои, Узбекистан²Навоинский государственный горный институт, Навои, Узбекистан³Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

* dilshod_holov1991@mail.ru

Исследование возможности нарушения радиоактивного равновесия между изотопами урана в природных водах является актуальным направлением геохимии радиоактивных элементов и радиоэкологии. По данным НКДАР ООН, вклад питьевой воды в суммарную дозу облучения населения не является преобладающим (за исключением отдельных регионов) и обусловлен в основном присутствующими в воде радионуклидами природных рядов урана и тория. Наибольший вклад в формирование дозы облучения за счет потребления питьевой воды вносят изотопы урана (^{238}U и ^{234}U), радия (^{226}Ra), радона (^{222}Rn) и полония (^{210}Po), в меньшей степени - свинца (^{210}Pb) и изотопы тория (^{232}Th , ^{228}Th , ^{232}Th).

При содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу облучения населения менее 0.2 мЗв/год (этому значению дозы при потреблении воды 2кг в сутки соответствуют средние значения удельной активности изотопов за год (уровни вмешательства – УВ (Бк/кг): ^{238}U – 6,2; ^{235}U – 6,0; ^{234}U – 5,8; ^{230}Th – 1,32; ^{226}Ra – 1,0; ^{222}Rn – 60; ^{210}Bi – 220; ^{210}Po – 0,24; ^{210}Pb – 0,4 и т.д.), не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности в целях радиационной безопасности, следовательно, нет необходимости определять ее радиоизотопный состав.

Содержание природных радионуклидов в воде источников водоснабжения может повышаться в результате сбросов и выбросов горнодобывающей промышленности, такими как является Навоийский горно-металлургический комбинат в Кызылкумском регионе Узбекистана.

Для полноценной оценки природных питьевых вод на соответствие вышеперечисленным требованиям, задачей наших исследований являлось определение удельной активности естественных радиоизотопов, суммарной удельной альфа-бета активности, изотопного состава естественных радионуклидов и проверки ее соответствия требованиям уровня вмешательства.

Проведенный анализ питьевых вод отобранных из различных населенных пунктов западного Узбекистана (табл.1), показывает, что природная суммарная активность альфа и бета излучений находится на уровне предельно допустимой концентрации (ПДК) в питьевой воде. Относительно высокое содержание суммарной альфа активности найдено в водах р. Зарафшан, р. Амударья и несколько подземных водах - скважина №9 «В» в поселке Сабирсай, Бешбулак и Агыт в Учкудукском районе.

Таблица 1 - Результаты радиохимического анализа проб питьевой воды, отобранной из различных водных бассейнов Кызылкумского региона

№ п/п	Место отбора	Концентрация (объёмная активность, Бк/л)				Суммарная объёмная активность, Бк/л	
		U -238	Ra-226	Th-232	Po - 210	альфа- излучения	бета- излучения
1	г. Навои	0,76	0,016	0,18	0,013	0,17 ± 0,07	0,60 ± 0,30
2	г. Учкудук	0,81	0,019	0,26	0,016	0,18 ± 0,09	0,41 ± 0,40
3	г. Зарафшан	0,73	0,014	0,16	0,008	0,18 ± 0,08	0,50 ± 0,38
4	г. Зафарбад	0,78	0,024	0,23	0,017	0,19 ± 0,07	0,53 ± 0,17
5	пос. Кетменчи	0,53	0,020	0,28	0,024	0,19 ± 0,10	0,47 ± 0,15
6	г. Нурабад	0,58	0,032	0,37	0,052	0,23 ± 0,10	0,22 ± 0,16
7	р. Зарафшан	0,91	0,024	0,22	0,010	0,24 ± 0,08	0,51 ± 0,17
8	р. Амударья	0,98	0,014	0,18	0,008	0,36 ± 0,09	0,50 ± 0,38

В питьевой воде удельная активность естественных радиоизотопов находится на уровне ПДК. Результаты по определению изотопного состава урана в природных водах, отобранных из различных водных бассейнов Кызылкумского региона методом альфа спектрометрии, показывают, что имеет место нарушение радиоактивного равновесия между изотопами урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$).

РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЙ УРАНОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАВОИНСКОЙ ОБЛАСТИ
УЗБЕКИСТАН

Холов Д.М.^{1,*}, Музафаров А.М.², Холбаев И.³, Аллаберганова Г.М.¹

¹Навоинский государственный педагогический институт, Навои, Узбекистан

²Навоинский государственный горный институт, Навои, Узбекистан

³Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

* dilshod_holov1991mail.ru

Согласно СанПиН 0193-06 Республики Узбекистан суммарная максимальная годовая эффективная доза для населения установлена 1,0 мЗв/год, для работающих категории Б и А - 5,0 и 20,0 мЗв/год, соответственно. Выполнение требований этих норм обязывают к систематическому обследованию радиационной обстановки в районе деятельности уранодобывающего предприятия и близлежащей зоне к этим объектам предприятий, разработку и внедрению способов снижения экологического вреда предприятий добывающих и перерабатывающих уран.

Целью исследований являлся расчет годовой эффективной дозы от суммы всех радиационно-опасных факторов. Для достижения цели проведены следующие работы:

- измерение мощности эквивалентной дозы (*МЭД*, *мкЗв/час*) гамма-излучения, - определение эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе атмосферы уранодобывающего предприятия и близлежащей зоне к этим объектам (*ЭРОА*, *Бк/м³*), - определения объемной активности долгоживущих альфа-нуклидов в воздухе атмосферы уранодобывающего предприятия и близлежащей зоне к этим объектам (*ДАН*, *Бк/м³*), - расчет годовой эффективной дозы для работников (персонал) и населения (мЗв/год), - проведение радиохимического анализа и определение суммарной альфа - и бета- активности радионуклидов в питьевой воде (Бк/л), - проведение автомобильной гамма-съемки в близлежащих городах и в районе деятельности предприятий добывающих и перерабатывающих уран.

Получены следующие результаты:

- значение *МЭД* во всех производственных помещениях и административных корпусах предприятий добывающих и перерабатывающих уран находится на уровне установленной нормы; - загрязненность поверхностей сорбционных колон, поверхностей фильтр-прессов, помещений альфа-нуклидами находится в среднем в интервале 0,1-4,40 α -частиц/мин·см²; - измерение эквивалентной равновесной объемной активности (*ЭРОА*) радона в воздухе атмосферы, средние значения *ЭРОА* в атмосферном воздухе (помещений) находятся в интервале 1-16 Бк/м³ и не превышают значений допустимой среднегодовой объемной активности (*ДОВА*), установленной в соответствии с СанПиН №0193-06. п.3.1.7 для персонала, относящегося к категории А (1250 Бк/м³), и для населения, относящегося к категории В (18,5 Бк/м³);

- определены значения объемной активности долгоживущих альфа-нуклидов (*ДАН*) в воздухе, значения объемной активности долгоживущих альфа - нуклидов (*ДАН*) в атмосферном воздухе в исследуемых зонах составляют на уровне 1,7-7,0 мБк/м³ и не превышают предельно-допустимых концентраций установленных для персонала, категории А (800 мБк/м³), и населения относящегося к категории В, (12 мБк/м³), согласно СанПиН № 0193-06. п.3.1.6 и п.3.1.7;

- определена эффективная доза внутреннего облучения за счет активности употребляемой питьевой воды и установлена что, во всех отобранных пробах воды суммарная альфа- и бета-активность находится на уровне нормы, то есть 0,2 Бк/л для альфа-излучателей и 2 Бк/л для бета-излучателей в питьевой воде;

- произведен расчет годовой эффективной дозы для работников промышленных площадок и в контрольных точках населенных пунктов. Анализ результатов суммарной эффективной дозы всех радиационно - опасных факторов показывает, что на всех исследуемых участках она находится в интервале 1,4-7,8 мЗв/год, а в населенных наблюдательных точках находится в интервале 0,5-0,9 мЗв/год;

Как видно из проведенных исследований значения суммарной эффективной дозы от всех радиационно - опасных факторов меньше, чем значения годового предела эффективных доз, установленных для категории А (20 мЗв/год), для категории Б (5 мЗв/год), и для категории В (1,0 мЗв/год).

Литература:

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006). СанПиН № 0193-06. Ташкент, Узбекистан, 2006.

РАЗВИТИЕ ЭПР-ДОЗИМЕТРИИ ЭМАЛИ ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА С ДИАПАЗОНОМ ВЫСОКИХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ В НЯЦ РК

Бияхметова Д. Б.¹, Кенжина Л. Б.¹, Скаков М. К.², Айдарханов А. О.¹, Градобоев А. В.³

¹Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

²Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Курчатов, Казахстан

³Томский политехнический университет, Томск, Россия

Электронно-парамагнитная резонансная (ЭПР) дозиметрия представляет собой физический метод оценки поглощенной дозы ионизирующего излучения. Он основан на измерении стабильных радиационно-индуцированных радикалов в кальцинированных тканях человека (в первую очередь в зубной эмали). Этот метод имеет особое значение для относительно низких доз облучения или когда результаты обычной дозиметрии не доступны (например, в аварийных условиях). Применение ЭПР дозиметрии, в качестве основного инструмента для ретроспективной оценки радиационного воздействия является важной частью радиоэпидемиологических исследований, а также предоставляет данные для выбора соответствующих мер противодействия на основе ретроспективной оценки индивидуальных доз.

Метод ЭПР-дозиметрии по зубной эмали, который был применен для восстановления дозы в населённых пунктах, расположенных вблизи наиболее радиоактивного следа после испытания 1949 г. и 1956 г., показал наличие влияния радиации на население проживающего в местах, приближенных к Семипалатинскому испытательному полигону (СИП). Но для получения более полной картины о ситуации, в данном регионе необходимо исследовать как можно больше проб зубной эмали. Индивидуальные поглощенные дозы были определены для жителей разных населенных пунктов, пострадавших от радиоактивных осадков от ядерных испытаний на СИП. По сравнению с образцами из далекого села Кокпекты, который служил в качестве контроля, более высокие средние избыточные дозы были получены для города Усть-Каменогорск и Шемонаиха. Это согласуется с тем, что город Усть-Каменогорск находится близко к оси радиоактивного следа.

В научной работе 2011 года Санина Д. Б. «Оценка малых доз облучения методом ЭПР-спектроскопии эмали зубов человека» предлагается разработка усовершенствованной методики математической и статистической обработки спектров ЭПР эмали зубов человека. Целью исследования являлось повышение точности и снижение предела регистрации метода ЭПР-дозиметрии по эмали зубов при оценке малых доз облучения путем разработки и усовершенствования способа математической обработки экспериментального спектра ЭПР. В результате был разработан алгоритм, основанный на нелинейном методе наименьших квадратов, для подгонки смоделированного спектра, состоящего из компонент, представленных в численной форме, как универсального способа для ЭПР-дозиметрии с использованием других материалов. Однако в исследовании учитывались малые дозы, соответственно погрешности, возникшие при обработке спектров являлись специфичными для облучения в диапазоне малых доз. Анализ же литературных данных показывает, что при больших дозах риск погрешностей различается и требует отдельной интерпретации.

В результате проведенного исследования проведена апробация методики анализа ЭПР-спектров облученной эмали зубов человека в условиях острого гамма-облучения при дозах до 5 Гр (2,4,5 Гр). Проведена оптимизация и модификация этапа считывания и статистической обработки полученных спектров ЭПР облученной эмали зубов, результаты которых могут использоваться при дальнейших исследованиях индивидуальной физической дозиметрии в НЯЦ РК, а также для пополнения банка экспериментальных данных развития ЭПР-дозиметрии в Казахстане.

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ НА
ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР α Si-p-i-n ДЛЯ РАДОНОМЕТРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ
АКТИВНОСТИ РАДОНА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ**

*Раджапов С. А. *, Муллагалиева Ф. Г. **, Раджапов Б. С., Зуфаров М. А.*

Физико-технический институт НПО “Физика-Солнце” АН РУз
Узбекистан, 100084, Ташкент, ул. Чингиза Айтматова 2“Б”

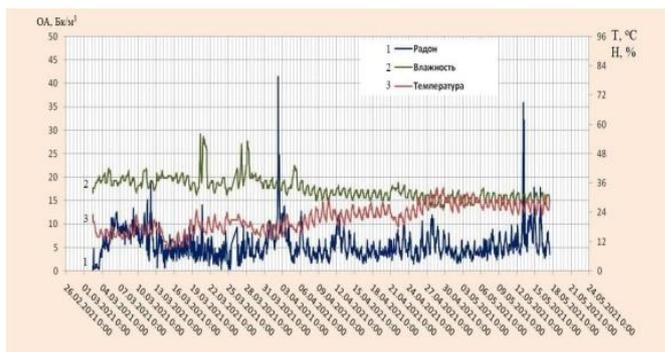
* e-mail: rsafti@mail.ru

** e-mail: fmullagalieva@mail.ru

В настоящее время во многих странах проводится мониторинг концентрации радона в различных средах. Известно, что воздействие радона формирует более половины эффективной дозы облучения, получаемой человеком от всех источников радиации. Контроль излучения также необходим при работе с радиоактивными изотопами. В связи с этим требуются компактные точные приборы для регистрации излучения слабой активности. Прибор такого назначения может быть необходим также для проведения геологических поисково-разведочных работ урановых месторождений, при контроле экологии и охране окружающей среды, в металлургии

В данной работе приводится описание разработанного радиометра для экспрессного измерения объемной активности радона (ОА) на базе высокочувствительных детекторов больших размеров (диаметром 30-100 мм) на основе гетероструктур α Si-p-i-n. Компактность, безопасность и малая потребляемая мощность делают полупроводниковые детекторы (ППД) удобными для создания мобильных устройств, измеряющих интенсивность различных видов излучений. Основное назначение ППД заключается в обеспечении процесса взаимодействия потока ионизирующего излучения с физической средой и преобразования актов взаимодействия в электрические сигналы, которые могут быть зарегистрированы соответствующей измерительной аппаратурой.

Нами была разработана технология изготовления детекторов больших размеров на основе гетероструктур α Si-p-i-n для радиометров радона. Исследованы их электрофизические и радиометрические характеристики [1]. Разработана структура радиометра, электронная схема микроконтроллера [2]. Разработанным радиометром проведен мониторинг концентрации радона в подпочвенном слое и на воздухе на различных территориях. Определены значения концентрации радона в зависимости от температуры и влажности. Измерения проводились в режиме реального времени и данные отображались на мониторе компьютера. Через GSM/SMS - модуль информация может передаваться на телефон исследователя, а также передаваться на монитор персонального компьютера. Прибор может использоваться как в полевых условиях, так и стационарно.



На рисунке 1 представлены результаты измерений объемной активности радона, температуры, влажности в скважине глубиной 300 м на территории г. Ташкента.

Полученные измерения показали всплеск объемной активности радона в отдельные дни, что может быть связано с деформациями земной коры на данной территории. Республика находится в сейсмоактивной зоне.

Литература:

1. Radzhapov S.A. A Versatile Spectrometer Based on a Large-Volume Si(Li) p-i-n Structure // Instruments and Experimental Techniques. New York, 2007. Vol. 50. № 4. pp. 452–454.
2. R. A. Muminov, S. A. Radzhapov, F. G. Mullagalieva, B. S. Radzhapov, M. A. Zufarov, K. M. Nurboev and G. M. Akhmedov. Development of High-Efficiency Silicon Detectors and Electronic Components for a Radiometer of Alpha Radiation // Instruments and Experimental Techniques. 2021. Vol. 64. No. 3. pp. 444–449.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОВМЕСТНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ Pu, U и Tc ИЗ ПРИРОДНЫХ ПРОБ ВОДЫ

Кузьменкова Н.В.^{1,2}, Рожкова А.К.^{1,2}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

Большую сложность при анализе природных объектов представляет исследование образцов воды, при работе с низкими концентрациями радионуклидов в природных водах объем пробы составляет 100-200 л, поэтому необходимо дополнительно проводить преконцентрацию искомых радионуклидов. Нами разработана методика совместного выделения и определения Pu, U и Tc из природных проб воды больших объемов с выходами 40-70%. При осаждении гидроксида железа (II) из больших объемов природных вод (50-200 л) происходит соосаждение всех радионуклидов, при дальнейшем осаждении гидроксида железа (III) отделяют актиниды от ⁹⁹Tc, используя экстракционно-хроматографические смолы (TEVA, TRU) производят разделение актинидов для дальнейшего определения. Для модельных растворов морской воды выходы составили для технеция - 38%, плутония - 62% и урана - 43%, для модельных растворов пресной воды выходы составили 33%, 67% и 41%, соответственно. Альтернативным способом выделения актинидов является соосаждение с диоксидом марганца – позволяет с высокими выходами сконцентрировать отдельно актиниды из больших объемов проб: 70% для урана, 95% – америция и 65% – плутония. При концентрировании радионуклидов с диоксидом марганца не происходит осаждения соединений магния, что позволяет широко применять этот метод для проб с большим содержанием солей и органического вещества.

Разработка экспрессных, селективных и эффективных методик выделения радионуклидов из объектов окружающей среды и подготовка счетных образцов для масс-спектрометрических измерений является актуальной проблемой современной радиоэкологии. Ускорительная масс-спектрометрия (УМС) – самый чувствительный метод для изотопного анализа веществ. Современные радиометрические методы не могут конкурировать с УМС в решении многих проблем. Однако для полноценного использования масс-спектрометрических методов в радиоэкологических целях необходима тщательная радиохимическая подготовка исследуемых образцов. Был проведен анализ методов концентрирования и выделения Pu, U и Tc, разработана методика и выполнено разделение радионуклидов из природных проб воды оз. Ханка и Японского моря для дальнейшего детектирования с использованием УМС в Институте Окружающей Среды в г.Сиань.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-43-00025).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕРАДИОАКТИВНОГО ОКСИДА СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПСВ УРАНА

Кылышканов М.К., Ярошенко Н.Н., Хлебникова И.А

АО «УМЗ», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

При проведении опытно-промышленных испытаний апробирована технологическая схема извлечения скандия из возвратных растворов ПСВ урана, включающая сорбцию на ионите марки MTS 9580 (производитель - фирма Purolite) с периодической десорбцией балластных примесей и получением скандийсодержащего концентрата. Разработана новая последовательность технологических приемов радиоочистки скандийсодержащего концентрата, основанная на различной растворимости радиоактивных элементов и скандия в карбонатных растворах, с образованием нерастворимых комплексов макрокомпонентов, присутствующих в дезактивируемом концентрате скандия, позволяющая получать оксид скандия с содержанием целевого компонента более 94 %, с уровнем удельной активности менее 0,3 кБк/кг. Изучены и определены оптимальные условия удаления радиоактивных примесей из концентрата и режимы выщелачивания скандия из дезактивированного остатка, содержащего скандий и макропримеси.

РАСЧЕТ ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-АНАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ
ТРАНСАКСИАЛЬНЫХ ЗЕРКАЛ

Спивак-Лавров И.Ф., Байсанов О.А., Шарипов С.У., Уринбаева Г.Т.

Актюбинский региональный университет им. К.Жубанова, Актюбе, Казахстан

Одна из основных задач, решаемых при расчете корпускулярно-оптических систем (КОС), связана с вычислением реализуемых в них электрических и магнитных полей. При этом, как правило, приходится решать задачу Дирихле для скалярного потенциала, удовлетворяющего уравнению Лапласа. Расчет КОС значительно упрощается, если поле удается описать с помощью замкнутых аналитических выражений для потенциала.

Потенциалы трансаксиальных КОС в цилиндрической системе координат ρ , ψ , z зависят только от переменных ρ и z и удовлетворяют уравнению Лапласа:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0. \quad (1)$$

Наиболее общим методом решения граничной задачи Дирихле для уравнения (1) является метод разделения переменных. При этом потенциалы представляются в виде рядов функций Бесселя. Однако эти решения из-за плохой сходимости рядов неудобно использовать при численных расчетах. В данной работе найдены простые приближенные выражения для электростатического потенциала, с хорошей точностью описывающего поле трехэлектродной трансаксиальной линзы. Такие зеркала можно использовать при создании времяпролетных масс-спектрометров.

Трехэлектродная трансаксиальная линза или зеркало представляет собой две параллельные пластины, разрезанные прямыми круговыми цилиндрами радиуса R_1 и R_2 , ось которых совпадает с осью z [1]. Такая линза схематически изображена на рис. 1. На рисунке показана также сопутствующая декартова система координат x , y , z . Начало декартовой системы координат находится в средней плоскости линзы, совпадающей с плоскостью xy ; V_0 , V_1 и V_2 – потенциалы электродов, d – расстояние между пластинами. Зазоры между электродами считаются бесконечно узкими. Вдали от краев пластин потенциал φ зависит только от переменных $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ и z .

Вводя безразмерные переменные [1]:

$$\eta = \ln \frac{\rho}{R}, \quad \zeta = \frac{z}{R}, \quad (2)$$

где $R = \sqrt{R_1 R_2}$, сведем уравнение (1) к двумерному уравнению Лапласа, решение которого находится в аналитическом виде с помощью методов ТФКП.

При исследовании динамики пучков заряженных частиц в трансаксиальных зеркалах используются безразмерные уравнения Ньютона. Уравнения движения заряженной частицы с зарядом q и массой m в электростатическом поле в безразмерных декартовых координатах x , y , z можно записать в следующем виде:

$$\ddot{x} = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad \ddot{y} = \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad \ddot{z} = \frac{\partial \varphi}{\partial z}. \quad (3)$$

Здесь потенциал φ измеряется в единицах V_0 , за единицу длины берется величина d , точки обозначают производные по безразмерному времени $\tau = t/\tau_0$, где

$$\tau_0 = d \sqrt{m/qV_0}. \quad (4)$$

Работа выполнена в рамках проекта с грантовым финансированием Комитета науки МОН РК (ИРН AP09258546).

Литература:

1. Spivak-Lavrov I. Analytical Methods for the Calculation and Simulation of New Schemes of Static and Time-of-Flight Mass Spectrometers // Advances in Imaging and Electron Physics. – Burl.: A.Press, 2016. – V.193. – P. 45-128.

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИВЕДЕНИЮ ОБЪЕКТА «ЛИРА»
В БЕЗОПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ**

Агеева Т.И., Глущенко В.Н., Моренко В.С., Швырев С.И.

РГП Институт ядерной физики, г.Алматы, Казахстан

На начальном этапе разработки Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) для обеспечения экологически безопасных условий хранения конденсата в 1983-84 г.г. на территории КНГКМ 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, сеть наблюдательных скважин и участок территории, ограниченный координатами горного отвода.

В 1997 году при передаче месторождения в разработку компания, созданная альянсом иностранных инвесторов, отказалась от использования объектов ПЯВ. По условиям окончательного соглашения о разделе продукции КНГКМ Республика Казахстан взяла на себя обязательства по исследованию и мониторингу объекта «Лира».

При этом 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 контролируемого радиационно-опасного объекта, вызывало беспокойство 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, и с 1998 г. начаты работы по ее 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 в подземных емкостях, созданию динамического потока жидкости из водоносных горизонтов 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, проводятся мероприятия по замене наиболее изношенных узлов устьевой трубопроводной обвязки. Также выполнены геофизические исследования состояния скважин и емкостей и 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 был разработан концептуальный проект по приведению объекта в состояние длительного безопасного хранения с вариантами технических решений по обращению с подземными емкостями. 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. Однако существует проблема определения правового статуса объекта «Лира». В существующем на сегодняшний день нормативно-правовом поле Республики Казахстан отсутствуют законодательные документы и документы нормативно-правового регулирования в отношении объектов подземных ядерных взрывов в мирных целях.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И РАСТЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ СИП

Горлачев И.Д., Харкин П.В., Глуценко Г.М., Матиенко Л.Д., Желтов Д.А.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Семипалатинский ядерный полигон является одним из крупнейших испытательных полигонов в мире. Ядерные взрывы здесь проводились не по всей территории, а только на специально подготовленных площадках. Всего было проведено 456 ядерных испытаний (616 ядерных взрывов). Общая площадь СИП составляет 18 500 км². В течение многих лет Семипалатинский ядерный полигон обращал на себя внимание как источник радиационной опасности для местного населения.

В настоящее время на территории полигона развивается хозяйственная деятельность. На СИП появились места постоянного проживания пастухов и членов их семей (зимовки), стада овец и табуны лошадей выпасаются на всей территории полигона. Поэтому важное значение приобретает экологический аспект исследования объектов окружающей среды с точки зрения их потенциального влияния на здоровье местного населения. При этом качество воды становится не единственным критерием экологического благополучия. Большое значение приобретает также потенциальный риск, связанный с возможностью попадания химических элементов в организм человека через цепочку растения→домашние животные→человек.

Определение содержаний тяжелых металлов выполнялось в надземной части растений, так как именно это часть поедается животными. Для исследования транслокации элементов-загрязнителей в системе «донные отложения/вода - растения» параллельно с пробами воды, почвы и донных отложений был проведен отбор доминирующих видов растений (тростник южный и чий блестящий). Сравнения проводились с верхними границами диапазонов содержаний микроэлементов в надземной части растений по всему миру.

Как следует из полученных содержаний химических элементов в растениях реки Шаган, наибольшую опасность для человека могут представлять элементы: Al, As, Mn, Ni и U. Для уменьшения риска накопления тяжелых металлов в организме человека через цепочку: растения → животные → человек можно было бы рекомендовать не использовать для кормления домашних животных растения, произрастающие в точках Т-2, Т-5, Т-50 и Т-51 реки Шаган. В растениях, отобранных в этих точках, наблюдаются высокие среднесезонные содержания урана, относящегося к I классу опасности.

Для большинства изученных радионуклидов в растениях реки Шаган измеренные значимые (выше предела определения методики) среднесезонные и максимальные удельные активности гораздо ниже принятых значений предельно допустимых концентраций (ПДК).

Анализ содержаний микроэлементов в растениях реки Узынбулак показывает, что концентрации бериллия, марганца и цинка не превышают диапазоны содержаний этих микроэлементов в надземной части растений по всему миру, несмотря на их повышенные содержания в донных отложениях, а для бериллия – и в воде. Из этого можно сделать вывод, что для этих элементов коэффициенты перехода из почвы и воды в растения невелики.

Несмотря на достаточно высокие содержания ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ¹³⁷Cs в пробах донных отложений, существенно превышающие уровни глобальных выпадений, значимый переход и накопление ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ¹³⁷Cs растениями ручья Узынбулак не происходит. Иная ситуация для ⁹⁰Sr. Следствием больших содержаний ⁹⁰Sr в пробах воды и донных отложений являются большие среднесезонные удельные активности ⁹⁰Sr в пробах растительности ручья Узынбулак.

Повышенные среднесезонные содержания урана, молибдена и лития в растениях ручья Карабулак могут быть объяснены их высокими содержаниями в пробах воды и донных отложений. Хотя пространственное распределение этих элементов в разных типах проб не всегда совпадают.

Среднесезонные и максимальные по сезонам содержания ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в растениях вдоль русла ручья Карабулак существенно ниже ПДК. Таким образом, несмотря на достаточно высокие содержания этих нуклидов в пробах донных отложений, существенно превышающие уровни глобальных выпадений, значимый переход и накопление ²³⁹⁺²⁴⁰Pu растениями не происходит. Иная ситуация для ⁹⁰Sr. Следствием больших содержаний ⁹⁰Sr в пробах воды и донных отложений являются большие среднесезонные удельные активности ⁹⁰Sr в некоторых пробах растительности ручья Карабулак, превышающие ПДК.

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ТЕРРИТОРИИ СИП

Горлачев И.¹, Дюсембаева М.², Харкин П.¹, Лукашенко С.³

¹ Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

² Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, г. Курчатов, Республика Казахстан

³ Российский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Проведенные ранее исследования показали, что помимо радиоактивных загрязнений на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) существуют участки с высоким содержанием тяжелых элементов, для которых характерна высокая токсичность и канцерогенное действие.

Для проверки этого предположения была изучена сезонная загрязненность тяжелыми элементами и искусственными радионуклидами некоторых водных объектов СИП. С этой целью летом, осенью и весной 2018 года были отобраны пробы воды в выбранных точках реки Шаган, ручьев Узынбулак и Карабулак, а также колодцах и скважинах, питающихся от подземных источников воды.

В качестве интегральных параметров оценки степени загрязненности водных объектов были выбраны индексы загрязненности воды тяжелыми металлами 1 и 2 классов опасности (НМИ) и радионуклидами (RI), используемые в нормативной литературе для определения гигиенических критериев качества питьевой воды. Качество воды считается пригодным для использования в питьевых целях, если НМИ и RI не превышают 1.

В результате проведенных исследований было установлено, что превышения уровня вмешательства по тритию в воде реки Шаган наблюдаются только в 4 точках вблизи места вытекания реки Шаган из "Атомного" озера. Эти превышения составляют 20% – 30%. В этих же точках RI превышает 1. Наличие больших содержаний в воде трития и относительно высоких содержаний радионуклида ⁹⁰Sr на расстоянии от 5 до 14 км от "Атомного" озера свидетельствует о том, что источник их происхождения напрямую не связан с поступлением загрязненных поверхностных вод из "Атомного" озера. В данном случае, по-видимому, имеет место поступление радионуклидов с загрязненными подземными водами.

Превышения ПДК в воде для тяжелых металлов наблюдается в разной степени для всех точек пробоотбора реки Шаган. Особенно настораживают большие содержания урана и лития. Уран как химический токсикант относится к первому классу опасности. Его максимальные содержания приходится на исток и среднюю часть русла. При приближении к месту впадения реки Шаган в Иртыш содержания урана уменьшаются, хотя и в этом случае они близки к ПДК. Содержания лития превышают значение ПДК в воде во всех точках сезонных пробоотборов от 1.3 до 8.3 раз. Во всех точках пробоотбора НМИ превышает единицу и изменяется от 3.8 до 9.1.

Вода реки Шаган не используется местным населением в качестве питьевой воды. Однако повсеместно водой из реки поят домашний скот. Это может привести к накоплению тяжелых металлов в организме человека через цепочку: вода → животные → человек.

Для большинства точек пробоотбора ручья Карабулак и Узынбулак относятся к объектам с повышенными содержаниями искусственных радионуклидов и не могут использоваться в качестве объектов водопользования. В этих точках содержания ³H или(и) ⁹⁰Sr превышают соответствующий уровень вмешательства. Учитывая, что основным источником поступления радионуклидов в ручей Карабулак является, по-видимому, штольни с водопроявлениями №511, №506 и №505, а в ручей Узынбулак - штольня с водопроявлениями №177 необходимо провести мероприятия по исключению попадания воды этих штолен в соответствующий ручей.

Для среднесезонных значений превышения ПДК в пробах воды ручья Карабулак были обнаружены для 10 химических элементов - U, Be, Fe, Mn, Mg, Mo, Al, Li, Na, Ca. Особенно настораживают большие содержания урана и бериллия, относящиеся к первому классу опасности. Наиболее загрязненным ураном является приток 3. Далее по течению после слияния притока 3 с притоками 1 и 2 содержания урана постепенно уменьшаются, хотя все равно превышают значение ПДК. Содержания урана в притоках 1 и 4 не превышают значения ПДК. Таким образом, можно сделать вывод о локально неоднородном распределении урана в пробах воды ручья Карабулак. Общей особенностью распределения бериллия в пробах воды ручья Карабулак является наличие максимальных концентраций элемента в точках, соответствующих истокам притоков и постепенное уменьшение содержаний бериллия по мере приближения к точкам слияния притоков. Во всех точках пробоотбора НМИ превышает единицу и изменяется от 2.0 до 29.

Для среднесезонных значений превышения ПДК в пробах воды ручья Узынбулак были обнаружены для 3 химических элементов – U (1 класс опасности), Be (1 класс опасности) и Fe (3 класс опасности). При этом прослеживается корреляция между содержаниями урана и бериллия. Резкое увеличение содержаний этих элементов наблюдается в точках пробоотбора 1 и 6. Это, по-видимому, свидетельствует о поступлении элементов с грунтовыми водами по тектоническим разломам в районе точек 1 и 6 и их распространением вдоль русла. Таким образом, химический состав воды ручья Узынбулак может быть объяснен локально

гидрогеохимическими факторами. Во всех точках пробоотбора НМІ превышает единицу и изменяется вдоль русла ручья от 2.8 до 36.

Для исследованных колодцев и скважин во всех точках пробоотбора RI не превышает 1. Таким образом, применительно к индексу RI вода исследованных объектов водопользования пригодна для использования в питьевых целях.

Для среднесезонных значений превышения ПДК были обнаружены для 5 химических элементов – U (1 класс опасности), Li (2 класс опасности), Na (2 класс опасности), Mn (3 класс опасности) и Fe (3 класс опасности). Практически для всех точек пробоотбора параметр НМІ превышает 1. Исключение составляют колодцы зимовки Arshaly и летника Kokish, для которых индекс НМІ меньше 1.

Учитывая, что вода подземных источников водоснабжения в настоящее время уже используется в питьевых целях необходимо провести мероприятия по очистке воды от солей (прежде всего сульфатов и хлоридов) во всех исследованных колодцах и скважинах. Исключения составляют пробы воды трех колодцев северной части СИП (летника Kokish, зимовок Zhamankuduk и Arshaly), в которых вода с точки зрения физико-химических параметров пригодна для использования в питьевых целях.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ SM-151 В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРА-НИЗКОФОНОВОГО ЖИДКОСЦИНТИЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА QUANTULUS 1220

*Сальменбаев С.Е., Берікхан Қ.Ә., Жамалдинов Ф.Ф., Тулеубаева Р.К., Понтак К.А.,
Миратова А.М., Керимкулова Ж.У.*

Институт Радиационной Безопасности и Экологии РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Республика Казахстан

Почва представляет собой сложную многокомпонентную систему, в которой накапливаются различные токсичные вещества, в частности радионуклиды, которые далее могут попасть в организм человека посредством пищевых цепочек. При этом поглощение радионуклидов компонентами почвы может происходить вследствие различных механизмов, например, адсорбции аморфными частицами на поверхности минеральных частиц, включением атомов в кристаллическую структуру минералов и т.д. Для фиксации радионуклидов в почве немаловажное значение имеют не только их физические и химические свойства, условия окружающей среды, но и характер образования радиоактивных частиц. Например, наземные испытания ядерного оружия, при которых происходило высокотемпературное взаимодействие почвенных частиц с огненным шаром, привели к образованию труднорастворимых остеклованных частиц, в которых зафиксированы радионуклиды, причем в труднорастворимой форме может находиться даже такой радионуклид как ^{90}Sr .

Важнейшие, с точки зрения радиоактивного загрязнения, радионуклиды принадлежат к радиоактивным цепочкам под номерами: 89-93, 95, 97, 99, 103, 106, 131-133, 135, 137, 140, 141, 143, 144, 147, 149 и 151. Эти радионуклиды вносят наиболее существенный вклад в активность смеси осколков деления. Одним из таких радионуклидов, наработка которого может также происходить и в результате нейтронной активации, является ^{151}Sm ($T_{1/2} \sim 90$ лет). По оценочным данным в результате наземных и атмосферных испытаний, проведенных на территории Республики Казахстан, в окружающую среду могло быть диспергировано порядка $6,1 \cdot 10^5$ Ки ^{151}Sm . В это же время уровень радиоактивного загрязнения почвенного покрова ^{151}Sm и характер его пространственного распределения до сих пор остаются неизвестными.

Целью данной работы является разработка способа радиохимического определения ^{151}Sm в почвенных образцах с использованием ультра-низкофонового жидкостцинтиляционного спектрометра Quantulus 1220.

Основными критериями при выборе анализируемых образцов почвы было наличие в них ^{137}Cs – как возможного индикатора присутствия ^{151}Sm , и отсутствие радиоактивных изотопов Eu – как основного мешающего радионуклида. Значения удельной активности ^{137}Cs в исследуемых образцах варьировали от 3,6 до 780 Бк/кг. Пробы почвы отбирались точно, площадь отбора составляла 100 см^2 , глубина отбора – 5 см.

Предлагаемый способ определения ^{151}Sm включает полное кислотное разложение образцов почвы концентрированными растворами кислотам и их смесями, выделение и радиохимическую очистку изотопов самария с использованием ионообменных смол, а также операцию осаждения малорастворимых соединений. Для определения химического выхода в каждый образец предварительно вносилось по 0,5 мг носителя Sm^{3+} .

В ходе работы проанализированы и оценены радиохимическая очистка фракции Sm от мешающих бета-излучателей, а также влияние природного самария на химический выход. Вклад природного самария рассчитанный относительно кларка не превышает 8%, а по отношению к экспериментально определенному

количеству – 0,5% (для образцов почвы массой 5 г). Однако, тем не менее, целесообразным представляется удвоение количества добавляемого носителя (до 1 мг на образец), что позволит снизить вклад природного самария до 4% (относительно кларка). Оценка радиохимической чистоты выделенной фракции самария указывает на возможность ее загрязнения некоторым остаточным количеством изотопов стронция, максимальное количество которого, очевидно, не превысит 5%. Удельная активность всех других рассмотренных радионуклидов находится ниже пределов обнаружения.

Для измерения активности ^{151}Sm использовался ультра-низкофоновый жидкосцинтилляционный спектрометр Quantulus 1220. Перед приготовлением спектрометрических источников выделенные фракции самария выдерживались не менее 14 дней для распада короткоживущего ^{90}Y . Для построения кривой гашения ^{151}Sm использовался метод СИМАТ/NIST. Измеренная активность ^{151}Sm для проанализированных поверхностных проб почвы колеблется от 158 ± 24 до 288 ± 40 Бк/кг. Корреляционная зависимость между содержанием в исследуемых образцах ^{137}Cs и ^{151}Sm не обнаружена, что вероятно обуславливается различиями в физико-химических свойствах материнских радионуклидов, а именно наличием у ^{137}Cs газообразных предшественников.

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ПЕРЕНОС УРАНА И ДРУГИХ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДАМИ РЕК, ВТЕКАЮЩИХ В КАЗАХСТАН ИЗ КЫРГЫЗСТАНА

Солодухин В.П.¹, Дженбаев Б.М.², Ленник С.Г.¹, Севериненко М.А.¹, Кабирова Г.М.¹, Жолболдиев Б.Т.², Левашов М.А.¹, Желтов Д.А.¹, Быченко А.Н.¹

¹ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

² Институт биологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

На территории Кыргызстана в пределах трансграничного водного сектора «Кыргызстан – Казахстан» 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. 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.

Представлены результаты изучения радиационной обстановки и степени загрязненности ЕРН и ТЭ 11-ти трансграничных рек (р. Кичи-Кемин, р. Шу, р. Шор-Коо, р. Аксу, р. Карабалта, р. Токтас, р. Саргоу, р. Ойранды, р. Кайындысай, р. Аспара, р. Талас) и Большого Чуйского канала на 16-ти контрольных пунктах (КП) в местах их втока на территорию Казахстана из Кыргызстана. Изучаемые объекты окружающей среды (ООС): вода (отфильтрованная, диаметр пор 0.25 мкм), донные отложения, береговая и пойменная почва. Используемые методы: ИГС, РФА, МС-ИСП, ОЭС-ИСП, α -спектрометрия с предварительной радиохимией.

На основе данных РФА установлена значительная загрязненность дна, поймы и побережья р. Кичи-Кемин многими химическими элементами: Zn, Zr, Nb, Mo, Pb, Th, РЗМ – следствие сейсмического разрушения дамбы хвостохранилища на месторождении Ак-Тюз в 1964 г. В пойменной почве и седименте многих других рек обнаружено большое содержание U, As, Sr и Вг. На основе данных ИГС об удельной активности в этих же ООС отдельных ЕРН (^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ac) рассчитаны значения мощности поглощенной дозы (МПД). Расчеты выполнены по методике, рекомендованной научным комитетом по действию атомной радиации (НКДАР) при ООН. Установлено, что значения МПД на всех КП превышают соответствующее среднемировое значение 60 нГр/ч, но не представляют опасности для местного населения, т.к. существенно уступают значению санитарного норматива РК 300 нГр/ч.

Методами МС-ИСП и ОЭС-ИСП изучен элементный состав проб воды, отобранных на всех КП. Среди полученных данных особо выделяется уран (химический элемент 1-го класса опасности), значительное содержание которого характерно для подавляющего большинства изученных вод. Концентрация этого элемента в водах, отобранных на 9-ти КП в реках Шор-Коо, Карабалта, Токтас, Саргоу, Ойранды и Кайындысай, превышает соответствующее ему значение ПДК_{ВОЗ}=30 мкг·кг⁻¹ для питьевых вод в (1,1-6,7) раз. В этих же водах установлено повышенное содержание Li, As, Sr, Mo и В.

В соответствии с требованиями «Санитарных правил РК», на основе полученных методами МС-ИСП и ОЭС-ИСП данных о содержании химических элементов 1-го и 2-го классов опасности (As, В, Ва, Li, Мо, Pb, Sb, Sr, U), рассчитаны значения суммарной токсичности – «Лимитирующий показатель вредности (К_{лпв})» всех изученных проб воды. Установлено, что для большинства изученных вод значение этого показателя превышает (для многих – значительно) санитарный норматив К_{лпв}=1, то есть эти воды загрязнены токсичными элементами на территории Кыргызстана.

Методом РХА с α -спектрометрическим окончанием определены значения активности изотопов урана ^{234}U , ^{238}U и величин их отношения в пробах воды, отобранных на всех КП. Установлено, что по признаку радиационной токсичности (в отличие от химической), уровень содержания изотопов урана в изученных водах не представляет серьезной опасности. Сведения о значении величины отношения активностей изотопов ^{234}U и ^{238}U весьма важны для выяснения вопроса о виде загрязнения (природное или антропогенное) воды этим элементом. Полученные по этому показателю данные свидетельствуют о наличии во многих изученных водах, особенно в водах рек Ойранды, Шор-Коо и Токтас, техногенной составляющей урана. Эти реки (с учетом значительной химической токсичности их вод) являются наиболее перспективными для дальнейших исследований.

УРАН-ИЗОТОПНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ УРАНОВЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Тузова Т.И.

Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Изучен изотопный состав урана (общее содержание и отношение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) в поверхностных и подземных водах в районах бывших урановых месторождений Кыргызской Республики. В районе Каджисай (Южное побережье озера Иссык-Куль) обнаружено выклинивание вод (ручей Джилису) из-под завалов уранового хвостохранилища с повышенным содержанием урана (2-5 ПДК) и концентрации урана на пределе допустимых для питьевых вод в подземных водах, используемых для водоснабжения города Каджисай [1].

В районе Майлуу-Суу имеется капельное высачивание с недопустимо высокой концентрацией урана (до 200 ПДК) из-под хранилища №5 [2]. Показано, что объем этого высачивания в настоящее время ничтожен, он каптируется и не загрязняет поверхностные воды до опасных концентраций по урану. Если в верховьях р.Майлуу-Суу, воды которой ледникового типа питания, содержание урана составляет 0,2-0,3 ppb, то в районе г. Май-лусуу (ниже урановых хвостохранилищ) и до границы с Узбекистаном оно не превышает 5-9 ppb, то есть в 3-6 раз ниже предельно допустимых концентраций.

Рекомендована организация постоянного мониторинга за содержанием урана в обнаруженных пунктах выклинивания подземных вод и их полная изоляция. Подтвержден сделанный ранее [3] однозначный вывод о необоснованности бытующего десятилетиями мнения о радиационном загрязнении Ферганской долины водами р.Майлуу-Суу.

Литература:

1. Матвеева И.В., Назаркулова Ш.Н., Тузова Т.В. и др. Изотопы урана в водах хвостохранилищ рудника Каджи-Сай. Вестник КазНУ, серия химическая, 2015, №4(80), с.61-67. <http://bulletin.chemistry.kz/dx/doi.org/10/15328/cb600>.
2. Тузова Т.В., Адылова М.А., Зорий П. Радиоэкологические и инженерно-геологические особенности формирования стока бассейнов рек Нарын-Карадарья-Сырдарья. // Инновационные технологии в решении актуальных проблем сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии // Материалы международной конференции, посвященной 110-летию академика Г.А.Мавлянова, Ташкент, IMPRESS MEDIA, 2020, с.316-321.
3. Орозобаков Т.О., Васильев И.А., Алёхина В.А., Маматибраимов С. Радиационная опасность Майлуу-Суу. Миф или реальность? // Известия НАН КР, 2007, № 3, с.62-68.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРООБРАЗА НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ**

Глуценко В.Н.¹, Красноперова М.В.¹, Моренко В.С.¹, Харкин П.В.¹, Кипс Р.², Маркс Н.²

¹РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Республика Казахстан

²Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, США

В целях борьбы с незаконным оборотом ядерных материалов правоохранительные органы иногда приостанавливают перемещение некоторых грузов и материалов, если возникает подозрение, что они могут оказаться ядерными. Для того чтобы проверить обоснованность подозрений, задержанный материал направляется на ядерную экспертизу. Экспертиза должна ответить на два основных вопроса, а именно - является ли изъятое вещество ядерным материалом и какова степень его опасности для окружающей среды и населения.

Ядерная экспертиза, изъятых в процессе досмотра материалов, в Казахстане проводится в Институте ядерной физики. Если исследуемое вещество является ядерным материалом, то у следователя-криминалиста возникает еще один вопрос - где этот материал мог быть произведен?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо сравнить результаты анализа исследуемого образца с результатами исследований эталонных образцов, полученных от всех возможных производителей радиоактивных и ядерных материалов, которые должны находиться в специальной базе данных.

В рамках проекта МНТЦ К-2400 «Развитие материально-технического и нормативно-методического обеспечения экспертизы ядерных и радиоактивных материалов в Республике Казахстан» выполняемого при финансовой поддержке Министерства энергетики США в коллаборации с Ливерморской национальной лабораторией им. Лоуренса проводится работа по созданию прообраза национальной библиотеки ядерной криминалистики.

На начальном этапе были проработаны общие принципы построения национальных библиотек ядерной криминалистики с использованием материалов Международной Технической Рабочей Группы по ядерной криминалистике.

В процессе работы над проектом, по предварительно составленному аналитическому плану, было проанализировано 18 образцов ураносодержащих материалов (концентраты урановой руды, ураносодержащие порошковые пробы, растворы и топливные таблетки). Анализ образцов проводился несколькими методами, такими как дозиметрия, оптическая микроскопия, электронная микроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, гамма-спектрометрия, альфа-спектрометрия, определение содержания общего урана титриметрическим методом, оптико-эмиссионная и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

Для представления результатов исследований образца в сжатой форме, обеспечивающей Эксперту удобство сопоставления данных, была разработана соответствующая таблица – аналитический портрет образца. Аналитический портрет включает сведения об агрегатном состоянии образца, его цвете, изображении, описании размеров частиц, процентном содержании общего урана, удельных активностях изотопов урана, процентном содержании урана-238, урана-235 и урана-234, различных изотопных соотношений урана, содержании редкоземельных и иных элементов. Для обеспечения сопоставимости данных все результаты исследований в аналитическом портрете представляются в заранее установленных единицах изменений.

Сравнение аналитического портрета исследуемого образца с рядом эталонов вручную является длительным и трудоемким процессом, поэтому с целью оптимизации этого процесса все численные величины из аналитических портретов эталонных образцов были перенесены в таблицу каталога базы данных, туда же помещены географические координаты производителей и их реквизиты. Эксперту необходимо внести в каталог результаты исследований образца, импортировать полученную таблицу в программу STATISTICA и выполнить сравнение исследуемого образца с рядом эталонов с помощью многомерного кластерного анализа.

Кластерный анализ - это метод классификационного анализа, который предназначен для разбиения множества исследуемых объектов (образцов) и признаков на однородные группы, или кластеры. Предполагается, что исходные данные могут быть значительного объема, то есть существенно большим может быть, как количество образцов, так и сигнатур, характеризующих эти образцы.

Результаты кластерного анализа можно представить в виде древовидной диаграммы, которая позволяет визуально определить какому из эталонных образцов соответствует исследуемый образец и оценить степень соответствия. Эксперту будет достаточно сравнить только аналитические портреты исследуемого образца и наиболее близкого к нему эталона и составить заключение.

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Айдарханова А.К., Ларионова Н.В., Мамырбаева А.С., Лаврикова Р.Г.

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

Весомую долю поверхностных водных объектов на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) составляют природные озера. Различные по площади (от нескольких десятков м² до нескольких км²) в большинстве случаев они имеют высокую степень минерализации (от 10 до 130 г/л), являются замкнутыми – не имеют ни притоков, ни оттоков, не связаны с подземными водами, часть из них пересыхает к середине лета. Озера расположены по всей территории полигона: на территории испытательных площадок (например, оз. Жангылды на площадке «Сары-Узень», оз. Соленое на площадке «Балапан», несколько озер без названия на площадке «Опытное поле»); в непосредственной близости к испытательным площадкам, т.е. в зоне их влияния (например, оз. Жингылды и оз. Котансор вблизи площадки «Сары-Узень», оз. Кишкенсор, оз. Шункурсор и др. вблизи площадки «Балапан», оз. Жаксытуз на границе площадки «Опытное поле» и др.); на следах радиоактивных выпадений и на условно «фоновых» территориях. В зависимости от расположения, озера имеют различные уровни радиоактивного загрязнения. Всего в рамках данной работы исследовано состояние радионуклидного загрязнения 40 природных озер СИП и прилегающих к нему территорий.

Основными источниками формирования радионуклидного загрязнения природных озер территории СИП являются радиоактивные выпадения от наземных испытаний ядерного оружия и глобальные выпадения. При этом, аккумулируя загрязнения в период его поступления, донные отложения являются индикатором радиоэкологического состояния водного объекта, а также могут быть источником вторичного радиоактивного загрязнения компонентов экосистемы водоема.

Содержание техногенных радионуклидов в воде большинства природных озер находится ниже предела обнаружения <0,01 Бк/кг для ¹³⁷Cs или ниже уровня вмешательства (УВ) для ⁹⁰Sr ($n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ Бк/кг) и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu ($n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-4}$ Бк/кг). Повышенные значения содержания ⁹⁰Sr фиксируются в воде оз. Жангылды ($1,9 \pm 0,3$ Бк/кг), в воде оз. на следе 1951 г. ($2,6 \pm 0,3$ Бк/кг) и оз. на следе 1949 г. ($4,7 \pm 0,7$ Бк/кг). Данные значения также не превышают УВ для ⁹⁰Sr (УВ = 4,9 Бк/кг), но в воде оз. Кишкенсор зафиксировано значение ⁹⁰Sr равное $16 \pm 1,5$ Бк/кг, что на порядок превышает УВ. В результате гидрогеологических исследований установлено, что данное радионуклидное загрязнение связано с подтоком загрязненных грунтовых вод, вымывающих ⁹⁰Sr из полостей скважин площадки «Балапан».

Концентрация техногенных радионуклидов в донных отложениях большинства природных озер в среднем достигает 200 Бк/кг – ¹³⁷Cs, 20 Бк/кг – ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Повышенные значения содержания радионуклидов фиксируются в донных отложениях оз. Жангылды: ¹³⁷Cs – 260 ± 50 Бк/кг, ²⁴¹Am – 17 ± 3 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 170 ± 26 Бк/кг и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 280 ± 30 Бк/кг. В донных отложениях оз. Кишкенсор фиксируется только повышенное значение содержания ⁹⁰Sr – 620 ± 90 Бк/кг. Также повышенные значения содержания техногенных радионуклидов фиксируются в донных отложениях оз. на следе 1951 г. (¹³⁷Cs – 87 ± 17 Бк/кг, ²⁴¹Am – 38 ± 8 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 118 ± 18 Бк/кг и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 290 ± 40 Бк/кг) и оз. на следе 1949 г. (¹³⁷Cs – 110 ± 10 Бк/кг, ²⁴¹Am – 63 ± 6 Бк/кг, ⁹⁰Sr – $6,9 \pm 0,9$ Бк/кг и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – 130 ± 10 Бк/кг), т.е. в тех же озерах, где фиксировались повышенные значения содержания ⁹⁰Sr в воде.

Аккумуляционная способность донных отложений по отношению к радионуклидам количественно характеризуется коэффициентом распределения K_p , который рассчитывается как отношение содержания радионуклида в донных отложениях к содержанию в воде. Для ²⁴¹Am и ¹³⁷Cs – K_p не рассчитан, так как численные значения их содержания в воде озер не зафиксировано. Для ⁹⁰Sr – K_p изменяется от $n \cdot 10^0$ до $n \cdot 10^3$, для ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – от $n \cdot 10^1$ до $n \cdot 10^6$. Из этого следует, что в системе «донные отложения – вода» природных озер ⁹⁰Sr в сопоставимых количествах содержится как в воде, так и в донных отложениях, в случаях где K_p равен $n \cdot 10^0$, а ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – преимущественно сосредоточен в донных отложениях.

В результате проведения исследований вертикального распределения радионуклидного загрязнения в донных отложениях озер, максимальные численные значения содержания ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu отмечаются в поверхностных слоях (0-6 см). Снижение концентрации радионуклидов с глубиной описывается экспоненциально. Исключением является оз. Кишкенсор, на профиле которого выявлен выраженный максимум содержания ¹³⁷Cs на глубине 8-10 см. Профиль ⁹⁰Sr показал равномерное распределение до глубины 15 см, без выраженного максимума. Но если численные значения ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am фиксировались до глубины 10-12 см, а ниже их содержание находилось ниже предела обнаружения, то численные значения содержания ⁹⁰Sr можно было зафиксировать на глубине до 30 см, что характеризует его высокие миграционные способности.

ЭПР-ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ РЕГИОНА ЛИРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ОБЛУЧЕНИЯ

Середавина Т.А., Муқан Ж.Т., Сушкова Н.С., Глуценко Н.В.

РГП Институт ядерной физики, г.Алматы, Казахстан

Для развития методологии ЭПР исследования облученности почвенных образцов регионов РК под влиянием факторов испытаний проведено экспериментальное изучение природы ЭПР-спектров проб почв региона Лира, изучены характеристики сигналов в спектрах фракций и слоев почв под воздействием условий отжига и облучения. Исходные и отожженные образцы почвы подвергали дополнительному облучению.

В ЭПР спектрах почвенных проб, разделенных на гранулометрические фракции, при выбранных условиях регистрировали сигналы от парамагнитных центров (ПМЦ) типа E_1' –центров, изучено изменение их в процессе длительного нагрева при 100°C.

Изменения [ПМЦ] наблюдали также при высокотемпературном отжиге (300, 420 и 470) °С, как и параметр сигналов. Изучение временных зависимостей [ПМЦ] в условиях термического воздействия, в частности, при 300°C, использовано для оценки энергии активации образования центров в исходных и вновь облученных пробах.

Облучение на ускорителе ИУ 10 с конвертором в рабочем режиме дозой 25 кГр по данным пленочной и ЭПР-дозиметрии проведено с целью выяснения типа ПМЦ, индуцируемых в кремнеземе гамма-излучением. После облучения образцы испытаны в условиях высокотемпературного отжига при 300 °С, (5 ÷25) минут.

В спектрах исходных почв сигналы имели g-факторы от 2,0001 до 2,002, облучение индуцирует ПМЦ типа исходных в отожженной почве из более глубокого слоя, не подверженной техногенному воздействию. В спектрах образцов, отожженных при 470°C, не содержащих реликтовых и техногенных E_1' -центров, накопление пмц при облучении имело немонотонный характер, обусловленный распределением предцентров в матрице кремнеземной фракции.

ЭПР-характеристики сигналов при отжиге и облучении могут служить индикаторами внешнего техногенного радиационного воздействия на почву, но для применения использованных подходов требуются дополнительные исследования.

**2nd INTERNATIONAL CONFERENCE
“NUCLEAR AND RADIATION TECHNOLOGIES
IN MEDICINE, INDUSTRY AND AGRICULTURE”**

1. Nuclear and Radiation Technologies Medicine

2. Radiation Technologies in Industry and Agriculture

**2-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*

CALCULATION OF RADIATION DOSE ENHANCEMENT BY GADOLINIUM COMPOUNDS FOR RADIATION THERAPY

Abdullaeva G.A., Kulabdullaev G.A., Kim A.A.; Nebesny A.F., Yuldashev D.O.

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

Cancer is major disease, affecting millions around the world, and though some research in cancer therapy is aimed at preventative measures and strengthening the immune system to recognize and combat it, the vast majority of research is an exercise in cell killing. Good therapeutic techniques are both selective and efficient, sparing healthy tissue and using as little foreign intervention in the body as possible. Most fall in two primary modalities: chemo- and radiation therapy. In principle, a better technique would be one that can somehow penetrate deep into the body and whose radiation is specifically absorbed in tumor cells only. Radiation therapy is frequently used in the treatment of cancer, with both curative and palliative intent. However, radiation doses that can be delivered to patients are limited by toxicity in the surrounding healthy tissue. Many efforts in Radiation Oncology have focused on approaches that aim to preferentially sensitize tumors to radiation whilst minimizing effects in normal tissues. An approach to maximize the differential response between tumor and normal tissue response, termed therapeutic ratio, is through the introduction of high-atomic number material into the target.

In this study, we evaluate the features of dose enhancement with an MRI contrast agent - Magnevist containing Gd. Due to the increased relaxation time and the high atomic number ($z=64$) Gd can be used in radiation therapy as a radiosensitizer. Our interest is related to the fact that we have previously studied the pharmacokinetics of Magnevist in intra-tumor and intramuscular injection in small animals, as the accumulation of gadolinium in glioma tumors of human brain [1-2]. To carry out a quantitative evaluation of the radiosensitization effect, it is necessary to determine a parameter called the dose enhancement factor-DEF. The DEF values were calculated based on the analysis of $\mu_{en/p}$ - the mass absorption coefficients for gadolinium and biological tissue at the energies of X – ray radiation - 27.0, 59.5, 100.7 and 324.3 keV. An increase in DEF is observed when the radiation energy is higher than the K-shell ionization energy of Gd atom. This fact indicating that the photoelectric effect plays a major role in radiosensitization, which strongly depends on the radiation energy.

References:

- [1] A. Kim, G. Kulabdullaev, Yu. Koblik et al. // IJNESE. 2014. V.4. № 2. P. 43.
- [2] G. Kulabdullaev, G. Abdullaeva, G. Djuraeva et al. // Open Phys. 2015. № 13. P. 183.

DOSIMETRIC AUDITS IN RADIATION THERAPY

Bakenova R.A.¹, Zhumadilov K.Sh.¹, Sukhikh E.S.²

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

² Tomsk Regional Oncology Center, Tomsk, Russia

Many governments around the world invest in radiotherapy equipment, as since many years there is a steady growth in number of cancer cases. Over 80% of radiotherapy equipment registered in IAEA hosted Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) database are linear accelerators. More and more machines in low and middle-income countries are able to deliver high precision radiotherapy, such as stereotactic radiotherapy (SRT) and intensity modulated radiotherapy (IMRT). However, the developments of dedicated audit methodologies suitable for these complex radiation treatment techniques have not been addressed accordingly in these countries. Currently, there are still deficient access of radiotherapy centres to the audits although it has proven to be very effective in identifying problems in clinical dosimetry. A medical physicist with support from an audit group can find the cause of the problems and resolve them. Dosimetry audits have been recommended by several international organizations as a necessary component of ensuring the safety of medical radiation uses.

An audit verifies that activities relating to the dose determination, planning and delivery do ensure that patients receive the intended doses. Participation in audits leads to improved practices resulting in increased

accuracy of dosimetry in a radiotherapy center. Another benefits include: independent review of methods, procedures, processes and data, by assessing effectiveness and functioning of the overall approach. Participation in audits can result in reduced uncertainties and in increased accuracy and consistency of radiotherapy dosimetry among centres. When new and complex technologies are introduced at the radiotherapy center, an audit can support and give confidence during that process. With increasing complexity of treatments which can produce more focused radiotherapy treatment, the QA methods should also reflect the same complexity. Therefore, the gradual development and extension of the scope of dosimetry audits, from single beam in reference conditions initially, to checking more parameters of dosimetry, complex irradiations, combined beams, treatment planning, equipment performance, new technology, etc. continues to increase the potential benefits.

There is a wide range of different practices of quality audits in radiotherapy, either reviewing the whole radiotherapy procedure or specific critical parts of it. Audits can be focused on basic dosimetry in reference conditions or extended to non-reference conditions where output for the asymmetric, wedged, oblique, MLC shaped, and large open fields can be checked. Profiles for open and wedged fields as well as percent depth doses are also often a part of the audit. There are also tests including the MLC transmission, leaf gap dosimetry and MLC positioning accuracy. Some audits are focused on Treatment Planning System (TPS) calculations for complex beam geometries such as 3-D conformal techniques or IMRT. Such audits are performed using semi-anthropomorphic and anthropomorphic phantoms.

More detailed information is available in recently published summary of worldwide auditing activities. The most up to date data can also be found on the DAN website. In accordance with the data collected in 2017, 45 institutions in 39 countries provide audits in radiotherapy. The IAEA jointly with the World Health Organization (WHO) delivers audits to radiotherapy centres in 60–70 countries per year, the Imaging and Radiation Oncology Core (IROC) Houston QA Centre together with the Radiation Dosimetry Service (RDS) also based in Houston, USA, in 60 countries and the EQUAL-ESTRO, Villejuif, France, in 40 countries. DAN services are reported annually.

There are countries where the national regulations require participation in an audit, but in many countries radiotherapy centres participate voluntarily. Hospitals usually participate in auditing activities on regular basis, every 1-2 years, however some DANs offer audits less frequently and some only by request. Most often audits concentrate on the dose delivered by high energy photon and electron beams with some extending the scope to brachytherapy, kV X-rays, and more specific types of equipment such as CyberKnife, TomoTherapy, GammaKnife or Intraoperative Radiation Therapy (IORT) machines. There are also three organizations which provide audit service for proton facilities.

HIGH-SENSITIVE COLOR INDICATOR OF ABSORBED DOSE OF EPITHEMAL NEUTRONS RADIATION

Kulabdullaev G.A., Kim A.A., Djuraeva G.T.; Nebesny A.F., Abdullaeva G.A., Yuldashev D.O.

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

Studies in the field of neutron-capture therapy (NCT) need in carrying out of the dosimetry allowing determination of absorbed dose in real time. Determination of absorbed dose at NCT is complicated by the fact, that exposure dose in site of irradiation is formed by different kinds of radiation - neutrons, electrons, x-ray and γ - radiation. Penetration distance of these kinds of radiation and mechanism of energy transfer in biological tissue are enormously differ. Therefore simultaneous high-efficiency registration of absorbed dose is a challenging task. During gadolinium neutron-capture therapy (GdNCT) the γ -radiation with average energy $\sim 2,76$ MeV, conversion electrons with energy ~ 68 keV, Auger electrons with energy $\sim 0,5$ keV, and X-ray radiation with energy ~ 10 keV are generated [1]. To determine the absorbed dose of neutron radiation correctly the information about neutron flux density, neutron spectrum and gadolinium concentration in tissue is required [2].

In our study the high-sensitivity colour indicator of the absorbed dose of radiation of epithermal neutrons for dosimetry of neutrons with energy 0 to 10 keV was developed. We had been developed the indicator on the basis of dye solution of arsenazo III and gadopentetic acid, allowing precisely define of absorbed dose in range 2 to 10E3 Gy. The properties of arsenazo III as metallic indicator, which change colour after binding of free ions of metals was used. Colour of the indicator solution before irradiation and after it is stable enough in time: at storage in the dark or at artificial illumination or at scattered sunlight. The developed indicator, consisting of solution of arsenazo III and gadopentetic acid, allows estimating the absorbed dose of epithermal neutron irradiation with good accuracy and

reduces the error of measurement related to changing colour of dye under the influence of other factors (light, temperature etc.) Dosimeter is tissue-equivalent and possesses high sensitivity to neutron radiation due to content of gadolinium in solution, which has great neutron capture cross-section. The developed dosimeter maintains spectrophotometric characteristics after irradiation within few weeks that allows using it for measurement of the absorbed dose, both in real time mode and with the delayed measurement within few weeks.

References:

- [1] Kulabdullaev, G.A., Abdullaeva, G.A., Koblik, Yu.N., Saitjanov, Sh.N., Kim, A.A., Djuraeva, G.T., 2013. The use of gadolinium in studies on neutron-capture therapy at the VVR-SM reactor. *Uzbek Journal of Physics*. V 15 (No. 5-6), 292-304.
- [2] Abdullaeva, G.A., Koblik, Yu.N., Kulabdullaev, G.A., Kim, A.A., Djuraeva, G.T., Nebeshyi, A.F., Saitjanov, Sh.N., 2013. Determination of kerma in biological tissue with gadolinium when irradiated by epithermal neutron beam of the VVR-SM reactor. *Atomic Energy*. v.115, N3, 166-169.

ILU ELECTRON ACCELERATORS FOR E-BEAM AND X-RAY

Bryazgin A., Bezuglov V., Shtarklev E., Pak A., Sidorov V., Tkachenko V., Voronin L., Korobeinikov M.

Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Corresponding Address: A.A.Bryazgin@inp.nsk.su

The report describes a series of industrial accelerators of the ILU type with energy of 1-10 MeV, with a power of up to 100 kW for irradiating products in the electronic mode and in the X-ray bremsstrahlung mode. These accelerators are pulse RF accelerators with cavities working frequencies from 115 to 185 MHz. Their basic parameters and features are given. The self-excitation scheme distinguishes these accelerators from others and will improve the use of accelerators in real industry. Talk presents examples of ILU accelerators usage in industry.

INFORMATION TECHNOLOGIES BASED ON DNA. NANOBIOELECTRONICS

Lakhno V.D.

Institute of Mathematical Problems of Biology RAS, Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, 142290, Pushchino, Moscow Region, Russia

DNA molecular is a clear example of data storage and biocomputing. Performing millions of operations simultaneously DNA – biocomputer allows the performance rate to increase exponentially. The limitation problem is that each stage of paralleled operations requires time measured hours or days. To overcome this problem can nanobioelectronics.

The central problem of nanobioelectronics is realization of effective charge transfer in biomacromolecules. The most promising molecule for this goal is DNA. Computer simulation of charge transfer can make up natural experiment in such complex object as DNA. Such processes of charge transport as Bloch oscillations, soliton evolution, polaron dynamics, breather creation and breather inspired charge transfer are modeled. The supercomputer simulation of charge dynamics at finite temperatures is presented. Different molecular devices based on DNA are considered.

The work is supported by RFBR project N 19-07-0046.

IRRADIATION OF YTTRIUM MICROSPHERES AT THE IRT-T REACTOR

*Sadkin V.¹, Nesterov E.¹, Rogov A.¹, Stasyuk E.¹, Naymushin A.¹, Getiya S.², Sashova N.²,
Markov N.², Mayorov K.²*

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

² BEBIG LLC, Tomsk, Russia, Moscow

National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), together with an industrial partner (BEBIG), start produced yttrium microspheres at its research nuclear reactor this fall. This radiopharmaceutical is intended for the treatment of liver cancer in inoperable patients and, unlike analogs, it destroys the tumor in a targeted manner without affecting healthy organs and tissues.

Irradiation of yttrium-89 microspheres will be carried out at the IRT-T reactor, power 6 MW, neutron flux $1.7 \cdot 10^{14}$ neutron/cm². To obtain one dose of the final preparation, a weighed portion of 0.1 g of yttrium microspheres is irradiated. Microspheres are processed using distilled water, alcohol and hydrochloric acid. Yttrium microspheres are injected into the patient's bloodstream, which delivers them directly to the tumor. After delivery, the microspheres block the access of blood with oxygen to the metastases, in parallel acting on them with beta radiation. In the Russian Federation, this method of treatment is not yet massively applied.

The industrial production of yttrium microspheres began in the fall of 2020. There have already been test deliveries to Moscow clinics. The drug is registered and has permits for use in clinical practice.

April 9, 2021 at A. Tsyb Medical Radiological Research Center for the first time in Russia, clinical trials of the method of radioembolization of tumors with domestic microspheres produced by the Russian company "Bebig" began. Four operations were performed at once on patients with inoperable forms of liver cancer.

MODERN TRENDS OF PET/CT APPLICATION IN PATIENTS WITH LYMPHOMA

Bayembayev F., Saduakassova A., Eskaliev A.

Medical Centre Hospital of President's affairs administration of the Republic of Kazakhstan

Background

The PET technology was first developed in 1973, the first whole-body PET scanner in 1977, and the integrated PET/CT as a hybrid imaging modality was introduced in the early 1990s. PET combined with computerized tomography, that is, PET/CT, has replaced the use of PET alone. Since then, notable advances have been made in this field.

Many international studies are currently ongoing to determine whether the results of PET/CT for early evaluation of response are effective to guide the therapeutic approach to be followed in order to improve patient outcomes. The standardization of the methods used and the criteria of interpretation of PET/CT studies in clinical trials have also advanced.

SUV is the most frequently used semiquantitative PET metric for measuring tumor glucose metabolism. It is defined as the ratio of the decay corrected FDG concentration in a volume of interest (VOI) to the injected dose normalized to the patient's body weight. In addition to body weight-based SUV, to account for the varying bio-distribution of FDG in different body compositions, other SUV indices can also be used in certain settings.

A 5-point scale was adopted to determine response during and at the end of treatment. This scale is based on the assessment of the imaging techniques used and was adopted in the First International Workshop on Lymphoma held in Deauville, France in 2009, hence the name "Deauville scale". Visual assessment based on Deauville 5-point scale (D-5PS) is now integrated in clinical routine and clinical trials for response assessment in lymphoma. However, the high number of false-positive results and potential suboptimal differentiation between response categories by oversimplification remain to be a concern. The inter-patient variability and inpatient fluctuations of hepatic FDG uptake during therapy are also heavily debated. Furthermore, the role of D-5PS is not as well defined in rare lymphoma subsets.

Modern trends

In an effort to reduce bias with SUVs caused count variability and tumor heterogeneity, to increase reproducibility and the predictive value of PET-based evaluation, volumetric measurements, that is Δ SUVmax, metabolic tumor volume (MTV) and total lesion glycolysis (TLG) have been under investigation.

Δ SUVmax

The percentage reduction in SUVmax from baseline at interim PET (Δ SUVmax) was advocated as a more reproducible and accurate means than visual analysis, based on the results of multiple retrospective studies. Some studies demonstrated that a 66% reduction in SUVmax between baseline (PET0) and PET2 better predicted EFS by reducing false positive results of visual analysis. However, some found contradicting results when the Δ SUVmax at PET2 at a 66% cutoff and at median only weakly correlated with outcome. More recent studies, found that a cutoff of Δ SUVmax >71% at PET2 was more accurate than the D-5PS in the prediction of outcome in a retrospective cohort. Although visual PET2 positivity was related to a lower 4-year progression free survival (PFS), lower Δ SUVmax was more accurate for identifying patients with an unfavorable 4-year PFS. In a multivariate analysis, Δ SUVmax was the unique independent predictor for PFS. In summary, Δ SUVmax measurements may improve on visual interpretation and improve the rate of false positives, but reproducible Δ SUVmax cutoff has not been established to predict clinical outcome.

MTV and TLG

Quantitative metabolic imaging lends itself as a more objective surrogate marker than visual analysis and semiquantitative methods for the prognostication of disease and prediction of patient outcome. Continuous metrics as provided by quantitative analysis would be more suitable to assess changes in tumors over the course of the treatment, compared with traditional dichotomous response categorization. With the recent resurgence of advanced software programs, tumor volumes can be now determined without extensive effort. Thus, MTV as a measure of the viable tumor fraction, or TLG, as a product of MT and mean SUV within the volume, may decrease the rate of false-positive results, increase reproducibility, and maximize statistical power, hence leading to better prediction of survival than the existing methods.

The MTV represents the total volume of the metabolically active tumor in a VOI, expressed in cubic centimeters or milliliters, and is affected by noise. The rationale is the assumption of tumor metabolic activity higher than the surrounding tissue activity to define the tumor volume.

The TLG is calculated by multiplying the SUVmean of the segmented VOI and the MTV; representing an index that includes the tumor volume and the average uptake within the entire tumor. Although these metrics are potentially useful clinical parameters for assessing patient outcome, they are not yet integrated in clinical applications because of lack of validation of these techniques

There are considerable data on the utility of FDG-PET as a treatment assessment tool at interim therapy for guidance in early therapy modifications in Hodgkin Lymphoma. However, the prognostic value of interim PET remains controversial in Large B-cell Lymphoma patients with qualitative assessment variably correlated with outcome.

Nonetheless, the quantitative parameters of basal 18F-FDG PET as well as the TMV and TGL are still under evaluation as objective tools which help to determine the initial tumor load. Together with PET response during treatment, these parameters may help to stratify patient risk and guide treatment planning. However, despite this progress, there are still some questions which remain to be answered with regard to the exact role of 18F-FDG PET in diagnosis, the stratification of risk and the management of patients with lymphoma

With the capability of capturing the changes in the entire tumor volume, the Δ MTV or Δ TLG may have a better predictive value than that of Δ SUVmax or visual evaluation as well as traditional risk factors in lymphoma. To date, the majority of the studies reporting results on MTV changes during therapy were not stringent about the quality assurance of the investigated data as well as on scanner calibration, image reconstruction algorithms, and patient scanning protocols. Another flaw was the use of data with mixed population of various risk disease. The evaluation of the value of PET quantitative metrics in distinct categories of early and advanced-stage patients is crucial to derive a clinically meaningful prognostic information.

Conclusion

The quantitative PET assessment appears to be a highly promising method to use for adaptive studies if externally proven valid. However, this methodology is still in an evolutionary phase and the published data are not always consistent. This may be on the basis of retrospective designs, small sample sizes translating to insufficient representation of risk and stage groups, differences in treatments, as well as the varying methodologies used to measure MTVs. Currently, there is no consensus regarding the most optimal segmentation algorithm or the quantitative index to assess the actual metabolic disease burden. Further trials investigating the prognostic and predictive value of MTV and TLG are warranted in large, standardized, homogeneous data sets for both internal and external validation of this exciting method to prove or refute a role to improve on the prognostic value of conventional risk stratifying systems.

NEUTRON CAPTURE THERAPY ^{10}B and ^{157}Gd CONTAINING AGENTS DELIVERY VIA MAGNETIC NANOCARRIERS

Korolkov I.V.^{*1,2}, Zibert A.V.^{1,2}, Shumskaya A. E.³, Anisovich M.⁴, Ludzik K.^{5,6}, Lissovskaya L.I.^{1,2}, Zdorovets M.V.^{1,2,7}

*Corresponding Address: i.korolkov@inp.kz

¹The Institute of Nuclear Physics, 050032, Ibragimov str., 1, Almaty, Kazakhstan

²L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpaev str. 5, 010008, Nur-Sultan, Kazakhstan

³The Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

⁴Republican Unitary Enterprise "Scientific-Practical Centre of Hygiene", 220012 Minsk, Belarus

⁵Department of Physical Chemistry, University of Lodz, Poland

⁶Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

⁷Ural Federal University, 620002, Mira str. 19, Ekaterinburg, Russia

Efficiency of neutron capture therapy (NCT) of cancer could be increased by the simultaneous target delivery of boron and gadolinium containing compounds. That can be achieved by the attaching of agents to the magnetic nanocarriers and delivering them by the high-gradient magnetic field. In this paper chemical treating of Fe_3O_4 nanoparticles for further immobilization of Gd ions and carborane compounds is represented (figure 1). FTIR, AFM, SEM, EDX, DLS, Mössbauer, UV-vis, magnetometry and cytotoxicity researches are provided.

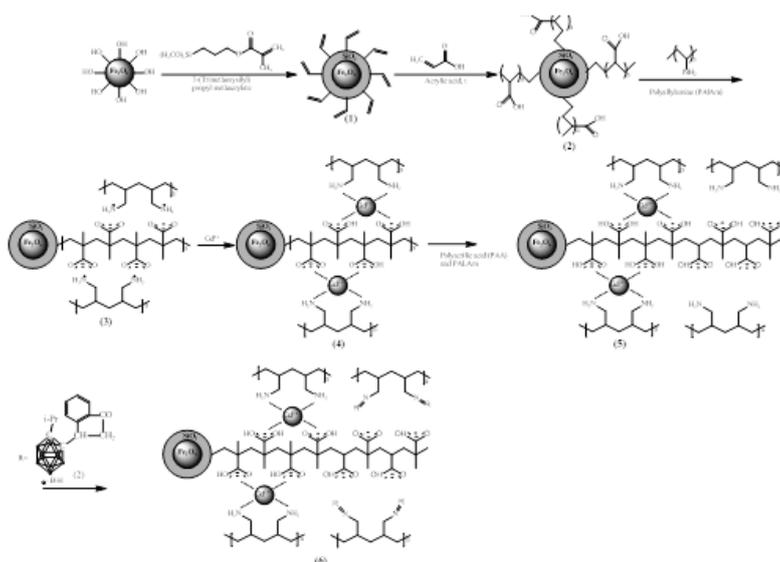


Figure 1 - Scheme of chemical modification and NCT agents immobilization to iron oxide nanoparticles

On the first stage Fe_3O_4 nanoparticles surface was functionalized with C=C bonds by the polycondensation reaction with 3-(Trimethoxysilyl)propyl methacrylate. Then via the thermoinitiated graft polymerization of acrylic acid polymeric chains with carboxy groups are formed. Optimal conditions of this reaction were established. After that formation of polyelectrolytic layer was accomplished by the reaction of polyallylamine positively charged chains with negatively charged polyacrylic acid chains. This complex can create stable complexes with both of Gd ions and carborane compounds. After immobilization of gadolinium, second polyelectrolytic layer was formed for attaching the carborane compounds.

DLS scattering has shown that the hydrodynamical radius of final product was 106.58 nm. Concentration of Gd and B was 0.8 ± 0.3 at.% and 10.4 ± 2.1 at.% respectively due to EDX. FTIR spectroscopy has confirmed the formation of polyelectrolytic layers and presence of desirable B and Gd agents. Due to listed properties this nanocarriers can potentially be used in NCT.

Research was funded by MES RK (grant number AP08051954).

**REDUCTION OF CO₂ EMISSIONS AT THE PROCESSINGS OF ORGANIC FUELS
BY USE OF IONIZING RADIATION**

Mustafayev I.I.^{1,2}, Hajiyevev H.M.¹, Cicek F.¹, Akberov R.Y.²

¹Institute of Radiation Problems of the Azerbaijan National Academy of Sciences,
122 H. Javid ave AZ1143 Baku-Azerbaijan,

²Azerbaijan University of Architecture and Construction, 5 A.Sultanova str AZ1143 Baku-Azerbaijan

The regularities of the radiation-thermal and Solar-thermal transformations of coals, anthracite, peat, heavy oil fractions (gasoil, fuel-oil, tar, bitumen) and oil-bituminous rocks to hydrogen fuel, syntes-gas, gasoline and diesel fuel are studied in the Institute of Radiation Problems and Azerbaijan University of Architecture and Construction for 2000-2020. As a radiation the gamma-rays of isotope sources Co-60, electron beam of electron accelerators of ELIT-1 and ELU-4 are used, Solar-furnace. Parameters of processes varied in following limits: dose rate 0.4-2000 Gy/s, Energy intensity in Solar furnace 1.15 kW/m², absorbed dose 0.7- 800 kGy, temperature 40-700 C. As products are identified: hydrogen, carbon monoxide, hydrocarbons C₁-C₇, high-molecular olefins, active carbon and liquid fuel. For studying physical and chemical processes at the radiation-thermal transformation of organic fuels are used methods: a chromatography, IR-spectroscopy, ESR- spectroscopy, differential-thermal analysis, chemical methods of the liquid analysis, etc. Kinetics and mechanism of refining processes was studied on an example carbon and model hydrocarbons - heptane and pentadecane. It is applied calculation methods for definition of chemical reactions rates on the basis of the offered kinetic model and are received satisfactory consent between calculation and experimental results. It has been shown that sub-thermal effect at the radiation-thermal decomposition of organic fuels is function of temperature and dose rate. The feasibility studies for gas production from coal were carried out. Comparative analysis of CO₂ formation in traditional and radiation/solar processes of transformation of organic fuels into Hydrogen fuel, syntes-gas and motor fuels were conducted. The specific value of CO₂ emissions for thermal and radiation-thermal processes of refining processes was calculated. It has been shown that CO₂ emissions are reduced several times when radiation is applied. This is due to the fact that the formation of primary radicals, the most energetic stage of the process, occurs under the influence of radiation. It is shown that the dose rate and temperatures are effective tools for managing of rate and direction of these processes. There are defined optimal temperature ranges and dose rates at which the maximum values of sub-thermal effects are observed. Energy efficiency, degree of Solar energy accumulation, productivity and other parameters of the low carbon technology processes were calculated.

**TECHNOLOGIES FOR STUDYING FUNCTIONAL NEURAL NETWORKS OF THE HUMAN
BRAIN BASED ON DATA OF NUCLEAR FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING**

Enyagina I.M.¹, Polyakov A.N.¹, Poyda A.A.¹, Orlov V.A.¹, Kozlov S.O.¹ and Ushakov V.L.²

¹National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, 123182 Russia

²Institute for Advanced Brain Studies Lomonosov Moscow State University

¹e-mail: enyagina_im@nrcki.ru

The described works are devoted to the study of large-scale functional networks of the brain at rest based on the processing and analysis of data obtained during the performance of nuclear functional magnetic resonance imaging (fMRI) experiments based on the principles of nuclear magnetic resonance. At the first stage, fMRI experiments were planned and carried out: the MRI tomograph was configured to measure the response of the magnetic spins of protons, the optimal parameters of the MRI scan were selected, the experimental data were obtained, and their preliminary processing and filtration were carried out. A study and analysis of existing methods for identifying functional areas of the human brain has been carried out. Methods based on correlation analysis, coherence, mutual information, dimensionality reduction methods (SVD decomposition), cluster analysis methods (k-means, DBSCAN), graph methods (Newman's method), ICA method were investigated. Estimates were made using Transfer entropy, dynamic causal modeling (DCM) and PCMCi methods. New methods have been developed for identifying functional areas of the human brain. In particular, the method of functional segmentation (FMS) for identifying functionally homogeneous regions of the human brain. On the basis of the distributed modular platform "Digital Laboratory" of

the National Research Center “Kurchatov Institute”, software services were created that implement the developed methods, integrated into a unified system for processing fMRI data. Experimental studies of existing and developed methods have been carried out using the created software services. These works were carried out as part of research activities on the subject “Creating a Distributed Modular Platform for Research and the Digital Laboratory Project” approved by order of the NRC “Kurchatov Institute” from July 2, 2020, no. 1055, and with support from the Russian Foundation for Basic Research (scientific project no. 18-29-23020 mk).

References:

1. S. F. Storti, E. Formaggio, R. Nordio, et al., “Automatic selection of resting-state networks with functional magnetic resonance imaging,” *Front. Neurosci.* 7, 72 (2013).
2. M. E. Raichle, A. M. MacLeod, A. Z. Snyder, W. J. Powers, D. A. Gusnard, and G. L. Shulman, “A default mode of brain function,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 98, 676682 (2001).
3. M. D. Greicius, B. Krasnow, A. L. Reiss, and V. Menon, “Functional connectivity in the resting brain: A network analysis of the default mode hypothesis,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 100, 253258 (2002).
4. B. Biswal, F. Z. Yetkin, V. M. Haughton, and J. S. Hyde, “Functional connectivity in the motor cortex resting human brain using echo-planar MRI,” *Magn. Reson. Med.* 34, 537541 (1995).
5. V. D. Calhoun and N. de Lacy, “Ten key observations on the analysis of resting state functional MR imaging data using independent component analysis,” *Neuroimaging Clin. N. Am.* 27, 56179 (2017).
6. A. Poyda et al., “Analysis of methods for calculating the interactions between the human brain regions based on resting-state FMRI data to build long-term cognitive architectures,” in *Proceedings of BICA 2020: Brain-Inspired Cognitive Architectures for Artificial Intelligence*, Seattle, AI (Washington, 2020), Vol. 169, pp. 380–390.
7. I. M. Enyagina, A. N. Polyakov, A. A. Poyda, and V. L. Ushakov, “System for automatic processing and analysis of MRI/FMRI data on the Kurchatov Institute Supercomputer,” *Eur. Phys. J. Web of Conf.* 226, 03006 (2020).
8. A. N. Polyakov et al., “‘Digital Lab’ platform as an environment for scientific research and development at the Kurchatov Institute,” *Tr. Inst. Sist. Program. RAN* 32 (5), 143–152 (2020).
9. A. Polyakov, D. Kokovin, A. Poyda, M. Zhizhin, A. Andreev, A. Govorov, and V. Ilyin, “Toolkit for intensive work with metadata in specialized information systems,” *Proc. Comput. Sci.* 119, 59–64 (2017).
10. S. Kozlov, A. Poyda, V. Orlov, V. Malakhov, V. Ushakov, and M. Sharaev, “Selection of functionally homogeneous brain regions based on correlation-clustering analysis,” *Proc. Comput. Sci.* 169, 519–526 (2020).

АНАЛИЗ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ В ЛИМФОЦИТАХ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ИЗЛУЧЕНИЯМИ С РАЗНЫМИ ЛПЭ

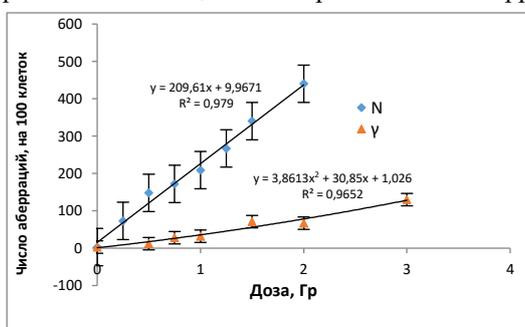
Нуркасова А.^{1,2}, Насонова Е.А.¹

¹ ОИЯИ, Лаборатория радиационной биологии, г. Дубна, Россия

² Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Изучение проблемы биологического действия ионизирующих излучений (ИИ) с разными физическими характеристиками является весьма актуальным в радиобиологии. Основной целью работы является изучение дозовой зависимости частоты образования клеток с хромосомными aberrациями и общего числа хромосомных aberrаций в лимфоцитах при действии ИИ *in vitro*, а также построение калибровочной кривой «доза-эффект». Для анализа хромосомных aberrаций был освоен стандартный метафазный метод, который является наиболее информативным способом оценки хромосомных aberrаций в радиационной цитогенетике. Полученные знания необходимы для оценки тяжести радиационного поражения организма и возможных последствий облучения при радиационных авариях и в других случаях неконтролируемого облучения, а также для эффективного планирования лучевой терапии.

Специфика передачи энергии разных типов излучения биологическим структурам обуславливает характер и особенности проявления различных радиационно-индуцированных эффектов. Например, в случае облучения гамма-квантами поглощенная доза передается объему вещества в результате случайно распределенных многочисленных актов передачи энергии малыми порциями. Та же доза облучения может быть передана тому же объему вещества при прохождении через него всего одной тяжелой заряженной частицы, например, иона азота. При решении задачи выхода радиационно-индуцированных повреждений, образовавшихся по ходу частицы, крайне важными представляются данные не только о суммарном выходе различного типа aberrаций в облученных клетках. Необходима также информация о частоте образования структурных (хромосомных) aberrаций. Так как структурные aberrации считаются наиболее чувствительным индикатором повреждающего действия ИИ. Хромосомные aberrации обнаруживаются визуально уже в первом митозе после облучения; большинство из них ведут к утрате генетического материала или несбалансированному набору его в дочерних клетках, что чаще всего приводит к их гибели. Эксперименты на клеточных культурах показали, что с возрастанием линейной передачи энергии (ЛПЭ) тяжелых заряженных частиц частота хромосомных aberrаций увеличивается.



Данные по общему числу хромосомных aberrаций, выявленных в лимфоцитах периферической крови человека стандартным метафазным методом, приведены на графике. Зависимость частоты образования хромосомных aberrаций от дозы облучения γ -лучами описывается линейно-квадратичной функцией. Мощность γ -лучей очень низкая, поэтому образование дицентриков осуществляется в результате повреждения клетки двумя независимыми треками. Более высокий уровень хромосомных aberrаций наблюдается при действии тяжелых ионов азота ^{15}N , так как способность клеток к репарации повреждений ДНК

зависит от величины ЛПЭ частиц. Характер повреждений, обуславливающих гибель клеток, также изменяется и зависит от ЛПЭ излучений. С увеличением ЛПЭ частиц их биологическая эффективность повышается.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ GMP В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, Г. АЛМАТЫ

Чакрова Е.Т., Быстряков Ю.К., Вишнякова И.Г., Гурин А.Н., Кулаков А.В., Медведева З.В.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, e.chakrova@inp.kz

В 2018 году Институт Ядерной физики стал первым производителем радиофармацевтической продукции в Казахстане, сертифицированным на соответствие требованиям Надлежащей производственной практики (GMP).

Национальная фармацевтическая система качества (GXP), регулирующая все этапы жизненного цикла лекарственного средства, в том числе и этап производства (GMP), основанная на рекомендациях Международной конференции по гармонизации технических требований для регистрации лекарственных средств для человека (ICH Q10), была принята в Казахстане приказом МЗ РК в 2015 году.

Площадка производства радиофармацевтических препаратов (РФП) в Институте ядерной физики, введённая в строй в 2017 году, расположена на более чем 2000 м² и включает в себя циклотрон С-30, чистые помещения и горячие камеры классов чистоты «D», «C», «B» и «A», лаборатории контроля качества и т.д., в которых осуществляется производство радиофармпрепаратов, с радиоактивными изотопами, полученными как на реакторе ВВР-К, так и на циклотроне С-30, включая ⁹⁹Mo/^{99m}Tc генераторы, Натрий йодид ¹³¹I, ¹⁸F-ФДГ и другие.

Основными этапами внедрения системы GMP были:

- разработка проектов документов 2-го, 3-го и 4-го уровней
- анализ рисков для производства каждого РФП
- разработка валидационного мастер-плана
- квалификация производственного и аналитического оборудования
- валидация процессов
- производство и контроль качества валидационных серий РФП
- доработка проектов документов 2-го, 3-го и 4-го уровней.

Разработанная 4-х уровневая система документации, включающая нормативные документы внешнего происхождения, документированные процедуры, стандартные операционные процедуры и формы записей, составляющая в общей сложности более 500 документов, вместе с результатами производства валидационных серий была представлена в Комитет фармации МЗ РК. В 2018 году площадка производства РФП была сертифицирована на соответствие требованиям GMP. Опыт производства в течение 3-х лет показал эффективность и надёжность внедренной системы.

ВНЕДРЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ. ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ.

Садуакасова А.Б., Калабаева М.К.

Казахстан, г. Нур-Султан, РГП «Больница Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан» на ПХВ

В настоящее время внедрение фармацевтической системы качества (далее – ФСК) является неотъемлемой процедурой при любой фармацевтической деятельности в Республике Казахстан. Внедрение системы качества радиофармацевтических лекарственных препаратов (далее - РФЛП) состоит в том, чтобы удовлетворять потребности в диагностике и лечении онкологических заболеваний.

Как правило, по мировым практикам производство РФЛП базируется при медицинских учреждениях. Для обеспечения эффективности и безопасности использования РФЛП в клинической практике, внедрение фармацевтической системы качества в Больницах является обязательным процессом.

Целью работы являлось изучение проблем и рисков, возникших во время внедрения ФСК, в частности, выполнение требований надлежащей практики производства по процессам проведения аудита поставщиков при производстве РФЛП для государственных предприятий.

Правилами надлежащей производственной практики (далее – GMP) устанавливаются требования к системе управления качеством всех производственных процессов, в том числе и к выбору и оценке поставщиков материалов и услуг, прямо и/или косвенно влияющие на выпускаемый продукт. По результатам проведенной работы, выяснилось, что для республиканских государственных предприятий имеется ряд проблем и вытекающие из них риски, связанные с проведением аудита поставщиков, а именно, не учтены правила, регламентирующие порядок закупок в государственных предприятиях. Требования GMP противоречат требованиям государственных закупок на этапе выбора, аудита (проверки), согласования и утверждения поставщиков, что является критичным для системы качества, и усложняет процесс обеспечения выпуска качественного продукта.

В настоящий момент в Казахстане имеется ограниченность в информации о состоянии управления процессами при внедрении ФСК на предприятиях государственного типа и отсутствуют исследования для комплексного изучения заявленной проблемы.

Таким образом, необходимы разработка и утверждение дополнительных нормативно-правовых документов, позволяющих внедрять ФСК по требованиям GMP в государственных предприятиях, с целью корректного исполнения всех мероприятий по системе качества при производстве радиофармацевтических лекарственных препаратов.

ИЗУЧЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ НА ПУЧКАХ ГАММА-КВАНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA AXESSE

Дьячков В.В., Зарипова Ю.А., Бияшева З.М., Бигельдиева М.Т., Юшков А.В., Гладких Т.М., Хамдиева О.Х.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: slava_kpss@mail.ru

Изучение рентген-индуцированных мутаций ген white становится одним из главных тест-объектов в изучении проблемы прямого и обратного мутирования его аллелей под действием рентгеновского излучения [1], а позже под действием нейтронов и γ -излучения [2] на таких биообъектах как *Drosophila melanogaster*. Более того в настоящее время дрозофила используется в качестве модельного объекта при изучении влияния различных факторов окружающей среды, таких как высокие и низкие температуры, включение в метаболизм активного кислорода, особенностей питания и сахарного диабета на долголетие и плодовитость [3-4]. Изучение различных мутаций *Drosophila melanogaster* с различными типами излучений, показывает, что исследования в этой области являются весьма актуальными. В работе [5] изучалось количество и частота мутаций в гене white индуцированных разными дозами реакторных нейтронов ($E = 0.85$ МэВ) с дозами от 2,5 Гр до 20 Гр, а также γ -излучением ^{60}Co с дозами до 60 Гр. В работах других авторов облучение гамма-квантами исследуемых биообъектов в основном осуществляется энергиями до 3 МэВ. В настоящей работе выполнены эксперименты по изучению мутаций радиационного влияния на возможности новых поколений *Drosophila melanogaster* пучками гамма-квантов с энергиями 10 и 15 МэВ. При этом дозы облучения составили 2 Гр, 10 Гр и 20 Гр. В качестве источника гамма-квантов использовался электронный ускоритель Elekta Axesse онкологического центра «Сункар» (Алматы, Республика Казахстан). Методика облучения биологических объектов была апробирована на измерениях экспериментальных линейных коэффициентов поглощения гамма-квантов с энергией 6 МэВ, полученных на данном линейном ускорителе для элементов В, С, О, S, Fe, Ва [6].

В результате проведенных экспериментов определены типы индуцируемых мутаций, зависимость мутагенного действия от дозы и оценена значимость генетических эффектов для различных энергий гамма-квантов. Это позволило разработать методику и выполнить эксперименты по облучению *Drosophila melanogaster* для изучения влияния жесткого гамма-излучения и возникновения радиационных эффектов и мутаций в данной области энергий.

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP09258978 финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Литература:

[1] Pastink A., Schalet A.P., Vreeken C. et al. The nature of radiation-induced mutations at the white locus of *Drosophila melanogaster* // *Mutat. Res.* 1987. V. 177. P. 101–115.

- [2] Alexandrov I.D. Quality and frequency patterns of γ - and neutron-induced visible mutations in *Drosophila melanogaster* // *Mutat. Res.* 1984. V. 127. P. 123–127.
- [3] Arquier L. Kremmer L. Khamvongsa-Charbonnier L. Crespo M. Torres L. Röder L. Perrin Study of the endocrine function of the heart in diabetic cardiomyopathies in *Drosophila melanogaster* // *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements* <https://doi.org/10.1016/j.acvdsp.2021.04.145> Volume 13, Issue 2, May 2021, Page 207.
- [4] Zakharenko, L.P.; Petrovskii, D.V.; Dorogova, N.V.; Putilov, A.A. Association between the Effects of High Temperature on Fertility and Sleep in Female Intra-Specific Hybrids of *Drosophila melanogaster* // *Insects* 2021, 12, 336. <https://doi.org/10.3390/insects12040336>.
- [5] Е. В. Кравченко, А. Н. Русакович, Ф. Эльноамани, С. В. Дубовик, С. Е. Хассаб Ель-Наби, М. В. Александрова, И. Д. Александров. Радиационная биология структурно разных генов *drosophila melanogaster*. Сообщение 8. Ген white: общая характеристика радиомутабельности и пcr-анализ “точковых” мутаций // *Радиационная биология. Радиоэкология*, 2019, Т. 59, № 5, стр. 453-464.
- [6] Гладких Т.М., Наср Ахмед Наср Диаб., Дьячков В.В., Шакиров А.Л., Зарипова Ю.А., Юшков А.В. Измерение линейных коэффициентов поглощения гамма-квантов на пучке ускорителя ELEKTA AXESSE // 9-ая Международная научная конференция СДФФФО-9. Сборник тезисов и докладов. 12-14 октября. 2016. Алматы. с. 10-11.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ: ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ

Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

За последние десятилетия количество больных с раковыми новообразованиями возросло на 20 % [1]. Отрицательная динамика существенно отразилась на поиске и реализации новых подходов к лечению злокачественных новообразований, связанных с применением ионизирующего излучения [2,3] ввиду возможности селективного воздействия и разрушения опухолевых тканей без нанесения существенного вреда здоровым тканям.

К активно развивающимся и применяемым радиационным терапиям относят:

- интраоперационная лучевая терапия;
- системная лучевая терапия;
- радиоиммунотерапия;
- внутренняя лучевая терапия (брахитерапия);
- внешняя лучевая терапия;

Каждый из отмеченных подходов к лечению имеет свои достоинства и недостатки, однако, в общем случае, максимальная эффективность и безопасность терапий достигается за счет проведения соответствующих измерений внутриопухолевых и внешних дозовых нагрузок относительно области с новообразованиями и здоровых биологических тканей.

Обеспечение надлежащим дозиметрическим контролем подразумевает организацию отдельной детектирующей системы, что требует применения соответствующих надлежащих инструментов (детекторов) для регистрации ионизирующего излучения. Принимая во внимание, что в зависимости от типа лучевой терапии существенно отличаются дозовые пределы эксплуатации, процессы взаимодействия излучения с веществом, существуют сложности при реализации универсальной дозиметрической системы [4].

Учитывая высокие дозовые нагрузки при радиационных терапиях (свыше 50 Гр/ч), использование традиционных дозиметров, обеспечивающих эксплуатацию в полях с мощностью дозы не более 0,6–1 Гр/ч не представляется возможным. Остро стоит вопрос создания приборов, пригодных для использования в медицинских целях с большим диапазоном измерений при сохранении точности.

Наибольшее распространения в качестве детекторов параметров полей ионизирующего излучения получили газонаполненные, полупроводниковые детекторы, в том числе, из кремния. Принимая во внимание достоинства твердотельного детектора, выраженные в меньших габаритных размерах, значительно более высокой чувствительности, очевидны перспективы развития применения таких детекторов в дозиметрии при радиационных терапиях.

В используемых сегодня полупроводниковых детекторах принцип действия основан на регистрации избыточных электрон-дырочных носителей заряда, образованных в процессе ионизации в массиве детектора.

В настоящей работе предлагается использовать повреждающие свойства ионизирующего излучения для регистрации частиц по вновь образованным электрически активным радиационным дефектам кристаллической структуры.

В работе представлены расчеты кинетических особенностей образования точечных, каскадных дефектов в объеме твердотельного детектора, вероятностные характеристики смещения атома при взаимодействии с налетающей частицей, коэффициенты повреждаемости излучения. На основе полученных результатов сформулированы выводы о применимости настоящего подхода для регистрации дозовых величин при сопровождении радиационных терапий.

Литература:

- [1] Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, – 2019. – илл. – 250 с.
- [2] Каримова Н. С. и др. Актуальные методы лучевой терапии и предлучевой подготовки больных с опухолями головного мозга //Биомедицина ва амалиёт журнали. – 2020. – Т. 5. – №. 5.
- [3] Khan FM. The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 592.
- [4] Sampson T. Measurement Control: Principles and Practice as Applied to Nondestructive Assay. La-12233-MS VC-700. December, 1991.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СТРУКТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА УСТАНОВКЕ НЕЙТРОННОЙ РАДИОГРАФИИ И ТОМОГРАФИИ

Ташметов М.Ю.¹, Исматов Н.Б.¹, Адизов С.М.^{1,2}

¹Институт ядерной физики АН РУз (100214, г.Ташкент, Узбекистан)

²Ташкентский филиал НИЯУ МИФИ (100214, г.Ташкент, Узбекистан)
sardoradizov447@gmail.com

В настоящее время изучение внутренней структуры, строения, целостности и дефектности объектов представляет интерес для отраслей экономики, науки и техники. Исходя из вышесказанного, разработаны различные рентгенографические и томографические установки для исследования внутреннего строения объектов. Установка нейтронной радиографии и томографии имеет большое преимущество при изучении внутренней структуры, дефектности, пористости, изношенности металлических и керамических изделий, а также позволяет оценить равномерность распределения и толщину объекта исследования. Использование тепловых, эпитепловых и холодных нейтронов для получения изображения внутренней структуры исследуемых объектов дает полноценную информацию с высоким разрешением от глубоких слоев исследуемого объекта. Нейтронная радиография и томография является методом прямого построения визуального изображения исследуемого объекта путем изменения нескольких параметров падающего на образец нейтронного излучения при прохождении этого пучка через образец. Видимость и качество изображения зависит от контраста, то есть от разницы между интенсивностями лучей, параметрами регистрирующей системы.

В данной работе описаны возможности, технические характеристики и полученные результаты на установке нейтронной радиографии и томографии ИЯФ АН РУз. Установка нейтронной радиографии и томографии имеет следующие параметры: оптимальный поток тепловых и эпитепловых нейтронов $\sim 9 \cdot 10^6$ нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ и разрешение ~ 280 мкм ($L/d \sim 600$). Управляемый гониометр поворачивает образец на 180 градусов. Сцинтилляционный экран использовался для преобразования нейтронов, проходящих через «образец», в видимый свет. Свет, излучаемый сцинтиллятором, направляется зеркалами в камеру CCD.

Ниже описаны результаты экспериментов, проведенных для нескольких образцов. Экспериментальные работы проводились с целью изучения внутренней структуры, строения и выявления причины неисправности образцов (диода ВЛ-10 и свечи зажигания) методом нейтронной радиографии и томографии.

Из визуализированных ниже радиографических и томографических изображений диода ВЛ-10 (рис. 1(a)) можно сделать вывод, что диод, состоящий из анода, катода, полупроводникового кристалла, корпуса и соединительных контактов, визуализируется с хорошим контрастом, и информации об их повреждении не обнаружено.

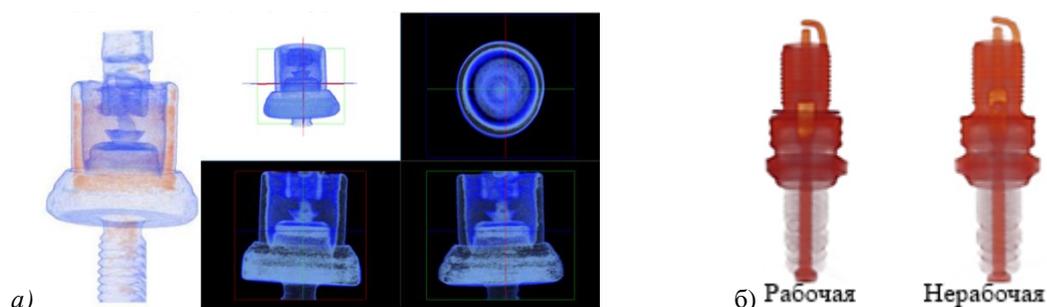


Рисунок 1 - Томографический снимок и трехмерный радиографический разрез диода ВЛ-10 (а), визуальное сравнение рабочей и нерабочей свечи зажигания (б)

На рисунке 1(б) приведены результаты эксперимента, проведенного с работающими и неработающими свечами зажигания. По полученным визуальным рентгенографическим и томографическим результатам сделан вывод о том, что в неработающей свече зажигания при высоких температурах расплавляется материал, соединяющий верхний и нижний стержни.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ *IN VIVO*

Лю М.Б.¹, Ибрагимова Н.А.¹, Турганбай С.¹, Чакрова Е.Т.², Афанасьев Д.В.², Кулаков А.В.²,
Медведева З.В.², Гурин А.Н.²

¹АО Научный центр противинфекционных препаратов, г. Алматы, Казахстан

²РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы, Казахстан

Целью исследования являлось определение *in vivo* токсичности исследуемого соединения «Натрия иодид ¹³¹I, раствор для терапии» с различными активностями иода-131: 0,03 МБк/г; 0,05 МБк/г; 0,08 МБк/г; 0,16 МБк/г; 0,4 МБк/г. Исследуемые растворы вводили однократно перорально белым лабораторным мышам массой 25 г ± 10 %.

После введения животные наблюдались на наличие летальности или токсических признаков в течение 14 суток. При физикальном осмотре не удалось выявить признаки токсического поражения, такие как отек губ, языка и носа, покраснение кожи и выпадение шерсти, связанных с однократным введением мышам раствора Na¹³¹I в используемых активностях. У мышей всех групп, получивших однократно перорально раствор Na¹³¹I отмечалось увеличенное потребление воды в первые 4-5 суток после введения исследуемого препарата, что может быть обусловлено развитием ксеростомии. На 6-ой день наблюдения была зафиксирована гибель одного животного в группе, получившей раствор для терапии Na¹³¹I 0,4 МБк/г, что соответствует 10,0 МБк/25 г веса мыши. Гибели остальных мышей в других группах в течение 14 дней наблюдения не было. При исследовании динамики массы тела мышей не выявлено значимого изменения веса ни в одной из экспериментальных групп в течение всего периода наблюдения.

На 15 сутки животные были выведены из эксперимента. При макроскопии внутренних органов обнаружено увеличение подмышечных лимфатических узлов у всех животных за исключением мышей из группы, получившей раствор Na¹³¹I с активностью 0,03 МБк/г. При микроскопическом исследовании подмышечных лимфоузлов животных, получивших Na¹³¹I в активностях 0,05 МБк/г; 0,08 МБк/г; 0,16 МБк/г и 0,4 МБк/г, отмечалась гиперплазия и истощение лимфоидной ткани. Зависимости между обнаруженными изменениями и активностью исследуемого раствора Na¹³¹I не выявлено.

По использованным активностям Na¹³¹I пробит-анализом рассчитана предполагаемая среднелетальная доза (ЛД50) раствора для терапии Na¹³¹I, которая составила 0,7730 МБк/г.

НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ NIS И PENDRIN ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАДИОАКТИВНЫМ ИОДОМ

Ибрагимова Н.А., Лю М.Б., Гатураева Т.Э. С., Красноштанов А.В., Жанаева С.Ж.

АО Научный центр противинфекционных препаратов, г. Алматы, Казахстан

В 2021 году отмечалось 82-летие первого использования радиоактивного иода в таргетной терапии. Как известно, ионизирующее излучение стабильного иода (^{127}I), его радиоактивных изотопов (^{123}I , ^{124}I , ^{125}I , ^{131}I) и других радиоизотопов приводит к повреждению ДНК, таким как одно- и двухцепочечные разрывы, подавляет пролиферацию клеток, усиливает апоптоз и способствует остановке клеточного цикла [1].

Фолликулярные клетки щитовидной железы содержат мембранные переносчики иода: натриево-иодидный симпортер (NIS) и анионообменный белок (PENDRIN). NIS локализован в базолатеральной мембране и обеспечивает активный транспорт иодида из кровотока к фолликулярным клеткам щитовидной железы, что позволяет доставить иодид, в том числе радиоактивный, внутрь клетки. PENDRIN расположен на апикальном полюсе тироцитов, обеспечивает непосредственно доставку иодида в коллоид щитовидной железы, где происходит его окисление пероксидазой до молекулярного иода, и как результат – конъюгация в тирозильные соединения: тиреоглобулин (TG) с образованием гормонов щитовидной железы (T_3 и T_4) [2, 3]. Однако, при раке щитовидной железы, активность NIS аномально изменяется и приводит к снижению поглощения иода за счет его делокализации, и в результате опухолевые клетки не способны захватывать радиоактивный иод [4-6]. Следовательно, перед введением ^{131}I требуется стимуляция экспрессии NIS, например, за счет повышения уровня ТТГ.

Функция NIS традиционно связана с щитовидной железой. Однако активный транспорт иодидов отмечается также и в других органах, включая слезный мешок, носослезные протоки, слюнные железы, желудок, кишечник, лактирующую молочную железу, почки, плаценту и яичники [7]. NIS транспортирует не только иод, но и другие ионы, а также радиоактивные изотопы, используемые в клинической медицине, особенно в диагностических методах ($^{188}\text{ReO}_4^-$, $^{18}\text{F-BF}_4^-$, ^{211}At и $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$) [8].

Поэтому мониторинг активности NIS позволит оценивать возможные методы лечения, их эффективность и прогнозировать клинические результаты, в том числе при терапии радиоактивным иодом рака щитовидной железы.

Литература:

- [1] Lomax M.E., Folkes L.K., O'Neill P. Biological consequences of radiation-induced DNA damage: Relevance to radiotherapy. // *Clin. Oncol.* – 2013. – 25. – P. 578-585.
- [2] Mortoglou A., Candiloros H. The serum triiodothyronine to thyroxine (T_3/T_4) ratio in various thyroid disorders and after levothyroxine replacement therapy // *Hormones (Athens)*. – 2004. – 3 (2). – P. 120-126.
- [3] Oh J.M., Baek S.H., Gangadaran P., Hong C.M., Rajendran R.L., Lee H.W. et al. A Novel Tyrosine Kinase Inhibitor Can Augment Radioactive Iodine Uptake Through Endogenous Sodium/Iodide Symporter Expression in Anaplastic Thyroid Cancer // *Thyroid*. – 2020. – 30. – P. 501-518.
- [4] Mian C, Barollo S, Pennelli G, et al. Molecular characteristics in papillary thyroid cancers (PTCs) with no ^{131}I uptake // *Clin Endocrinol (Oxf)*. – 2008. – 68 (1). – P. 108-116.
- [5] Lazar V, Bidart JM, Caillou B, et al. Expression of the Na⁺/I⁻ symporter gene in human thyroid tumors: a comparison study with other thyroid-specific genes // *J Clin Endocrinol Metab*. – 1999. – 84 (9). – P. 3228-3234.
- [6] Arturi F, Russo D, Giuffrida D, Schlumberger M, Filetti S. Sodium-iodide symporter (NIS) gene expression in lymph node metastases of papillary thyroid carcinomas // *Eur J Endocrinol*. – 2000. – 143. – P. 623-627.
- [7] Carla Portulano, Monika Paroder-Belenitsky, Nancy Carrasco. The Na⁺/I⁻ Symporter (NIS): Mechanism and Medical Impact // *Endocr Rev*. – 2014. – 35 (1). – P. 106-149.
- [8] Paroder-Belenitsky M., Maestas M.J., Dohan O., Nicola J.P., Reyna-Neyra A., Follenzi A., Dadachova E., Eskandari S., Amzel L.M., Carrasco N. Mechanism of anion selectivity and stoichiometry of the Na⁺/I⁻ symporter (NIS) // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2011. – 108. – P. 17933-17938.

ОТ РАЗРАБОТОК ДО ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ И РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Нестеров Е.А.¹, Скуридин В.С.¹, Чернов В.И.², Майоров К.В.³, Садкин В.Л.¹, Рогов А.С.¹, Стасюк Е.С.¹, Шелихова Е.А.¹, Чикова И.В.¹, Наймушин А.Г.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», г. Томск, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью «БЕБИГ», г. Москва, Россия

Проблемами получения короткоживущих изотопов и радиофармпрепаратов на их основе ученые Томского политехнического университета занимаются с середины 90-х годов. Вначале основное внимание было уделено разработке технологий безотходного производства наиболее востребованных в мире диагностических препаратов на основе короткоживущих изотопов технеция-99м, йода-123, а также таллия-199 на базе уникальных научных установок – исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т и циклотрона Р-7М.

Были впервые разработаны технология и устройства для количественного получения радионуклида таллия-199 на циклотроне Р-7М. Впервые в мировой практике разработаны и внедрены в практическое здравоохранение препараты “Таллия хлорид, ¹⁹⁹Tl” для кардиологических исследований и “Диэтилдитиокарбамат, ¹⁹⁹Tl” для однофотонной компьютерной томографии головного мозга и исследованы их свойства. Разработана нормативно-техническая документация и организован их промышленный выпуск.

На реакторе ИРТ-Т ТПУ впервые в России организовано безотходное производство сорбционных генераторов технеция-99м «^{99m}Tc-ГТ-ТОМ» на основе активационного молибдена-99, которые с 2003 года поставляются в медучреждения России. Кроме того, на базе реактора ИРТ-Т организовано производство радиофармпрепарата «Натрия пертехнетат, ^{99m}Tc из экстракционного генератора» на стационарном экстракционном генераторе собственной конструкции. Около 20 лет экстракционным технецием-99м обеспечиваются все клиники Томска.

Совместно с Томским национальным исследовательским медицинским центром РАН были созданы новые уникальные технологии получения и проведены доклинические испытания новых РФЛП на основе меченных технецием-99м: доксорубина для скинтиграфической визуализации злокачественных новообразований и прогноза эффективности химиотерапии, производной глюкозы для радионуклидной диагностики онкологических заболеваний, гамма-оксида алюминия для лимфосцинтиграфии, антибиотика фторхинолонового ряда для медицинской диагностики воспалений, октреотида для диагностики нейроэндокринных опухолей, рекомбинантных адресных молекул для радионуклидной диагностики онкологических заболеваний с гиперэкспрессией Her-2/neu, а также на основе таллия-199 и диэтилдитиокарбамата для диагностики нарушений мозгового кровообращения и некоторые другие.

Совместно с индустриальным партнером и при поддержке Минобрнауки создана безотходная технология производства и разработана инновационная конструкция генератора технеция-99м для ядерной медицины. Идет процедура его регистрации. Также в рамках выполнения ФЦП и грантов РФФИ разработано несколько методик получения изотопов медицинского назначения на реакторе ИРТ-Т.

ТПУ в партнерстве с компанией ООО «БЕБИГ» впервые в России запущено серийное производство микросфер на основе иттрия-90 для лечения неоперабельных опухолей печени. Сейчас ТПУ по заявкам ООО «БЕБИГ» производят облученные микросферы по мере необходимости в зависимости от числа онкологических пациентов с раком печени, которым показана данная терапия. На одну процедуру обычно требуется активность от 1 до 20 гигаБеккерелей иттрия-90. Особенностью и преимуществом использования микросфер на основе радиоизотопа иттрия-90 состоит в точечном уничтожении опухоли и сохранении здоровых органов и тканей. Высококвалифицированные врачи в клинике вводят облученные микросферы в кровеносный канал пациента, доставляющий их к опухоли. Получается, что радиотерапевтические изделия наносят опухоли двойной удар — перекрывают доступ крови с кислородом к метастазам и воздействуют на них бета-излучением. Данное направление радиотерапии является очень востребованным в мировой ядерной медицине.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ В НОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Идинов М.Т., Касымов А.Б., Степанова О.А.

Государственный университет имени Шакарима города Семей

В последние десятилетия большой интерес вызывают материалы медико-биологического назначения, то есть материалы, предназначенные для создания изделий, устройств и препаратов, применяемых в медицине, биотехнологии, сельском хозяйстве и т.п., и используемые для обеспечения и оптимизации жизнедеятельности человека, животных, растений, микроорганизмов.

Значительный интерес представляют разработки в области так называемых гидрогелей, производимых с помощью радиационно-химического синтеза. Гидрогель – это сшитые полимерные сетки синтетических и природных полимеров, способные к набуханию в воде. Количество сорбируемой воды может быть различным — от 10 - 20 % до тысячекратно превосходящего массу гидрогеля в сухом состоянии. Благодаря своим высоким абсорбционными свойствам гидрогели находят широкое применение в различных областях, особенно в сельском хозяйстве. Согласно некоторым исследованиям использование гидрогелей может быть весьма перспективным для целей медицинской физики. Причем спектр их использования может быть самым широким, от использования их в качестве фантомного материала до изготовления медицинских повязок. Однако для дальнейшего практического использования гидрогелей необходимо тщательно исследовать последствия внешнего воздействия на них. Особенно, это касается воздействия ионизирующим излучением.

По происхождению полимеров, составляющих основу гидрогелей, их можно разделить на природные и синтетические. К природным можно отнести полипептиды и полисахариды. Синтетические полимеры делят на биодegradируемые и небидegradируемые. При создании биомедицинских материалов в форме гидрогелей наиболее часто используют коллаген, альгинат, хитозан, желатин, гиалуроновую кислоту, целлюлозу и фиброин, а также сополимеры полилактида и полиэтиленгликоля.

Преимуществом материалов на основе природных полимеров является их высокая биосовместимость. В большинстве случаев их деградация возможна за счет действия ферментов организма. Недостатками этих материалов являются низкая механическая прочность и возможность возникновения иммунного ответа организма на их присутствие, а также нестабильность качества получаемого продукта. Положительными свойствами синтетических полимеров — высокие показатели механической прочности, по сравнению с природными полимерами, а также возможность более точного регулирования скорости деградации. Недостатками являются высокая стоимость таких материалов и низкая способность к биодegradации.

По типу сшивания гидрогели делятся на физические и химические. Так называемые «физические» гидрогели образуются за счет ковалентных и ионных сшивок. «Физические» гидрогели формируются с помощью водородных связей, амфифильных взаимодействий, электростатических комплексов, также за счет агрегации и зацепления молекул полимера. Примерами гидрогелей, образованных за счет агрегации и зацеплений, могут служить материалы на основе желатина, гиалуроновой кислоты или полиэтиленгликоля. Их недостатками являются низкая механическая прочность и высокая текучесть, которые ограничивают их применение для замещения костных дефектов, подвергающихся высоким нагрузкам. Именно поэтому такие гидрогели чаще всего применяются в качестве скаффолдов для доставки остеоиндукторов.

В зависимости от механизма гелеобразования гидрогели делятся на отверждаемые без каких-либо внешних воздействий и отверждаемые в ответ на изменения внешних условий, таких как температура, изменение pH, ультразвуковое или электромагнитное воздействие, ультрафиолетовое излучение.

В случае применения в медицине гидрогели должны удовлетворять нескольким требованиям:

- 1) Состоять из биосовместимых материалов и распадаться на биосовместимые продукты;
- 2) Иметь мягкие условия и подходящие скорости гелеобразования;
- 3) Иметь достаточную стабильность, вязкость, адгезию и разрывную прочность для пролонгирования высвобождения клеток или лекарственных соединений;
- 4) Иметь подходящие количество и размер ячеек для обеспечения клеточной активности, свободного обмена кислородом и питательными веществами;
- 5) Должны быть биорезорбируемыми для создания среды роста клеток, их перегруппировки и образования новых тканей.

Полученные данные об изменении свойств гидрогеля при воздействии на него внешним излучением позволят определить применимость гидрогелей в целях медицинской физики.

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
РАДИАЦИОННЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ И МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ**

*Маликов Ш.Р.¹, Юлдашев М.Б.¹, Ашрапов У.Т.¹, Кудратов Х.Н.¹,
Эргашев О.С.², Балхибаев А. Ж.²*

¹Институт ядерной физики Академии наук, Ташкент, Республика Узбекистан

²АО «Уранредметгеология», Ташкент, Республика Узбекистан

Эффективность бурения скважин или шпуров, особенно в твёрдых горных породах, в значительной степени определяется эксплуатационными показателями породоразрушающего инструмента (ПРИ). При бурении скважин повышение износостойкости ПРИ является существенным резервом увеличения производительности труда, снижения материальных затрат и энергозатрат. Значительное влияние на ресурс ПРИ оказывают его конструктивные особенности, режимные параметры бурения (частота вращения, осевая нагрузка, интенсивность очистки забоя) и соответствие физико-механических свойств разбуриваемых пород прочностным показателям ПРИ. Проблему повышения износостойкости ПРИ можно решить модификацией существующих, приводящей к существенному улучшению их прочностных свойств. В этой связи разработка новых технологий упрочнения ПРИ и их технико-экономическая оценка является актуальной задачей. Цель исследований – разработка оптимального режима объемного упрочнения ПРИ с применением комбинированного метода облучения гамма квантами источника ионизирующего излучения Кобальт-60 и воздействия импульсного магнитного поля. В качестве испытуемых образцов были взяты 3-х лопастные долота производства АО «Уранредметгеология», которые повсеместно использовались в горнодобывающих предприятиях и имели относительно низкое качество по сравнению с зарубежными аналогами. В данном типе ПРИ в качестве породоразрушающей оснастки бурового долота используется твердосплавные материал ВК8, структура которой характеризуется прочностью и износостойкостью. Облучение образцов бурового долота γ -квантами проводили на «Гамма-установке» ИЯФ АН РУз с источниками ионизирующего излучения Co^{60} типа ГИК-7-4 мощностью экспозиционной дозы от $3,2 \cdot 10^4$ до $8,9 \cdot 10^6$ Р/с. Одновременно с гамма-облучением образцов производили магнитно-импульсную обработку с импульсным магнитным полем с магнитной индукцией от 0,2 до 0,4 Тл и длительностью импульса 3 мс. Результаты промышленных испытаний бурения горной породы с твердосплавным долотом ДЗЛ-118 мм упрочненным гамма-облучением и магнитно-импульсной обработкой показаны в таблице 1.

Таким образом, при облучение буровых твердосплавных долот ДЗЛ-118 мм гамма-квантами источника Co^{60} с экспозиционной дозой $5,5 \cdot 10^5$ Р/с и магнитно-импульсной обработкой с магнитной индукцией – 0,4 Тл достигается повышение проходки буровых твердосплавных долот в 1,7-3,2 раза.

В настоящее время данная технология объемного упрочнения ПРИ применяется в горнодобывающих предприятий АО Алмалыкский ГМК и АО «Уранредметгеология».

Таблица 1 - Результаты промышленных испытаний бурения горной породы с твердосплавным долотом ДЗЛ-118 мм упрочненным гамма-облучением и магнитно-импульсной обработки

Тип ПРИ	Экспозицион- ная доза, Р/с	Магнитная индукция, Тл	Средняя проходка на долото без упрочнения, м	Проходка на долото с радиационно- магнитным упрочнением, м	Увеличение проходки, %
ДЗЛ- 118 мм	$3,2 \cdot 10^4$	0,26	120	245	204
-//-	$6,5 \cdot 10^4$	0,29	120	297	248
-//-	$8,9 \cdot 10^4$	0,31	120	302	252
-//-	$2,4 \cdot 10^5$	0,4	120	352	293
-//-	$5,5 \cdot 10^5$	0,4	120	386	322
-//-	$5,6 \cdot 10^5$	0,4	120	384	320
-//-	$8,9 \cdot 10^5$	0,4	120	285	238
-//-	$2,2 \cdot 10^6$	0,4	120	228	190
-//-	$8,9 \cdot 10^6$	0,4	100	207	173

ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA AXESSE В ИЗУЧЕНИИ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИМЕСЕЙ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОГЛОЩЕНИЯ СРЕДНИХ И ТЯЖЕЛЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Зарипова Ю.А., Гладких Т.М., Бигельдиева М.Т., Дьячков В.В., Юшков А.В.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: ZJ_KazNU@mail.ru

Для изучения коэффициентов линейного поглощения гамма-квантов в исследуемых химических элементах. В качестве источника гамма-квантов использовался электронный ускоритель Elekta Axesse онкологического центра «Сункар» (Алматы, Республика Казахстан). Энергия гамма-квантов в пучке составляла 6 МэВ.

Для изучения коэффициентов линейного поглощения в исследуемых химических элементах были использованы образцы, химический состав которых представлен в таблице 1.

Образцы были изготовлены в Каирском университете (Арабская Республика, Египет) и предварительно проанализированы в [1]. Геометрически образцы представляют собой цилиндры диаметром 100 мм и высотой 10 мм. Каждый образец состоял из 20 шт. одинаковых цилиндров.

Были получены коэффициенты линейного поглощения для элементов В, С, О, S, Fe, Ва с учетом их концентрации, а также с учетом различного массового включения в исследуемые образцы парафина, который представляет собой C_nH_{2n+2} .

Таким образом, полученные суммарные коэффициенты ослабления образцов, содержащих легкие химические элементы и примеси среднетяжелых и тяжелых элементов, позволят получить более точные данные доз для разрушения онкологических образований потенциальных пациентов.

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP09058404 финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Таблица 1.

Z	Symbol	$\mu_i, \text{g/cm}^2$	Sample 1, c_i	Sample 2, c_i	Sample 3, c_i	Sample 4, c_i	Sample 5, c_i
5	B	0.138238	0	0.097525	0.097525	0.097525	0.097525
6	C	0.1017	0	0.029258	0.029258	0.029258	0.029258
8	O	0.0555	0	0.034975	0.035279	0.069949	0.070557
16	S	0.012355	0	0	0.017639	0	0.035279
26	Fe	0.003809	0	0.091808	0	0.183617	0
56	Ba	0.000528	0	0	0.0755186	0	0.151037
Paraffin Wax	C_nH_{2n+2}	0.010885	0.411937	0.206022	0.206022	0.103011	0.103011
With Paraffin Wax	$\sum_i^n \mu_i c_i$	-	0.003890	0.020693	0.020618	0.0220115	0.021861
Without Paraffin Wax	$\sum_i^n \mu_i c_i$	-	0	0.018748	0.0186730	0.0210388	0.020889

Литература:

[1] Гладких Т.М., Наср Ахмед Наср Диаб . Дьячков В.В., Шакиров А.Л., Зарипова Ю.А., Юшков А.В. Измерение линейных коэффициентов поглощения гамма-квантов на пучке ускорителя ELEKTA AXESSE // 9-ая Международная научная конференция СДФФФО-9. Сборник тезисов и докладов. 12-14 октября. 2016. Алматы. с. 10-11

**ПРИМЕНЕНИЕ РФЛП НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРНОГО РАДИОНУКЛИДА GA-68
ДЛЯ ПЭТ-ДИАГНОСТИКИ**

Джаканова М.Т., Рыскулова Г.О., Скакова Г.А.

Корпоративный Фонд «University Medical Center», г. Нур – Султан, Казахстан

На международном уровне доступность безопасных, эффективных и качественных современных радиофармацевтических лекарственных препаратов (далее-РФЛП) для диагностики и лечения основных заболеваний остается реальной проблемой. Следовательно, чрезвычайно важно решать проблемы производства, регистрация продукции, логистики и рентабельной клинической полезности РФЛП по доступным ценам для ядерной медицины в нашей республике. Циклотронные РФЛП является одним из дорогостоящих препаратов, которые для производства требуется целый радиохимический комплекс. Поэтому применение РФЛП, основанные на генераторных разработках, включая радионуклидную терапию, имеет существенные преимущества и огромную перспективу. Кроме того, необходимо развивать получение РФЛП, которые в большей степени отвечают местным клиническим потребностям и обеспечат доступ к клиникам только качественных, безопасных и эффективных РФЛП.

В 2004—2010 гг. в мировых научно - периодических издательствах появилось большое количество публикаций, посвященных получению и клиническому изучению препаратов ^{68}Ga , и в нескольких странах мира началось коммерческое производство генераторов $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$. Большой период полураспада материнского ^{68}Ge ($T_{1/2} = 270,9$ сут) обеспечивает продолжительный срок эксплуатации генератора, а малый период полураспада ^{68}Ga ($T_{1/2} = 67,7$ мин) позволяет использовать РФЛП необходимой активности, не создавая при этом значительной дозовой нагрузки на пациента. Кроме того, катион $^{68}\text{Ga}^{3+}$ может формировать устойчивые комплексные соединения со многими лигандами, что делает его пригодным для синтеза большого количества комплексов и макромолекул различного функционального назначения. При этом уже показано, что в диагностике целого ряда достаточно распространенных онкологических заболеваний методом ПЭТ РФЛП ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -DOTA-NOC—это радиофармпрепараты, предназначенные для диагностики нейроэндокринных опухолей (НЭО), имеющих соматостатиновые трансмембранные рецепторы (somatostatin seven-transmembrane-domain receptor, SSTR). Именно сверхэкспрессия SSTR и является основой для визуализации НЭО при ПЭТ/КТ с использованием РФЛП. ^{68}Ga -DOTA-TATE используется для визуализации НЭО экспрессирующих рецепторы подтипов SSTR2a и SSTR2b, а ^{68}Ga -DOTA-NOC-подтипа SSTR3 и SSTR5, ^{68}Ga -DOTA-TOC-SSTR5 и т.д.

Таблица 1.

РФЛП	Grade 1 Ki-67 <2%	Grade 2 Ki-67 3-10%	Grade 2 Ki-67 11-19%	Grade 3 Ki-67 >20%
^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -DOTA-NOC	++	++	+	-
^{18}F -FDG	-	-	+	++

++: чувствительность метода высокая;

-: чувствительность метода низкая;

+: чувствительность метода одинаковая (ПЭТ/КТ можно выполнить как с ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -DOTA-NOC, так и с ^{18}F -ФДГ).

Основные показания к ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -DOTA-NOC: Нейроэндокринная опухоль легкого, тимуса, желудка, тонкой и 12-перстной кишки, поджелудочной железы, параганглиомы головы и шеи (реже брюшной полости и таза), и при ранней диагностике первичной нейроэндокринной опухоли (в этой ситуации лучше выполнять исследование с двумя РФЛП – ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -DOTA-NOC).

Развитие ядерной медицины и связанных с ней технологий революционизирует диагностические исследования в практической медицине Казахстана, однако существует необходимость в более эффективных стратегиях для радиофармацевтических продуктов по доступности. При этом немаловажным является участие Казахстана в международных исследованиях, так как открывается ещё одна возможность для наших специалистов повысить свой профессиональный уровень. А для наших пациентов – это шанс на возможность постановки правильного диагноза, как следствие на правильную адекватную тактику лечения, которая является гарантом сохранения жизни и увеличение выживаемости пациентов с онкологической патологией.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЗАПУСК ПРОИЗВОДСТВА
РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ
GMP НА БАЗЕ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ РК**

Садуакасова А.Б., Тлеулесова И.К.

РГП «Больница Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан» на ПХВ

Ядерная медицина является довольно молодой отраслью в Казахстане, несмотря на долгий путь развития и становления в западных странах. Перед этой перспективной и важной отраслью медицины до сих пор стоят много сложных задач и трудностей в Казахстане, которые могут и должны быть решены на государственном и законодательном уровне.

Одним из главных показателей развития ядерной медицины является доступность и широта спектра используемых диагностических и терапевтических радиофармацевтических лекарственных препаратов (далее – РФЛП).

К 2017 году в Казахстане функционировал только один центр производства РФЛП – в КФ «University Medical Centre Республиканский диагностический центр», производящий 1 вид РФЛП – 18F-FDG для проведения позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ/КТ исследований).

Для возможности покрытия клинических нужд в объеме, а также для диагностики широко спектра труднодиагностируемых злокачественных новообразований с использованием иных видов РФЛП, было принято решение о строительстве «Центра ядерной медицины с циклотронно-производственным комплексом» при РГП «Больница Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан» на ПХВ (далее – БМЦ). На базе данного циклотронно-производственного комплекса запланировано производство 9 РФЛП в условиях надлежащей производственной практики (далее – GMP). В настоящее время ведутся пуско-наладочные работы производственного, аналитического и медицинского оборудования. Завершение строительства и запуск Центра запланированы на декабрь текущего года.

В ходе утверждения, проектирования и строительства данного Центра возникло множество трудностей, показывающих несовершенство регуляторной системы Казахстана в области контроля проектирования, строительства, оснащения и лицензирования радиационно-опасных объектов в сфере медицины, а также наличия противоречий при обеспечении требований GMP в государственном секторе.

В результате, совместно с коллегами из Центра ядерной медицины и онкологии г. Семей, сотрудниками БМЦ был разработан «Стандарт организации оказания медицинской помощи в области ядерной медицины населению Республики Казахстан», который вступил в силу в 2021г. В него были включены важные аспекты по проектированию, строительству и оснащению объектов ядерной медицины и производства РФЛП, а также обеспечению квалификационными кадрами медицинских и немедицинских специальностей.

Таким образом, опыт запуска производства радиофармацевтических лекарственных препаратов в условиях GMP на базе медицинского учреждения РК показал, что необходима разработка и утверждение новых, а также изменение имеющихся нормативно-правовых актов, с привлечением опытных специалистов, работающих в отрасли в настоящее время. Такими нормативными актами являются Закон «О радиационной безопасности населения», Санитарные правила по радиационной безопасности, Строительные нормы лечебно-профилактических учреждений, Приказ о минимальных стандартах оснащения организаций здравоохранения медицинскими изделиями, Приказ об утверждении номенклатуры специальностей и специализации в области здравоохранения, номенклатуры и квалификационных характеристик и должностей работников здравоохранения, Приказ об утверждении Списка производств, цехов, профессий и должностей, перечня тяжелых работ, работ с вредными и (или) опасными условиями труда и т.д.

**ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОГЕЛЕВЫХ СТЕРИЛЬНЫХ ПОВЯЗОК AQUA DRESS®
В РГП «ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ»**

Бексултанов Ж.И., Банных В.И., Лаба М.Н.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Гидрогелевая повязка AQUA DRESS® является композицией натуральных и синтетических полимеров (таких как: поливинилпиролон, полиэтилен гликоль и агар) в воде, подвергнутой действию ионизирующего излучения соответствующей энергии, которое обеспечивает соединение цепей полимеров и стерильность повязки. Композиция гидрогелевых повязок была создана группой научных сотрудников под руководством проф. Януша М. Росяка (Janusz M. Rosiak) из Межведомственного Института Радиационной Техники Политехнического Иститута в Лодзи. В ходе выполнения международного проекта МНТЦ К-1541, за период с 2008 по 2012 год коллектив научно-производственного центра радиационных технологий института ядерной физики г. Алматы разработал технологию производства гидрогелевых повязок медицинского назначения «AQUA DRESS». В 2012 году на территории ИЯФ введен в эксплуатацию цех по производству гидрогелевых повязок и было получено Регистрационное Удостоверение РК-ИМН-5 №010043 на право применения в медицинской практике повязок гидрогелевых стерильных «AQUA DRESS». В 2013 году получено Свидетельство на товарный знак за № 40930. В настоящее время мы производим повязки медицинского и косметического назначения 6-ти типоразмеров: прямоугольные - 100x120 мм, 215x115мм, 240x200 мм, круглые - диаметром 80 мм, маску для лица и маску под глаза. Производительность установки – 1 000 000 повязок в год. Повязки AQUA DRESS® относятся к самому современному III поколению перевязочных biomaterialов. Они применяются в терапии тяжело заживляющихся ран таких, как:

- ожоговые раны
- трофические язвы
- диабетическая стопа
- пролежни
- трансплантация кожи
- все виды повреждений кожи, в терапии которых желательна влажная среда.

Повязки AQUA DRESS® стерильны, прозрачны, эластичны.

10 существенных особенностей:

1. снижает боль;
2. является барьером для бактерии извне;
3. обеспечивает доступ кислорода к ране;
4. предупреждает образование гипертрофических рубцов;
5. предоставляет возможность легко довести лекарство до раны, не снимая повязки (через увлажнение внешней поверхности повязки раствором лекарств);
6. проявляет хорошую адгезию к здоровой коже и ране без тенденции к прилипанию, что дает возможность безболезненно менять повязку;
7. во время смены повязки с раны удаляются выделения, фибрин и некротическая ткань, оставляя неповрежденную грануляцию;
8. она эластичная, мягкая, но достаточно прочная, благодаря чему ее можно применять в таких местах тела, которые тяжело фиксировать - суставы, ладони, лицо и др.;
9. она прозрачная, что позволяет контролировать лечение, не снимая повязки;
10. не вызывает аллергии.

**ПРОИЗВОДСТВО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СЕРИЙ НАТРИЯ [¹⁸F] ФТОРИДА
НА МОДУЛЕ СИНТЕЗА SYNTHRA RN PLUS**

Кулаков А.В., Чакрова Е.Т., Медведева З.В., Гурин А.Н., Джаманбаланова Н.А., Кулакова Е.К.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, kulakov@inp.kz

В работе представлены практические результаты синтеза и контроля качества Натрия [¹⁸F] фторида в соответствии с требованиями GMP.

В частности, представлены описание программы синтеза на модуле SYNTHRA RN PLUS, технологическая схема получения, практические данные по технологическому выходу, а также методы и практические результаты контроля качества. В работе также предложены пути увеличения технологического выхода Натрия [¹⁸F] фторида.

ПЭТ В ОНКОДИАГНОСТИКЕ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФТОРА-18 И ГАЛЛИЯ-68

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, занимающий прочное место в современной онкодиагностике. В состав радиофармацевтических лекарственных препаратов (РФЛП) для ПЭТ входят короткоживущие радионуклиды с позитронным типом распада, из которых традиционно наиболее востребованным является фтор-18 ($T_{1/2}$ 110 мин). На основе фтора-18 разработаны различные классы РФЛП, прежде всего 2-[¹⁸F]-фтор-2-дезоксид-Д-глюкоза (ФДГ), уникальный радиотрейсер гликолиза, меченые аминокислоты, нуклеотиды, гипоксические агенты и другие. Благодаря созданию эффективных автоматизированных технологий синтеза РФЛП могут поставляться в ПЭТ центры централизованно из циклотронно-радиохимического комплекса. В то же время для введения фтора-18 в биомолекулы, например, пептиды, нужны многостадийные методы синтеза и сложны технологии очистки. В этом случае в качестве метки применяют изотопы металлов, введение которых в молекулы РФЛП легко достигается за счет связывания бифункциональным хелатирующим агентом (БХА), способным в свою очередь образовывать ковалентные связи с различными биомолекулами. Так в ПЭТ иммунодиагностике нейроэндокринных опухолей (НЭО) с гиперэкспрессией рецепторов соматостатина традиционно применяют производные октреотида - [⁶⁸Ga]DOTA-TATE, РФЛП на основе генераторного галлия-68 ($T_{1/2}$ 68 мин). В то же время предложенный в качестве альтернативы [¹⁸F]AIF-NOTA-octreotide не получил широкого распространения. Стремительно растущий интерес к ⁶⁸Ga связан с разработкой в последние годы радиотрейсеров на основе малых молекул, являющихся ПСМА-ингибиторами, первым из которых является ⁶⁸Ga-PSMA-11. Это дало возможность визуализации кастрационно резистентного метастатического рака предстательной железы (РПЖ) и последующей радиотерапии (¹⁷⁷Lu, ⁹⁰Y, ²²⁵Ac) в рамках концепции тераностики. Практически сразу созданы и ПСМА агенты на основе фтора-18, ¹⁸F-PSMA-1007, получившие быстрое распространение благодаря высокоэффективному методу синтеза с автоматизацией на всех известных модулях. Последней разработкой в области ПЭТ-КТ диагностики (в качестве альтернативы ПЭТ с ФДГ) является создание принципиально нового класса РФП на основе FAPI (fibroblast activation protein - FAP, экспрессируемый большинством опухолей). Вслед за разработкой ⁶⁸Ga-FAPI-04 предложен и [¹⁸F]AIF-FAPI-74, синтез которого легко реализуется в автоматизированных модулях. Широкая доступность ПЭТ с фтором-18 достигается благодаря установке огромного числа ПЭТ циклотронов в мире и уникально высокой производительности водной фторной мишени. Предложенные методы получения циклотронного ⁶⁸Ga в водной мишени циклотрона по стоимости пока уступают генераторному производству ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga, но бурно развиваются. В докладе будут рассмотрены различные аспекты применения двух радионуклидов и РФЛП на их основе для обеспечения новых возможностей ПЭТ-КТ онкодиагностики.

РАДИАЦИОННАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Данько И.В., Садыков Б.К.

РГП «Институт ядерной физики» МЭ РК, г. Алматы, Республика Казахстан

Доклад посвящен обзору технологии радиационной стерилизации изделий медицинского назначения на базе ускорителя электронов ИЛУ-10 в РГП «Институт ядерной физики» МЭ РК. Рассмотрены положительные и негативные факторы данного метода стерилизации. Проведен сравнительный анализ методов стерилизации изделий медицинского назначения.

Радиационная стерилизация - валидированный процесс освобождения медицинских изделий от жизнеспособных микроорганизмов с помощью ионизирующего излучения. Стерилизующим агентом при использовании метода радиационной стерилизации изделий медицинского назначения является бета- и/или гамма-излучение. Технология радиационной стерилизации основывается на способности ионизирующего излучения оказывать разрушающее воздействие на ДНК любых микроорганизмов. Для радиационной стерилизации изделий медицинского назначения могут быть использованы ускорители электронов с энергией, не превышающей 10 МэВ при облучении электронами, и не превышающей 5 МэВ при использовании тормозного излучения [1].

По данным отчета Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) за 2008 г. в развитых странах от 40 до 50% одноразовых медицинских изделий стерилизуются радиационным способом. Ежегодно с использованием ионизирующего излучения стерилизуется порядка 12 миллионов кубических метров изделий медицинского назначения [4]. Данные, представленные исследовательской компанией MarketsandMarkets [2] показывают, что мировой рынок услуг по стерилизации в 2016 году составлял 2,25 млрд. долларов США в год при ежегодном приросте 6,7%. По данным российского маркетингового агентства «MegaResearch» рынок промышленной стерилизации стран СНГ так же показывает стабильный рост [3]. Радиационная стерилизация изделий медицинского назначения стала важным мероприятием сдерживания и уменьшения последствий глобальной пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2.

На сегодняшний день в РГП ИЯФ функционируют два ускорителя электронов, работающие на радиационную стерилизацию изделий медицинского назначения. Ежегодно на базе Научно-производственного центра радиационных технологий проводится стерилизация свыше 120 наименований изделий медицинского назначения общим количеством свыше 4,8 миллионов штук.

Развитие процесса технологической дозиметрии на базе РГП «Институт ядерной физики» МЭ РК позволяет осуществлять контроль поглощенной дозы в продукции с отклонением до 0,44%, что подтверждается межлабораторными сравнениями по технологической дозиметрии в рамках проекта технического сотрудничества МАГАТЭ RER1019.

Литература:

- [1] ГОСТ ISO 11137-1-2011 Стерилизация медицинской продукции. Радиационная стерилизация. Часть 1. Требования к разработке, валидации и текущему контролю процесса стерилизации медицинских изделий. - Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) Москва: Стандартинформ, 2013 – 6 с.
- [2] <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sterilization-service-market-183597324.html>.
- [3] https://www.megaresearch.ru/news_in/analiz-rynka-uslug-promyshlennoy-sterilizacii-v-rossii-1355.
- [4] Trends in radiation sterilization of health care products. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2008.

РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ
НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПОЛИВИНИЛПИРОЛИДОНА

Бексултанов Ж.И., Банных В.И., Мамытбеков Г.К.

Институт ядерной физики, г. Алматы, Республика Казахстан

Гидрогелевые матрицы на основе природных и синтетических полимеров представляют собой мягкие и пористые материалы, структурно-молекулярная иерархия и функциональность которых приближается к биологическим тканям. На их основе разрабатываются новые изделия для биотехнологии, тканевой инженерии, медицины и косметологии в виде различных композиционных материалов широкого спектра применения, в частности, систем с контролируемым выделением лекарственных препаратов, раневых или ожоговых повязок. Однако полученные химическим сшиванием или физической «заморозкой» гидрогели не являются стабильными и требуют закрепления структуры с использованием дополнительных, зачастую токсичных сшивающих реагентов. Радиационно-химическая модификация является экологически чистым и технологичным методом получения композиционных гидрогелей высокой чистоты, а также является весьма эффективным способом увеличения их прочности, износостойкости и биологической совместимости.

Одним из наиболее перспективных полимеров для создания раневых гидрогелевых повязок является биосовместимый и биодеградируемый аминополисахарид хитозан (ХТ), получаемый при частичном деацетилировании хитина. Хитозан, помимо гелеобразующих и пленкообразующих свойств, также проявляет антимикробные свойства за счет блокировки аминогруппами ацетамидных связей анионных фосфатных групп фосфолипидов бактерий в клеточной мембране, что препятствует их размножению [1].

Для создания синергетического эффекта по бактерицидной активности в хитозансодержащие гидрогелевые повязки целесообразно вводить наночастицы серебра размерностью 9 – 15 нм, которые являются эффективным антимикробным агентом и не проявляют токсической активности по отношению к клеткам дермы [2]. Широкое распространение в качестве антимикробных повязок с улучшенными ранозаживляющими свойствами без добавок биологически активных веществ получили системы на основе поливинилпирролидона, полиэтиленгликоля (ПЭГ) и агар-агара [3].

В связи с этим в работе исследован радиационно-химический способ получения гидрогелевых повязок на основе композиционной смеси поливинилпирролидон (ПВП):хитозан (ХТ):агар-агар (АА) в среде молочной кислоты (МК) с добавлением глицерина (ГЦ) при различных соотношениях компонентов. Наиболее оптимальное соотношение компонентов, удовлетворяющее требуемым механическим параметрам для применения полимерных гидрогелей в качестве антибактерицидных повязок, при которых они проявляют высокое адгезионное сродство к коже, соответствует составу [ПВП]:[ХТ]:[АА]:[ГЦ] = 10:(0,5÷1,0):0,5:0,5 масс. % соответственно.

С целью получения полимераналогов высокомолекулярного хитозона с низкой степенью полимеризации для улучшения его эксплуатационных характеристик применялась перекись водорода в концентрационном интервале от 0,3 до 0,5 масс.%, что позволило увеличить его растворимость в воде, а конечная облученная композиция в присутствии ПВП и АА приобрела более эластичные свойства с высокой степенью влажности.

Ионы серебра в объем приготовленной композиции в количестве 30 ppm вводились до проведения радиационного облучения потоком электронов на ускорителе ИЛУ-10.

Проведен подбор режимов ускорителя ИЛУ-10 по облучению полимерных композиций потоком электронов в диапазоне доз от 18 до 35 кГр. Установлено, что доза облучения в 22-23 кГр является оптимальной и обеспечивает хорошие показатели прочности на разрыв (от 12,1 до 20 кПа) и адгезии. Изменяя основные характеристики ускорителя - величину тока от 2,2 мА до 5,25 мА и скорость движения конвейера (1,3-2,7 см/с) для обеспечения требуемой дозы облучения, указанной выше, подобран следующий режим обработки: $E - 5\text{МэВ}$, $I_{\text{имп}} - 350\text{ мА}$; $f - 26\text{ Гц}$, $V - 2,7\text{ см/с}$; $I_{\text{ср}} - 4,55\text{ мА}$.

Установлено, что оптимальной концентрацией глицерина в системе, используемого в качестве пластификатора и модификатора для придания гидрогелевой повязке эластичных свойств и высокую адгезионную силу схватывания поверхности живой ткани, является интервал (0,3 - 0,5) масс. %.

Проведенные исследования показали, что гидрогели с составом ПЭГ – 1,0 %, ПВП- 7%, АА – 1.0% и глицерина 0,3-0,5% имеют лучшие физические характеристики по прочности и адгезионным свойствам.

Литература:

- [1] Chung Y.C., Chen C.Y. Antibacterial characteristics and activity of acid soluble chitosan //Bioresource Technology. – 2008. – Vol.99. –P. 2806 – 2814.
[2] Deepachitra R., Pujitha Lakshmi R., Sivaranjani K., Helan Ch. Chandra., Sastry T.P. Nanjparticles embedded biomaterials in wound treatment: A review //J. Chemical and Pharmaceutical Sci. – 2015. – Vol. 8. – Н. 857-879.

[3] Mazalewska W., Czechowska-Biskup R., Olejnik A.K., Wach R.A., Ulanski P., Rosiak J.M. Chitosan-containing hydrogels wound dressing prepared by radiation technique //Radiation Physics and Chemistry. – 2017. –Vol. 134. – P.1-7.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ТЕРАПИЯ В РК. ПЕРВЫЙ ОПЫТ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сандыбаев М.Н., Белыхина Т.И., Атантаева Б.Ж., Есболатова Н.С.

КГП на ПХВ «Центр ядерной медицины и онкологии», г. Семей, Казахстан

Радионуклидная терапия является одним из интенсивно развивающихся направлений в онкологии, эндокринологии, неврологии. В Казахстане открыто первое отделение радионуклидной терапии с 15 активными койками на базе Центра ядерной медицины и онкологии г. Семей.

24 июня 2021 впервые были госпитализированы первые 17 пациентов. Из них 7 пациенток с диагнозом злокачественное новообразование (ЗН) щитовидной железы (КОД МКБ -10 С 73, гистологический тип – папиллярная аденокарцинома), 10 пациентов (3 мужчин и 7 женщин) с диагнозом тиреотоксикоз (код МКБ -10 Е 05.0) для проведения радиойодтерапии (РЙТ), трем пациентам (с диагнозом С 73) проведена диагностическая сцинтиграфия с радиофармпрепаратом NaI (I-131) индикаторной активности – 185 МБк с целью определения возможной радиорезистентности (на основании результатов сцинтиграфии (отсутствие накопления РФП) одному пациенту была отменена РЙТ). До начала лечения все пациенты соблюдали безйодовую диету, пациентам с ЗН щитовидной железы за 4 недели до терапии были отменены тиреоидные гормоны, пациентам с тиреотоксикозом отмена тиреостатиков была назначена за 7 дней до РЙТ.

У пациентов с ЗН щитовидной железы терапевтическая активность радиоактивного йода составила – 3 700 МБк; у 2 пациентов с тиреотоксикозом - 740 МБк, у 6 пациентов– 600 МБк, у 3 пациентов – 500 МБк. При расчете активности для лечения тиреотоксикоза учитывался объем щитовидной железы, при терапии ЗН щитовидной железы определялось наличие/отсутствие метастазов в региональные лимфоузлы и/или с инфильтрацией в окружающие ткани. Радиойод в виде водного раствора натрия йодида (Na^{131}I) был принят внутрь в день госпитализации, после чего пациенты были помещены на «закрытый режим» в специализированную палату, ежедневно проводилась радиометрия тела. Пациенты были выписаны на 5- 8 сутки при достижении мощность эквивалентной дозы на расстоянии 1 метр от поверхности тела не более 20 микроЗиверт в час.

На 3 сутки после получения лечебной дозы радиоактивного йода-131 всем пациентам выполнена сцинтиграмма всего тела, которая позволила оценить распределение РФП в организме пациента и получить информацию о наличии или отсутствии отдаленных метастазов. На основании полученных результатов был составлен план дальнейшего наблюдения за пациентами.

У двух пациенток с тиреотоксикозом сразу после проведения лечения (на вторые сутки) отмечался кратковременный отек в области шеи, который был купирован к моменту выписки приемом противовоспалительных препаратов; у 4 пациентов с ЗН щитовидной железы наблюдались диспепсические симптомы (тошнота, неприятный привкус и т.д), которые не потребовали лечения. Характерных осложнений в виде воспалительных изменений слюнных желез и нарушение вкусовых ощущений, обоняния в период стационарного наблюдения не было выявлено. Случаев возникновения осложнений, требующих экстренного врачебного вмешательства, не отмечалось. Общая переносимость лечения радиоактивным йодом может быть признана удовлетворительной. По литературным данным к острым побочным эффектам радиойодтерапии, вероятность которых повышается при дозе радиойода более 3 700 МБк, относятся аллергические реакции на йод, постлучевые паротит и сиалоаденит, гастрит, цистит, транзиторные аменорея и гипоспермия, эти нарушения носят преходящий характер и длятся от нескольких дней до нескольких месяцев.

Радиойодтерапия может быть проведена пациентам с размером опухоли 1-4 см с документированными метастазами в лимфоузлы или при других факторах высокого риска (комбинация возраста, размера опухоли, вовлечение лимфоузлов гистологическое строение опухоли средний или высокий риск рецидива заболевания). Для оценки эффективности проведенной РЙТ необходимо прослеживание пациентов через 3, 6, 12 месяцев.

Сдерживающими факторами развития радионуклидной терапии в РК являются: отсутствие достаточного количества специализированных клиник, высокая стоимость пролеченного случая, процесс испытания и регистрации новых РФП сложен технически и организационно забюрократизирован. Мировая практика показывает, что для развития радионуклидной терапии необходима государственная программа,

направленная на поддержку производителей РФП, увеличение средств на оплату РФП и закупку необходимого оборудования для медицинских учреждений.

Учитывая, что развитие радионуклидной терапии в нашей стране находится на первоначальном этапе, в краткосрочной перспективе (1-2 года) планируется совместное с Институтом ядерной физики г. Алматы внедрение следующих направлений: применения остеотропного радиотерапевтического препарата «Самарий-оксабифор, ^{153}Sm » в комплексном лечении пациентов с метастазами в кости и при тяжелых формах ревматических заболеваний; терапия нейроэндокринных опухолей гастроэнтеропанкреатической зоны радиофармпрепаратами $^{177}\text{Lu-DOTATATE/ DOTATOC}$ и терапии рака предстательной железы радиофармпрепаратом $^{177}\text{Lu-PSMA}$.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НЗТ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Аникин М.Н., Смольников Н.В., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

На сегодняшний день смертность от злокачественных новообразований занимает второе место среди всех причин смертности в России. За последние 10 лет онкологическая заболеваемость населения России составила 23,7 %.

Тремя основными методами лечения рака являются хирургия, химиотерапия и лучевая терапия [1]. При проведении терапии онкологических заболеваний, особенно при расположении новообразований вблизи головы и шеи, применяются комбинированные методы лечения, подразумевающие использование как хирургического вмешательства, так и лучевой терапии. На сегодняшний момент лучевая терапия является одним из самых используемых методов лечения как по широте применения, так и по темпам развития.

Традиционная лучевая терапия подразумевает использование высокоэнергетических рентгеновских лучей или электронных пучков. Эта форма излучения называется «редкоионизирующей» поскольку она имеет низкую линейную передачу энергии (ЛПЭ) и на глубине проникновения в биологические объекты вызывает меньшее количество актов ионизации. При этом более высокая поглощенная доза в опухоли относительно нормальной ткани достигается путем точного геометрического позиционирования пациента, оптимального цифрового планирования лечения и прецизионных систем доставки пучка [2].

За последние несколько лет на реакторе ИРТ-Т достигнуты существенные результаты в области применения нейтрон-захватной терапии на клеточных структурах, малых и средних биологических объектах с использованием дозодополняющих агентов.

Проведена существенная работа в направлениях, связанных с оптимизацией выходных параметров смешанного реакторного излучения, что определяет эффективность и применимость пучка для лечения опухолевых новообразований. В частности, разработан узел формирования выходных характеристик пучка в шиберном устройстве горизонтального экспериментального канала ГЭК-1. Достижение оптимальных параметров пучка смешанного излучения осуществлялось на основе расчетно-экспериментальных работ.

Прецизионные расчеты проводились с применением программного средства MCU-PTR, осуществляющего моделирование процессов на основе метода Монте Карло, который используется для решения неоднородных уравнений переноса нейтронов (для нейтронов возможно решение однородных уравнений переноса), фотонов, электронов и позитронов в заданной области пространства с определенными физическими свойствами.

В программном средстве MCU-PTR была разработана полномасштабная модель активной зоны реактора, включающая ТВС, блоки бериллиевого отражателя, стержни СУЗ, вертикальные и горизонтальные экспериментальные каналы, и другие конструкционные элементы.

Экспериментальное сопровождение исследований было направлено на подтверждение расчетных характеристик нейтронного, гамма излучений и верификации разработанной трехмерной модели реактора ИРТ-Т.

Для оценки спектральных характеристик нейтронного потока применялся метод облучения активационных детекторов, поскольку использование этого метода позволяет определять параметры нейтронного поля в диапазоне энергий от долей эВ до 15 МэВ. Активационный метод спектрометрии нейтронов является единственным, позволяющим проводить описанные работы в условиях действия нейтронных и сопутствующих гамма-полей в активной зоне и экспериментальных каналах ядерных

реакторов. В основе этого метода лежит принцип активации различных элементов нейтронами вследствие протекания пороговых реакций и последующего измерения наведенной активности.

В настоящей работе представлены результаты проведения расчетно-экспериментальных работ по верификации расчетной модели, оптимизации выходных характеристик пучка излучения и распределения дозовой нагрузки при проведении нейтрон-захватной терапии на клеточных структурах, малых и средних животных.

Литература:

- [1] Зайцев К.Н., Портнов А.А., Сахаров В.К., Трошин В.С., Квасов В.И., Савкин В.А., Мищерина О.В., Липенгольц А.А., Хохлов В.Ф., Кулаков В.Н., Митин В.Н., Козловская Н.Г., Шейно И.Н. Разработка технологии нейтрон-захватной терапии злокачественных опухолей и проведение предклинических исследований на ядерном реакторе ИРТ МИФИ // Инженерная физика. 2007; 2: 122–140.
- [2] Шейно И.Н., Ижевский П.В., Липенгольц А.А., Кулаков В.Н., Вагнер А.Р., Сухих Е.С., Варлачев В.А. Разработка бинарных технологий лучевой терапии злокачественных новообразований: состояние и проблемы. Бюллетень сибирской медицины. 2017; 16 (3): 192–209

РЕКОНСТРУКЦИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ GMP

Медведева З.В., Чакрова Е.Т., Быстрыков Ю.К.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан,
medvedeva_z@inp.kz

В работе представлены практические результаты реконструкции микробиологической лаборатории научно-технического центра радиохимии и производства радиофармпрепаратов института ядерной физики в соответствии с требованиями GMP, санитарно-эпидемиологических норм и норм радиационной безопасности. Микробиологические испытания в лаборатории проводят при производстве радиофармпрепаратов.

В частности, представлены планировочные решения, планируемые и полученные в результате реконструкции параметры воздухообмена, указаны трудности, связанные с противоречиями при соблюдении норм при работе с микроорганизмами III-IV групп патогенности в условиях радиоактивности и требованиями GMP.

РОЛЬ ОДНОФОТОННОЙ ЭМИССИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С ^{99m}Tc-МІВІ СОВМЕЩЕННОЙ С ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИЕЙ МИОКАРДА В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ОСЛОЖНЕНИЙ ИШЕМИЧЕСКИХ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЦА

Карабаева Р.Ж., Садуакасова А.Б., Сарсенгалиев Т. И., Нарзуллаев Э. С.

Больница Медицинского Центра Управления делами Президента Республики Казахстан,
г. Нур-Султан, Казахстан.

Актуальность: В настоящее время возрастающая социальная значимость ишемической болезни сердца (ИБС) остается актуальной и определяет дальнейший поиск, внедрение и использование диагностических методик верификации и определения значения и прогноза данного заболевания. Сведения о жизнеспособности миокарда чрезвычайно важны для лечения ишемической патологии сердца, поскольку проведение реваскуляризации может положительно повлиять на жизнеспособные сегменты миокарда.

Цель исследования: Сравнительный анализ данных однофотонной эмиссионной сцинтиграфии миокарда и мультиспиральной компьютерной томографии коронарных артерий и миокарда левого желудочка в оценке жизнеспособности миокарда, конечного диастолического объема левого желудочка и фракции выброса левого желудочка. Изучение роли данных однофотонной эмиссионной сцинтиграфии миокарда в диагностике ишемических болезней сердца.

Материалы и методы исследования: Обследованы 72 пациента (29 женщины и 43 мужчины) в возрасте от 39 до 71 года, средний возраст 55±8 лет. Из всех исследуемых, у 58 (80,5%) пациентов, был выставлен диагноз «ишемическая болезнь сердца», 13 больным (18,0%) — «постинфарктный кардиосклероз», у 1 человека (1,5%) — «острый инфаркт миокарда». Гипертоническая болезнь I стадии не определялась ни у одного пациента, II стадии — у 6 (8,3%), III стадии — у 66 (91,7%) пациентов. Исследование ОФЭКТ/КТ сердца проводится дважды: при нагрузке (на велоэргометре (ВЭМ), 100 Вт) и в состоянии покоя, с внутривенным введением радиофармпрепарата ^{99m}Tc-МІВІ дважды. ОФЭКТ/КТ сердца проводили на двухдетекторной (6-срезовый) гамма-камере «Symbia T6» (Siemens, Германия) с использованием высокоразрешающего параллельного коллиматора (LEHR — Low Energy High Resolution) и настройкой гамма-камеры на энергетический фотопик 140 кэВ. Исследование осуществляли двухэтапным протоколом, первая сцинтиграфия проводилась через 30 мин и 3 часа после внутривенного введения радиофармпрепарата (РФП), из расчёта 400 и 800 МБк соответственно. В качестве РФП использовали меченый ^{99m}Tc МІВІ (2-метокси изобутил изонитрил). Запись сцинтиграфического изображения проводили методом томографии с оборотом детектора на 180° в 64 проекциях. Время экспозиции на одну проекцию составило 30 с. Для последующей реконструкции последовательных стадий сердечного сокращения и оценки функций ЛЖ по усреднённому сердечному циклу проводилась электрокардиографическая синхронизация по зубцу R с дискриминацией по времени 20% средней длительности цикла и сегментацией интервала R–R. МСКТ исследование проводили на 64-спиральном компьютерном томографе «Aquillon 64» (Toshiba, Japan). МСКТ-коронарографию осуществляли в два этапа: I этап - определение кальциевого индекса (степени кальциноза коронарных артерий сердца) без контрастирования с использованием аксиальных срезов толщиной 3 мм, II этап – контрастная коронарография, с использованием ретроспективного анализа реконструкции при сканировании с толщиной среза 0,5 мм и шаге реконструкции 0,3 мм. Использовали контрастное вещество [йопромид (ультравист 370) в количестве 100 мл со скоростью 4,5-5,0 мл/с. Анализ КДО и ФВ ЛЖ проводили как при ОФЭКТ/КТ сердца, так и неинвазивной коронарографии.

Результаты исследования: При проведении ОФЭКТ/КТ и МСКТ сердца отмечены незначительные различия в определении функциональных показателей левого желудочка таких как КДО и ФВ, при МСКТ результаты оказались несколько выше. Диагностическая ценность в диагностике коронарной болезни сердца предпочтительней МСКТ, так как высокая чувствительность и специфичность отмечены несколькими авторами. Оценка перфузии миокарда с помощью ОФЭКТ/КТ является преимущественным методом диагностической визуализации. Данный метод позволяет одновременно оценивать степень насыщенности миокарда кислородом и помогает выстроить анатомическую картину сердца с участками ишемии благодаря КТ

Выводы: Диагностическое преимущество ОФЭКТ позволяет оценить степень и площадь нарушения перфузии миокарда в острый и отдаленный периоды инфаркта, в том числе рубцовые изменения; ОФЭКТ и МСКТ сердца являются взаимодополняемыми методами диагностической неинвазивной интраскопии, но никак не конкурирующими. Применение метода ОФЭКТ позволяет выявить дополнительные факторы, от которых зависит эффективность реперфузионного метода лечения больных с инфарктом миокарда.

РОЛЬ ЯДЕРНОЙ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРЕДОПЕРАЦИОННОЙ ОЦЕНКЕ ЭПИЛЕПСИИ

Садуакасова А.Б., Ескалиев А.Р., Люгай Е.А., Садыков Ш.Ш., Утебеков Ж.Е.

Больница Медицинского Центра Управления делами Президента Республики Казахстан,
г. Нур-Султан, Казахстан.

Актуальность: Распространенность эпилепсии составляет около 1%, и одна треть случаев фармакорезистентные. В подходящей подгруппе пациентов с лекарственно-устойчивой эпилепсией хирургическая резекция эпилептогенной зоны является единственным методом лечения. Неинвазивные методы в большинстве случаев предоставляют информацию о локализации эпилептогенного очага, тогда как в других требуются инвазивные процедуры. В последние годы появились неинвазивные методы нейровизуализации, такие как одновременная запись функциональной магнитно-резонансной томографии и электроэнцефалограммы (ЭЭГ-фМРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), визуализация электрических и магнитных источников (MSI, ESI), спектроскопия (MRS) доказали свою полезность при определении эпилептического очага.

Цель обзора: Функциональная нейровизуализация с помощью ПЭТ и ОФЭКТ является широко используемым инструментом предоперационной оценки эпилептогенного очага. В данном исследовании представлен обзор литературы по ПЭТ и ОФЭКТ в предоперационной оценке эпилепсии, опубликованной за последний год.

ПЭТ/КТ с 18F-FDG, дает дополнительную информацию при височной и вневисочной эпилепсии. Характер гипометаболизма при ПЭТ/КТ с 18F-FDG, является хорошим дополнительным предиктором или исходом приступа при височной эпилепсии с мезиально-височным склерозом или отрицательной МРТ. Появляется все больше данных того, что диагностическая ценность ПЭТ/КТ с 18F-FDG с постобработкой возрастает. Хотя в рассмотренной литературе применялось несколько методов, все они, по-видимому, превосходят визуальный анализ. Определение эпилептогенного очага с помощью иктальной ОФЭКТ зависит от времени введения инъекции. Это особенно полезно для пациентов с отрицательной МРТ и в большинстве случаев вневисочной локализации. Области гиперперфузии, удаленные от зоны начала приступа, отражают эпилептическую сеть. Комбинирование более согласованных исследований, включая ПЭТ и ОФЭКТ, при отрицательной МРТ улучшает дооперационную стратификацию и, следовательно, дает лучший послеоперационный результат.

Выводы: ПЭТ и ОФЭКТ являются важными исследованиями для определения эпилептогенного очага височной и вневисочной локализации. Соответствующая постобработка обоих методов повышает диагностическую ценность при данной патологии.

СОПОСТАВЛЕНИЕ 0-2-[¹⁸F]ФТОРЭТИЛ-L-ТИРОЗИНА И L-[МЕТИЛ-¹¹C]-МЕТИОНИНА В ПЭТ-ДИАГНОСТИКЕ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ГЛИОМ

Скворцова Т.Ю., Захс Д.В., Савинцева Ж.И.

ФГБУН Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук (ИМЧ РАН)

Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с использованием меченых аминокислот в качестве радиофармпрепаратов (РФП) является высокоэффективной технологией диагностики опухолей ЦНС. Наиболее известным РФП группы аминокислот является L-[метил-¹¹C]-метионин (Мет). Однако с течением времени появляется все больше логистических аргументов для внедрения в ПЭТ-диагностику опухолей головного мозга фторированных аминокислот, в частности, 0-2-[¹⁸F]фторэтил-L-тирозина (ФЭТ). В нашем институте разработан собственный метод радиохимического синтеза ФЭТ, что позволило провести внутрисубъектное сопоставление наиболее популярных радиотрейсеров.

Цель исследования заключалась в сравнительном анализе диагностических возможностей Мет и ФЭТ в визуализации глиальных опухолей при помощи ПЭТ/КТ.

Материал и метод. ПЭТ/КТ с Мет и ФЭТ проведена у 36 больных (15 мужчин и 21 женщина) в возрасте от 28 до 73 лет с подозрением на опухоль головного мозга. Диагноз был верифицирован при патогистологическом исследовании операционного материала. У 34 пациентов диагностированы опухоли ЦНС: глиомы (n=31), метастаз в головной мозг (n=1), первичная лимфома ЦНС (n=2). У двух больных установлен воспалительный процесс – лимфоцитарный васкулит и абсцесс мозга, соответственно. К доброкачественным (WHO Grade 1-2) отнесены 10 глиом, 21 - демонстрировали злокачественный фенотип (WHO Grade III-IV). Анализ ПЭТ-Мет и ПЭТ-ФЭТ включал визуальное сопоставление изображений, вычисление количественных показателей интенсивности захвата радиотрейсеров в опухоли (индекс накопления ^{11}C -метионина – ИНмет и индекс накопления ФЭТ - ИНфэт), а также метаболического объема опухоли.

Результаты. При визуальном анализе установлено, что захват ФЭТ в опухоли и контрастность опухоль/мозг схожи с аналогичными параметрами при ПЭТ с Мет. Гиперфиксация обоих радиотрейсеров установлена во всех глиомах, за исключением одной диффузной астроцитомы Grade 2, в которой захват обоих РФП был негативный. В воспалительных очагах также наблюдался высокий захват обоих РФП: ИНмет=1,97 и ИНфэт=2,76 при лимфоцитарном васкулите, ИНмет=1,5 и ИНфэт=1,9 при абсцессе мозга. В глиомах Grade 2 ИНмет и ИНфэт были $2,03 \pm 0,52$ (среднее и стандартное отклонение) и $1,87 \pm 0,49$, в глиомах Grade 3 – $2,53 \pm 0,83$ и $2,36 \pm 0,63$, глиомах Grade 4 – $3,83 \pm 1,02$ и $3,61 \pm 1,11$, соответственно. Значимых различий ИНмет и ИНфэт в глиомах не выявлено ($p=0,88$, Wilcoxon test). Результаты не различались и при отдельном анализе доброкачественных ($p=0,20$) и злокачественных глиом ($p=81$). В 60% глиом разница между ИНмет и ИНфэт не превышала 9%, без ясного отклонения в пользу одного из РФП. Установлена сильная корреляционная зависимость между количественными индексами ($r=0,89$) и объемными показателями накопления обоих РФП ($r=0,97$, $p<0,05$). ROC-анализ подтвердил схожую информативность Мет и ФЭТ в дифференциации глиом низкой и высокой степени злокачественности (площадь под кривой составила 0,87 для обоих радиотрейсеров).

Использование разных пороговых значений ИН для ФЭТ (ИН=1,6) и Мет (ИН=1,3) для контурирования границ опухоли, согласно европейской рекомендации, привело к значимым различиям метаболического объема глиом для Мет и ФЭТ ($p<0,00001$). Но при одинаковом пороге ИН различий в объеме опухолей не получено, что соответствовало визуальному совпадению границ образований.

Заключение. Радиотрейсеры класса аминокислот обеспечивают схожую диагностическую информацию в предоперационной визуализации опухолей головного мозга. Индивидуальные расхождения между индексами Мет и ФЭТ не влияют на общие закономерности захвата аминокислот в церебральных опухолях и одинаково хорошую информативность радиотрейсеров в обнаружении опухоли и уточнения степени ее злокачественности. Полученные результаты позволяют рекомендовать ФЭТ как адекватную альтернативу Мет для ПЭТ-центров, не имеющих собственного циклотрона.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-01015 мк.

**THE NUMEN PROJECT: SHEDDING LIGHT ON NEUTRINOLESS DOUBLE BETA DECAY
BY HEAVY-ION NUCLEAR REACTIONS**

Cappuzzello F.^{1,2} on behalf of the NUMEN collaboration

¹Dipartimento di Fisica e Astronomia “Ettore Majorana”, Università di Catania, Italy

²INFN - Laboratori Nazionali del Sud, Catania, Italy

The presentation aims at describing an updated overview of the Research & Development activities related with the NUMEN [1] project at INFN - LNS (Catania, Italy). NUMEN proposes an innovative technique to access the nuclear matrix elements entering the expression of the lifetime of the double beta decay by cross section measurements of heavy ion induced Double Charge Exchange (DCE) reactions [2]. The main experimental tools for this project are the K800 Superconducting Cyclotron and MAGNEX large acceptance magnetic spectrometer [3]. First experimental results have given an encouraging indication on the capability of the proposed technique to access relevant quantitative information [4]. However, the tiny values of the measured cross sections and the resolution requirements demand beam intensities much larger than those manageable with the present facility. The physics case of NUMEN has given the scientific motivation for an upgrade of the cyclotron accelerator and of the MAGNEX spectrometer to work with high intensity heavy-ion beams (up to 10^{13} pps at the target). In parallel, a growing international collaboration is being clusterized within the project [5]. The on-going upgrade of the INFN-LNS facilities in this perspective will be discussed at the Workshop.

References:

1. F. Cappuzzello, C. Agodi et al., Eur. Phys. J. A 54:72 (2018).
2. F. Cappuzzello, M. Cavallaro et al., Eur. Phys. J. A 51:145 (2015).
3. F. Cappuzzello, C. Agodi, D. Carbone and M. Cavallaro, Eur. Phys J. A 52:167 (2016).
4. H. Lenske, F. Cappuzzello, M. Cavallaro, M. Colonna, Prog. Part. Nucl. Phys. 109 (2019) 103716.
5. <https://web.infn.it/NUMEN/index.php/en>.

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО СЕРЕБРОМ

Таиметов М.Ю.¹, Махкамов Ш.¹, Эрдонов М.Н.¹, Саттиев А.Р.¹, Махмудов Ш.А.¹, Холмедов Х.М.²

¹Институт ядерной физики АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, e-mail: erdonov@inp.uz

²Ташкентский университет информационных технологий имени аль-Хорезми, г.Ташкент, Узбекистан.

Известно, что при модификации характеристик полупроводниковых приборов широко используются такие технологические методы как ионная имплантация, ядерная трансмутация и высокотемпературное диффузионное легирование и другие методы. Из перечисленных способов диффузионный метод является более экономичным, технологичным и управляемым. Изменяя температуру и время диффузии легирующей примеси можно управлять глубиной диффузионного слоя, концентрацией легирующей примеси и однородностью легирования кристаллов в твердой фазе, при этом одновременно придавая базовому материалу новые свойства или улучшая электрофизические, фотоэлектрические, оптические и др. параметры и характеристики приборов и изделий твердотельной электроники.

В данной работе изучены возможности управления радиационной стойкостью электрофизических параметров монокристаллического кремния путем легирования кристалла серебром. В качестве исходного материала был использован кремний р- и n- типа проводимости. Концентрация бора в р- Si составляла $1,2 \cdot 10^{15} \text{см}^{-3}$, а фосфора в n- Si $3,3 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$. Легирование образцов производилось диффузионным методом в интервалах температур $T_d = 1050\text{-}1250 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 5-8 часов из напыленного на поверхность пластин кремния металлического слоя серебра.

Облучение легированных и нелегированных образцов производилось нейтронным потоком в интервале флюенсов $10^{13}\text{-}3 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ на ядерном реакторе ВВР-СМ. Контроль электрофизических параметров до и после облучения осуществлялся измерением эффекта Холла и методом стационарной фотопроводимости.

Установлено, что после диффузии Ag в р- Si удельное сопротивление образцов повышается, а концентрация носителей тока уменьшается по сравнению с нелегированными образцами. В n- Si в отличие от р- Si значение удельного сопротивления и концентрация носителей тока после диффузии изменяется незначительно. Это показывает, что Ag в кремнии проявляет амфотерное свойство и образует глубокие донорные уровни $E_v - 0,26 \text{ эВ}$, и $E_v - 0,41 \text{ эВ}$ в нижней половине и акцепторные с $E_c - 0,30 \text{ эВ}$ и $E_c - 0,56 \text{ эВ}$ в верхней половине запрещенной зоны монокристаллического кремния.

Выявлено, что концентрация донорных уровней в 6,3 раза превышает концентрацию акцепторных уровней, что свидетельствует о непринадлежности сформированных глубоких центров одному и тому же атому серебра.

Установлено, что в легированных образцах концентрация указанных глубоких рекомбинационных центров Ag зависит от исходного типа проводимости Si. Повышение содержания Ag в р-Si приводит к частичному понижению времени жизни неравновесных носителей заряда, а в n-Si<Ag>, при идентичных условиях диффузии Ag, время жизни практически не изменяется. Что указывает на высокое значение сечения захвата неосновных носителей заряда донорным центром.

Измерение удельного сопротивления (ρ), концентрации ($N_{n,p}$) и времени жизни неосновных носителей заряда (τ), р и n- типа Si<Ag> после облучения нейтронами в интервале флюенсов $10^{13}\text{-}3 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ показало, что радиационное повреждение значений, ρ , $N_{n,p}$ и τ кремния легированного серебром определяется значением электрически активных центров Ag в образцах. Повышение концентрации электрически активных рекомбинационных центров Ag до величин $2 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$ приводит к уменьшению степени радиационного повреждения времени жизни носителей заряда в р- Si<Ag> в 3 раза, а n-Si<Ag> в 1,5 раза по сравнению с нелегированными образцами.

Такое изменение электрофизических параметров кремния после легирования Ag объясняется уменьшением скорости образования радиационных дефектных комплексов, в структуру которых входят вакансии. Так, в облученном нейтронами кремнии р- и n- типа, легированном серебром генерированные свободные вакансии эффективно захватываются атомами Ag, образуя электрически неактивные комплексы. Аннигиляция вакансии с серебром приводит к уменьшению формированию рекомбинационных радиационно-дефектных центров, таких как вакансия + кислород и дивакансия. Это указывает, что сечение захвата вакансии атомом серебра гораздо больше сечения ее захвата электрически неактивным междоузельным кислородом. Таким образом, наличие атомов серебра в кремнии, в концентрации близких или выше концентрации бора или фосфора, может играть доминирующую роль в процессе радиационного дефектообразования, т.е. стабилизировать параметры кремния к радиационному воздействию.

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА С СОБСТВЕННЫМИ ДЕФЕКТАМИ В НАНО-КЛАСТЕРАХ КРЕМНИЯ

Таиметов М.Ю., Махкамов Ш.М., Умарова Ф.Т., Нормуродов А.Б., Сулайманов Н.Т.

Институт ядерной физики АН РУз, 100214 Ташкент, Узбекистан, sulaymon@inp.uz

Кислород среди примесей других элементов выделяется тем, что уже в процессе выращивания монокристаллического кремния активно внедряется из окружающей среды вплоть до температур плавления. При этом, в матрице кристалла, кислород участвует в появлении ряда дефектных состояний. В кремниевых нано-кластерах, с уменьшением размеров, дефекты с участием атомов кислорода начинают проявлять новые свойства, отличающиеся от аналогичных свойств монокристаллического кремния.

Свойствами малых кластеров атомов кремния можно управлять изменением геометрического положения и зарядового состояния атомов примесей, что являются новым способом создания кремниевых изделий с управляемыми параметрами. В данной работе, путем компьютерного моделирования изучено изменения структурного состояния и энергетических характеристик центра $V_{Si}+O$ на примере гидrogenизированных кластеров $Si_{29}H_{36}$, $Si_{28}VH_{36}$, $Si_{29}OH_{36}$, $Si_{29}O_2H_{36}$, $Si_{28}VO_2H_{36}$, $Si_{29}O_2H_2H_{36}$, $Si_{28}VSiOH_{36}$, $Si_{28}VSiO_2H_{36}$. Таким подходом моделирование мы охватываем как имеющиеся в монокристаллическом кремнии дефекты с участием вакансии, междоузельного Si_i и примесных атомов, так и возможные, новые механизмы изменения дефектных состояний.

Исходные конфигурации структур кластеров соответствовали Td симметрии идеальной структуры монокристаллического кремния. Оптимизация геометрических положений атомов в кластерах и расчеты соответствующих структурных параметров и энергетических характеристик проводили в приближении локальной спиновой плотности к теории функционала плотности в рамках пакета программ ORCA 4.

Для раздельного определения вклада в изменения структуры ядра кластера вакансии и кислорода, а также взаимодействия междоузельного кремния изучили результаты оптимизации структурных и энергетических параметров для каждого возможного случая взаимодействия.

Для модели междоузельной молекулы кислорода в кластере $Si_{29}O_2H_{36}$ межатомное расстояние $RO_1-O_2=2.645 \text{ \AA}$ оказалось в 2 раза больше, чем в свободной молекуле кислорода $R(O_1-O_2)_{mol}=1.2074 \text{ \AA}$, т.е., энергия связи между атомами O ниже, чем энергии связи между атомами кислорода и кремния Si . При этом симметрия ядра кластера снижается от Td до C_{2v} , как в случае образования вакансии, а сами атомы O располагаются между двумя атомами кремния на противоположных сторонах от центрального Si атома.

Внедрение двух атомов водорода в ядро кластера $Si_{29}O_2H_{36}$ в симметрично противоположно относительно центрального атома Si привело к началу разрушения кластеров на две неравные осколки.

Взаимодействие вакансии с атомами кислорода по результатам нашего моделирования приводит к снижению симметрии до C_{2v} , при этом не образуя комплекс $V+O_2$, а внедрение в эту структуру двух атомов H инициирует глобальную перестройку связей, оформируя новый дефектный комплекс $Si-O-H$ вблизи центральной вакансии, второй атом H образует крепкую связь с одним из первых соседних атомов Si вакансии в противоположной стороне относительно вакансии – появляется комплекс $Si-H-V$. Второй атом O занимает междоузельное положение между двумя атомами Si , образуя другой дефектный комплекс $Si-O-Si$.

Также рассмотрены оптимизированные структуры кластеров $Si_{28}VSiOH_{36}$, $Si_{28}VSiO_2H_{36}$. Известно, что в монокристаллическом кремнии может стабильно существовать дефектный комплекс $V+Si_i$. Согласно результатам наших моделирований, в нанокластерах внедрение одного или двух атомов O не приводит распаду этого дефекта. В обоих случаях образуются сложные дефектные комплексы $Si-O-Si_i+V$.

Таким образом, исследование компьютерных моделей взаимодействия собственных дефектов (VSi , Si_i) с междоузельными атомами O показывает возможность зарождения А-центра $[V-O]$, энергетическую выгоду захлопывание вакансии в присутствии двух атомов O и междоузельного Si_i . Образование А-центра существенным образом влияет на распределение валентных электронов в области дефектообразования, в частности ширина щели запрещенных уровней значительно уменьшается. При учете влияния температуры, можно предположит, что в кластерах с размерами ~ 1 нм при внедрении одного атома O с повышением температуры появляется А-центр, а двух атомов O – осуществляется механизм захлопывания вакансии с появлением двух взаимосвязанных дефектных состояний $[Si-O-Si]$.

DEPENDENCE OF THE NATURE OF THE HOLSTEIN POLARON MOTION IN A POLYNUCLEOTIDE CHAIN SUBJECTED TO A CONSTANT ELECTRIC FIELD ON THE INITIAL POLARON STATE AND THE PARAMETERS OF THE CHAIN

Korshunova A.N., Lakhno V.D.

Institute of Mathematical Problems of Biology RAS - the Branch of Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences (IMPB RAS- Branch of KIAM RAS), Pushchino, Moscow Region, 142290, Russia, emails: alya@impb.ru, lak@impb.ru

In this work, we consider the motion of a polaron in a polynucleotide Holstein molecular chain in a constant electric field. It is shown that the character of the polaron motion in the chain depends not only on the chosen parameters of the chain, but also on the initial distribution of the charge along the chain. It is shown that for a small set value of the electric field intensity and for fixed values of the chain parameters, changing only the initial distribution of the charge in the chain, it is possible to observe either a uniform movement of the charge along the chain, or an oscillatory mode of charge movement.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Nuclear Physics – Ядерная физика

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE RSE INP FOR 2021-2025 Karakozov B.K.	10
APPLICATION OF GEOMETROTHERMODYNAMICS TO SOME THERMODYNAMICS SYSTEMS AT FINITE BARYON DENSITY AND TEMPERATURE PREDICTED BY THE METHOD OF HOLOGRAPHIC DUALITIES Kemelzhanova S.E., Zazulin D.M., Sidorov Ya.V., Tursumbekov A.Sh.	11
ASTROPARTICLE PHYSICS AND MULTIMESSENGER ASTRONOMY Kostunin D.	11
ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FOR $^{93}\text{Zr}+n\rightarrow^{94}\text{Zr}$ FOR NUCLEAR ASTROPHYSICS Tursunmakhatov K.I., Yarmukhamedov R.	12
AXIALLY SYMMETRIC PARTICLE LIKE SOLUTIONS IN PROCA-HIGGS THEORY Dzhunushaliev V., Folomeev V.	13
B MESON RARE DECAYS Issadykov A., Tyulemissov Zh.	13
CHARGE CHANGING CROSS SECTIONS FOR CA ISOTOPES AND EFFECT OF CHARGED PARTICLE EVAPORATION Tanaka M.	13
CHARGE DISTRIBUTIONS OF HEAVY FISSION PRODUCTS FROM $^{239}\text{Pu}(n_{\text{th}},f)$ REACTION Abdullaeva G.A., Kulabdullaev G.A.	14
CHROMODYNAMICS OF FISSION Kunakov S.K.	15
CLARIFICATION OF THE SPECTROSCOPIC FACTOR FOR $^{25}\text{Mg}\rightarrow^{24}\text{Mg}+n$ VIA THE "EXPERIMENTAL" ANC Tojiboev O.R., Artemov S.V., Burtebayev N., Ergashev F.Kh., Kayumov M.A., Karakhodjaev A.A.	15
CONTRIBUTION OF AKDENIZ UNIVERSITY TO EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS RESEARCH AND APPLICATION IN TURKEY: THE RESULTS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS AND PHOTOFISSION Boztosun I.	16
CROSS SECTIONS FOR THE $^{14}\text{N}(n,\alpha)^{11}\text{B}$ REACTION IN THE MeV ENERGY REGION Chuprakov I., Sansarbayar E., Gledenov Yu.M., Ahmadov G.S., Zolotaryova V., Krupa L., Guohui Zh., Jiang H., Khuukhenkhuu G., Wilhelm I., Solar M., Sykora R., Kohout Z., Zhumadilov K.Sh.	16
DECAY RATES $\tau\rightarrow\text{K}^*(892)\eta\nu$ AND $\tau\rightarrow\text{K}^*(892)\text{K}\nu$ IN THE NJL MODEL Volkov M.K., Nurlan K., Pivovarov A.A.	17
DEVELOPMENT OF NEW SOFTWARE FOR NUCLEAR DATA COMPILATION Sarsembayeva A., Odsuren M., Belisarova F., Taukenova A., Sarsembay A.	17
DIGITAL SPECTROMETRY TRACT PROTOTYPE FOR THE GABRIELA DETECTORS ASSEMBLY Mukhin R.S., Chelnokov M.L., Chepigina V.I., Izosimov I.N., Isaev A.V., Kuznetsova A.A., Malyshev O.N., Popeko A.G., Popov Y.A., Sokol E.A., Svirikhin A.I., Tezkebayeva M.S., Yeregin A.V., Hauschild K.	18
DISTRIBUTED COMPUTING AND BIG DATA TECHNOLOGIES FOR LARGE SCALE PROJECTS Korenkov V.	18
EFFECTIVE TRIAXIALITY OF EVEN-EVEN NUCLEI WITH QUADRUPOLE AND OCTUPOLE DEFORMATIONS Nadirbekov M.S., Bozarov O.A.	19
EFFECT OF CLUSTER POLARIZATION ON THE SPECTRUM OF THE ^6Li NUCLEUS Kalzhigitov N., Vasilevsky V.S., Takibayev N.Zh., Kurmangaliyeva V.O.	19

ESTIMATION OF MULTIPLICITY AND CHARACTERISTICS OF THERMALIZATION OBTAINED IN THE HOLOGRAPHIC APPROACH USING ADS₅ WITH PHANTOM BLACK HOLE <i>Sidorov Ya.V., Zazulin D.M., Kemelzhanova S.E., Tursumbekov A.Sh.</i>	20
EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN REACTIONS (γ, n) AND ($n, 2n$) ON ⁸¹Br AND ⁸⁶Sr NUCLEI <i>Palvanov S.R., Egamova F.R., Palvanova G.S., Ramazanov A.H., Egamov S.R., Mamajusupova M.I.</i>	21
FISSILE NUCLEI ROTATION EFFECT IN ²³⁵U($n, \gamma f$) PROCESS <i>Berikov D.B., Ahmadov G.S., Kopatch Yu.N., Novitsky V.V., Gagarsky A.M., Danilyan G.V., Hutanu V., Klenke J., Masalovich S., Deng H.</i>	21
FOUR-NEUTRON DECAY CORRELATIONS <i>Sharov P.G., Grigorenko L.V., Ismailova A.N., Zhukov M.V.</i>	22
HADRON AND QUARK FORM FACTORS IN THE RELATIVISTIC HARMONIC OSCILLATOR MODEL <i>Sagimbayeva N., Burov V.V.</i>	22
HOLOGRAPHIC LIQUID DUAL TO ADS₅ WITH PHANTOM BLACK HOLE <i>Tursumbekov A.Sh., Zazulin D.M., Kemelzhanova S.E., Sidorov Ya.V.</i>	23
IMPACT OF COSMIC RAYS AND SOLAR ACTIVITY ON TEMPERATURE OF LOWER ATMOSPHERE <i>Karimov K.A., Gainutdinova R.D., Krylov S.V.</i>	24
INDIRECT METHODS IN NUCLEAR ASTROPHYSICS <i>Bertulani C.A.</i>	24
INVESTIGATION OF CONTINUOUS ENERGY SPECTRA OF LIGHT CHARGED PARTICLES FROM INTERACTION OF ³He IONS WITH ²⁷Al IN WIDE ENERGY RANGE <i>Ussabayeva G., Sadykov B.M., Zholdybayev T.K.</i>	25
INVESTIGATION OF THE ^{7,6}H STATES IN ⁸He+d INTERACTION <i>Muzalevskii I.A., Bezbakh A.A., Belogurov S.G., Biare D., Chudoba V., Fomichev A.S., Gazeeva E.M., Gorshkov A.V., Grigorenko L.V., Kaminski G., Kiselev O., Kostyleva D.A., Kozlov M.Yu., Mauryey B., Mukha I., Nikolskii E.Yu., Parfenova Yu.L., Piatek W., Quynh A.M., Schetinin V.N., Serikov A., Sidorchuk S.I., Sharov P.G., Slepnev R.S., Stepanov S.V., Swiercz A., Szymkiewicz P., Ter-Akopian G.M., Wolski R., Zalewski B., Zhukov M.V.</i>	25
INVESTIGATION OF THE PROTON TRANSFER REACTION ¹²C(¹⁰B, ⁹Be)¹³N AT 41.3 MeV FOR ¹²C(p, γ)¹³N S-FACTOR AND REACTION RATE CALCULATION <i>Artemov S.V., Burtebayev N., Yarmukhamedov R., Sakuta S.B., Nassurlla Marzhan, Amangeldi N., Mauryey B., Nassurlla Maulen, Ergashev F.Kh., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev O.R., Tursummakhatov K.I., Rusek K., Trzcinska A., Wolinska-Cichocka M., Piasecki E.</i>	26
INVESTIGATION OF THE REACTION ⁹Be(p, d) IN THE ENERGY RANGE OF 300-1400 KeV <i>Gluchshenko N.V., Burtebayev N., Zazulin D.M., Nassurlla Marzhan, Sakuta S.B., Nassurlla Maulen, Burtebayeva D.T., Alimov D.K., Sabidolda A., Khojayev R.</i>	27
MANIFESTATION OF THE ⁹Be CLUSTER STRUCTURE IN NUCLEON TRANSFER MECHANISMS <i>Mendibayev K., Lukyanov S.M., Urazbekov B., Denikin A.S., Issatayev T., Janseitov D.M., Kuterbekov K.A., Burjan V., Kroha V., Mrazek J., Penionzhkevich Yu.E., Trzaska W.H., Harakeh M.N., Zholdybayev T.</i>	28
NEW ANALOG SPECTROMETER OF THE DGFRS2 SETUP FOR REAL-TIME SEARCHING OF ER-α AND α-α CORRELATED SEQUENCES IN HEAVY-ION INDUCED COMPLETE FUSION NUCLEAR REACTIONS <i>Tsyganov Yu.S., Idabullayev D., Polyakov A.N., Voinov A.A., Subbotin V.G., Schlattauer L., Kuznetsov D.A., Shubin V.</i>	28
NEW CASES OF HALO IN ISOBAR-ANALOG STATES <i>Demyanova A.S.</i>	29
NEW GAMMA-SPECTROSCOPY SETUP FOR NUCLEAR RESONANCE FLUORESCENCE AT TURKISH ACCELERATOR AND RADIATION LABORATORY <i>Dapo H., Aksoy A., Karsli Ö., Yilmaz Alan H., Yildiz H.</i>	30
NEW MEASUREMENTS AND THEORETICAL ANALYSIS FOR ¹³C+⁹Be ELASTIC TRANSFER <i>Nassurlla Marzhan, Burtebayev N., Karakozov B.K., Amangeldi N., Morzabayev A.K., Yergaliuly G., Boztosun I., Alimov D.K., Burtebayeva J., Maulen Nassurlla, Mauryey B., Sakuta S.B., Kucuk Y., Hamada Sh.</i>	30

NON-STATISTICAL EFFECTS IN BETA & GAMMA DECAYS AND BETA-DELAYED FISSION ANALYSIS	
<i>Izosimov I.N.</i>	31
NONLINEAR DYNAMICS OF PARTON DISTRIBUTION FUNCTIONS: THE LIMIT OF MULTIPLE HADRON PRODUCTION AND THE REGIME OF DYNAMICALLY DETERMINED CHAOS	
<i>Temiraliev A., Serikkanov A., Burtebayev N., Lebedev I., Fedosimova A., Mazhit Z.</i>	32
OPEN QUESTIONS IN STUDY OF ¹³C EXOTIC EXCITED STATES	
<i>Demyanova A.S., Danilov A.N., Starastin V.I., Goncharov S.A., Janseitov D.M., Leonova T.I.</i>	33
QUARKS IN NUCLEI: FROM NEUTRON HALO TO THE BOUNDARY OF NUCLEAR STABILITY	
<i>Musulmanbekov G.</i>	34
REANALYSIS OF ELASTIC SCATTERING OF ALPHA PARTICLES ON ¹¹B NUCLEI AT LOW ENERGIES	
<i>Alimov D.K., Burtebayev N., Boztosun I., Janseitov D., Mukhamejanov Y., Nassurlla M., Khojayev R., Sabidolda A., Ramankulov Sh.Zh.</i>	34
RESONANT INTERACTION OF RARE OXYGEN ISOTOPES WITH HELIUM-4	
<i>Nauruzbayev D.K., Nurmukhanbetova A.K., Goldberg V.Z., Volya A., Zholdybayev T.K., Kalybay Zh., Serikbayeva G.</i>	35
ROLES OF NUCLEAR WEAK RATES ON ASTROPHYSICAL PROCESSES	
<i>Suzuki T., Honma M.</i>	36
SHORT-RANGE NN CORRELATIONS AND QUASI-DEUTERON CLUSTERS IN THE ¹²C IN THE REACTION ¹²C+p→¹⁰A+ pp+N	
<i>Uzikov Yu.N.</i>	37
STATUS OF THE NICA-MPD-PLATFORM	
<i>Roslon K.</i>	38
STUDIES OF THE REACTION ⁹Be(p,α) IN THE ENERGY RANGE OF 300-1400 KeV	
<i>Gluchshenko N.V., Burtebayev N., Zazulin D.M., Nassurlla Marzhan, Sakuta S.B., Nassurlla Maulen, Burtebayeva D.T., Alimov D.K., Sabidolda A., Khojayev R.</i>	38
STUDY OF (d,d) AND (d,t) REACTIONS ON ¹¹B NUCLEI AT ENERGY OF 14.5 MeV	
<i>Nassurlla Maulen, Burtebayev N., Sakuta S.B., Alimov D.K., Nassurlla Marzhan, Sabidolda A., Khodjaev R., Urkinbayev A.</i>	39
STUDY OF FISSION OF ¹⁷⁸Pt AND ^{180,182}Hg FORMED IN THE REACTIONS WITH HEAVY IONS AT ENERGIES AROUND THE COULOMB BARRIER	
<i>Mukhamejanov Y.S., Kozulin E.M., Banerjee T., Bogachev A.A., Cherlau M., Diatlov I.N., Itkis I.M., Itkis M.G., Kirakosyan V.V., Knyazheva G.N., Kumar D., Novikov K.V., Pan A.N., Pchelintsev I.V., Tikhomirov R.S., Vorobiev I.V., Maiti M., Kumar Prajapat R., Kumar R., Sarkar G., Trzaska W.H., Andreyev A.N., Harca I.M., Mitu A., Filipescu D.M., Vardaci E.</i>	40
STUDY OF ONE-PROTON PICKUP REACTION ²H(¹⁰Be, ³He)⁹Li WITH 44 AMeV ¹⁰Be RADIOACTIVE BEAM AT ACCULINNA-2 FRAGMENT-SEPARATOR	
<i>Nikolskii E.Yu., Muzalevskii I.A., Bezbakh A.A., Wolski R., Belogurov S.G., Biare D., Chudoba V., Fomichev A.S., Gazeeva E.M., Gorshkov A.V., Grigorenko L.V., Kaminski G., Kiselev O., Kostyleva D.A., Kozlov M.Yu., Maueyev B., Mukha I., Muzalevskii I.A., Parfenova Yu.L., Piatek W., Quynh A.M., Schetin V.N., Serikov A., Sidorchuk S.I., Sharov P.G., Slepnev R.S., Stepantsov S.V., Swiercz A., Szymkiewicz P., Ter-Akopian G.M., Zalewski B., Zhukov M.V.</i>	41
STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF FRAGMENTS FORMED IN THE REACTION ⁴⁰Ca + ¹⁴⁴Sm AT ENERGIES OF INCIDENT IONS OF 212, 263, and 277 MeV	
<i>Ostroukhov A.A., Kozulin E.M., Bogachev A.A., Knyazheva G.N., Itkis I.M., Novikov K.V., Kumar D., Cheralu M., Banerjee T., Mukhamejanov Y.S., Pan A.N., Pushpendra Singh P., Galkina E.I.</i>	42
STUDY OF THE FORMATION AND DECAY PROPERTIES OF THE NEUTRON-DEFICIENT ISOTOPES No	
<i>Tezkebayeva M.S., Yeremi A.V., Svirikhin A.I., Lopez-Martens A., Malyshev O.N., Popeko A.G., Popov Yu.A., Chepigin V.I., Chelnokov M.L., Isaev A.V., Kuznetsova A.A., Karpov A.V., Rachkov V.A., Sailaubekov B.S., Sokol E.A., Mukhin R.S., Hauschild K., Gall B., Dorvoux O., Moshat P., Andel B., Antalic S., Bronis A.</i>	42

STUDY OF THE REACTION $^{13}\text{C}(^3\text{He},\alpha)^{12}\text{C}$ AT ENERGIES OF 50 AND 60 MeV	
<i>Burtebayev N., Janseitov D., Karakozov B.K., Maulen Nassurlla, Sakuta S.B., Marzhan Nassurlla, Alimov D., Burtebayeva J., Sabidolda A., Kemper K.W., Hamada Sh.</i>	43
STUDY OF THE EXCITED STATES OF ^{46}Ti and ^{45}Ti NUCLEI IN THE $^{45}\text{Sc} + ^3\text{He}$ REACTION AT a ^3He BEAM ENERGY OF 29 MeV	
<i>Issatayev T., Lukyanov S.M., Penionzhkevich Yu.E., Borcea C., Maslov V., Aznabayev D., Mendibayev K., Shakhov A.</i>	43
SUB-BARRIER HEAVY-ION FUSION REACTIONS WITHIN THE SUDDEN APPROXIMATION APPROACH	
<i>Gusev A.A., Chuluunbaatar O., Nazmitdinov R.G., Vinitsky S.I., Wen P.W., Lin C.J., Jia H.M., Krassovitskiy P.M.</i>	44
THE ASTROPHYSICAL S FACTOR FOR THE $^3\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ REACTION	
<i>Tursunmakhatov K.I., Yarmukhamedov R.</i>	44
THE B-PHYSICS ANOMALIES: OBSERVATIONS AND POSSIBLE EXPLANATIONS	
<i>Ivanov M.A.</i>	45
THE EXCITATION CROSS SECTIONS OF THE ISOMERIC STATES $^{139\text{m.g}}\text{Ce}$ IN THE REACTIONS $(n,2n)$ AND (γ, n) ON THE ^{140}Ce NUCLEUS	
<i>Palvanov S.R., Egamova F., Palvanova G.S., Mamajusupova M.I., Todjibaev H.</i>	46
THE TOTAL NEUTRON CROSS SECTIONS FOR THE ELEMENTS N, O, Al AND Si AT THE ENERGY OF 14.1 MeV	
<i>Ergashev F.Kh., Artemov S.V., Ikromkhonov E.Sh., Kayumov M.A., Karakhodzhaev A.A., Tojiboev Kh.R., Ruziev E.T., Tatarchuk V.A.</i>	46
THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM NUCLEAR SCIENCE FACILITIES	
<i>Freer M.</i>	47
VARIATIONAL SOLUTION OF THE RELATIVISTIC TWO-HEAVY CENTER PROBLEM: APPLICATION OF THE SLATER TYPE BASIS FUNCTIONS AND THE MINIMAX OPTIMIZATION	
<i>Chuluunbaatar O., Joulakian B. B., Chuluunbaatar G., J. Buša Jr., Koshcheev G.O.</i>	48
VARIATIONS OF COSMIC RAYS ACCORDING TO OBSERVATIONS IN MARCH 2021	
<i>Tulekov Ye.A., Morzabaev A.K., Makhmutov V.S., Yerkhov V.I.</i>	48
WEAK FACTORIZABLE DECAYS OF DOUBLY HEAVY BARYON	
<i>Tyulemissov Zh.</i>	49
YDA C++ PROGRAM PACKAGE FOR OPERATING WITH A NEW ANALOG SPECTROMETER OF THE DUBNA GAS – FILLED RECOIL SEPARATOR#2 INSTALLED AT MAIN FLNR DC-280 CYCLOTRON IN HEAVY ION INDUCED NUCLEAR REACTIONS	
<i>Ibadullayev D. and Tsyganov Yu.S., Shumeiko M.</i>	50
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ	
<i>Кореньков В., Буртебаев Н, Мажитова Е, Сатышев И.</i>	51
АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ S-ФАКТОР И СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА $p+^7\text{Be}\rightarrow^8\text{B}+\gamma$ В ДВУХЧАСТИЧНОЙ МОДЕЛИ	
<i>Турсунов Э.М., Туракулов С.А.</i>	52
ВАРИАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ АТОМА ГЕЛИЯ: КВАНТОВАЯ ЗАДАЧА ТРЕХ ТЕЛ	
<i>Азнабаев Д.Т., Бекбаев А.К.</i>	53
ВКЛАД НИЗКОЛЕЖАЩИХ РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ В СЕЧЕНИЕ РАЗВАЛА ГАЛО ЯДРА ^{11}Be	
<i>Валиолда Д.С., Джансейтов Д.М., Мележик В.С., Жаугашева С.А.</i>	54
ВОЗМОЖНОСТЬ АНАЛИЗА ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА ПРОТОНА	
<i>Ержигитов Ж.Е., Махмудов С.К., Муминов Т.М., Руми Р.Ф., Халиков Р.Х., Холбаев И., Эшназаров А.И., Бахранов О.О.</i>	54

ВРЕМЯПРОЛЕТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ МАВР	
<i>Азнабаев Д., Лукьянов С.М., Зейнулла Ж., Исатаев Т., Маслов В.А., Мендибаев К., Мельник Е.В., Стукалов С.С., Смирнов В. И., Шахов А. В.</i>	55
ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ИЗ $9x\text{CeBr}_3\text{-NaI(Tl)}$ ФОСВИЧ-ДЕТЕКТОРОВ	
<i>Зейнулла Ж., Стукалов С.С., Соболев Ю.Г., Пенионжскевич Ю.Э., Сивачек И.</i>	56
ДЕТЕКТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА SF_6	
<i>Исаев А.В., Ерёмин А.В., Замятин Н.И., Изосимов И.Н., Кузнецова А.А., Малышев О.Н., Мухин Р.С., Попеко А.Г., Попов Ю.А., Сайлаубеков Б., Свирихин А.И., Сокол Е.А., Тезекбаева М.С., Челноков М.Л., Чепигин В.И., Брионе П., Галл Б., Кессаси К., Селлам А., Дорво О., А.Лопез-Мартенс, Хошилд К., Анталик С., Мошати П.</i>	57
ИЗУЧЕНИЕ АССОЦИАТИВНОГО РОЖДЕНИЯ БОЗОНА ХИГГСА С W- ИЛИ Z- БОЗОНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ	
<i>Манашова М.</i>	57
ИЗУЧЕНИЕ КЛАСТЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ В РЕАКЦИИ $d+^{11}\text{B}$ ПРИ ЭНЕРГИИ 14,5 МэВ	
<i>Буртебаев Н., Дьячков В.В., Зарипова Ю.А., Юшков А.В., Насурлла Маулен, Ходжаев Р.А., Sabidolda A.</i>	58
ИЗУЧЕНИЕ РЕДКОГО РАСПАДА K_m4 В ЭКСПЕРИМЕНТЕ NA62 НА SPS В CERN	
<i>Керейбай Д., Байгараев Д.</i>	58
ИЗУЧЕНИЕ ФРАГМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^+\pi^-$ РЕАКЦИИ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 32 ГэВ/С ВЫДЕЛЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОИСКА КЛАСТЕРОВ В МНОГОМЕРНОМ ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ	
<i>Жаутыков Б.О., [Покровский Н.С.], Садыков Т.Х., Кантарбаева Д.О.</i>	59
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ (p, xp) ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 22 МэВ С РОДИЕМ И МЕДЬЮ	
<i>Жолдыбаев Т.К., Мукан Ж., Керимкулов Ж.К., Насурлла М., Садыков Б.М., Алиева Г.Ж., Усабаева Г.</i>	60
ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ПРОТОНОВ НА ЯДРЕ ^7Be В РАМКАХ ДИФРАКЦИОННОЙ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА	
<i>Абдраманова Г., Имамбеков О.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ АМПЛИТУДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АДРОНОВ С НУКЛОНАМИ И МАЛОНУКЛОННЫМИ КЛАСТЕРАМИ	
<i>Абдраманова Г., Надир А., Мырзабаева М., Имамбеков О.</i>	62
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ДЕЙТРОНОВ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ ^{27}Al И ^{120}Sn	
<i>Алиева Г.Ж., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Ходжаев Р., Мукан Ж., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б.М., Усабаева Г.</i>	63
КВАЗИУПРУГИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОНОВ ^3He С ЯДРАМИ ^{24}Mg	
<i>Садыков Б.М., Жолдыбаев Т.К., Насурлла М., Дуйсебаев Б.А., Буртебаева Д., Пан А.Н., Сакута С.Б.</i>	64
КОЛЛЕКТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ АССИМЕТРИЧНЫХ ЯДЕР	
<i>Федосимова А.И., Лебедев И.А., Ибраимова С.А., Дмитриева Е.А., Бондарь Е.А.</i>	65
КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ АДРОН-55	
<i>Иорисова Т.К., Садыков Т.Х., Рябов В.А., Пискаль С., Жуков В.В.</i>	66
МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ЧЕТНОСТИ ЯДРА ^{156}Gd	
<i>Усманов П.Н., Вдовин А.И., Юсупов Э.К.</i>	67
МЕТОД ПРАВДОПОДОБИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ	
<i>Исмаилова А., Шаров П.Г.</i>	69
О НЕРАВНОВЕСНОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ И О СТОЛКНОВЕНИИ АТОМНЫХ ЯДЕР КАК О СТОЛКНОВЕНИИ СОЛИТОНОВ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА	
<i>Дьяченко А.Т.</i>	69

ОПИСАНИЕ СПЕКТРОВ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ, ПИОНОВ И ФОТОНОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА	
<i>Дьяченко А.Т., Митропольский И.А.</i>	70
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$	
<i>Баймурзинова Б.С., Цирков Д.А.</i>	71
ОПТИМАЛЬНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ В ЗАДАЧЕ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЕРШИННОГО ДЕТЕКТОРА ЭКСПЕРИМЕНТА SPD NICA	
<i>Мансурова М.Е., Ососков Г.А., Жунусова Ж.Х., Гончаров П.В., Резвая Е.П., Шоманов А.С.</i>	72
ПОДАВЛЕНИЕ ФОНА В ИССЛЕДОВАНИИ РЕАКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ $\Delta E-E$ – МЕТОДИКИ	
<i>Рузиев Э.Т., Артемов С.В., Бахранов О.О., Караходжаев А.А.</i>	72
ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ, ОПИСАННЫМ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДУАЛЬНОСТЕЙ	
<i>Зазулин Д.М., Кемелжанова С.Е., Сидоров Я.В., Турсумбеков А.Ш.</i>	74
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАКОПЛЕНИЯ СИГНАЛА ВДОЛЬ СПЕКТРА К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ РАМЕЛА	
<i>Федосимова А.И., Лебедев И.А., Дмитриева Е.А., Ибраимова С.А, Бондарь Е.А., Красовицкий П.М.</i>	75
ПРОГРАММНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ENSDF NNDC В ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ	
<i>Дьячков В.В., Зарипова Ю.А, Юшков А.В., Бигельдиева М.Т.</i>	76
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ ИМПУЛЬСУ В ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРОТОНОВ И СИГНАЛЫ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ В СПЕКТРАХ ФОТОНОВ	
<i>Дьяченко А.Т.</i>	77
РЕАКЦИИ МНОГОНУКЛОННЫХ ПЕРЕДАЧ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНОИЗЫТОЧНЫХ ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ И СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
<i>Сайко В.В., Карпов А.В.</i>	77
СЕЧЕНИЕ АКТИВАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РАДИОИЗОТОПОВ	
<i>Эбдіқали Ж.Н.</i>	78
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ УСКОРЕННЫХ ПУЧКОВ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЛЯР ОИЯИ	
<i>Исатов А.Т., Тетерев Ю.Г., Митрофанов С.В.</i>	79
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ α-ЧАСТИЦ НА ЛЕГКИХ СЛАБОСВЯЗАННЫХ ЯДРАХ ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$	
<i>Уразбеков Б. А., Деникин А. С., Джансеитов Д.</i>	80
СТРУКТУРА ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР ДЛЯ ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ $N = (89-91)$ ДЕФОРМАЦИЙ В ЯДРАХ ${}^{156}\text{Ho}$, ${}^{158}\text{Ho}$, ${}^{160}\text{Ho}$. ИЗОМЕРИЯ. F-ЗАПРЕЩЕННЫЕ ПЕРЕХОДЫ	
<i>Стегайлов В.И., <u>Калинников В.Г.</u>, Сушков А.В., Гонс З., Философов Д.В., Ширикова Н.Ю., Тютюнников С.И., Шакур Н.Г., Кобец В.В., Чан Т.Н., Ваганов Ю.А.</i>	81
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМЫХ ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВКАХ «PLASMA DYNAMICS»	
<i>Раденко В.В., Читура А.С., Гурская А.В., Долгополов М.В.</i>	82
ТЕСТ ПРОТОТИПА OLVE-HERO НА УСКОРИТЕЛЕ SPS В ЦЕРН	
<i>Сатышев И., Пан А, Ткачев Л.Г.</i>	83
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ПОТОКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ В РЕГИОНЕ г. НУР-СУЛТАН	
<i>Морзабаев А.К., Махмутов В.С., Ерхов В.И., Буртебаев Н., Амангельді Н., Тулеков Е.А.</i>	83
ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2.0 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛНОСТЬЮ ОЦИФРОВАННЫХ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ: ОТ ЛАБОРАТОРИЙ К МЕГАПРОЕКТАМ	
<i>Бредихин И.</i>	84

ЯДРА, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ИЗ ^{238}U, ОБЛУЧЁННОГО ВТОРИЧНЫМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ, ИНИЦИИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ ($E = 60, 100, 140, 180 \text{ МэВ}$) И ВТОРИЧНЫМ НЕЙТРОННЫМ ПОЛЕМ ИНИЦИИРОВАННЫМ ПРОТОННЫМ ПУЧКОМ ($E = 660 \text{ МэВ}$) <i>Стегайлов В.И., Тютюнников С.И., Кобец В.В., Крячко И.А., Перевоицков Л.Л., Расулова Ф.А., Шакун Н.Г., Чан Т.Н., Юлдашев Б.С., Розов С.В., Смирнов А.А., Летов А.Г.</i>	85
--	----

2. Materials Science and Radiation Solid State Physics – Радиационная физика твердого тела и проблемы материаловедения

A NOVEL $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{PET}$ COMPOSITE FOR THE UV-VIS ASSISTED PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF CARDENDAZIME <i>Nurmakhan A.E., Mashenseva A.A., Aimanova N.A., Altynbayeva L.Sh.</i>	88
ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA JET PRINTING OF SILVER CONTAINED THIN FILMS <i>Ussenov Y.A., Toktamyssova M.T., Mutalip A., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S.</i>	89
COMBINED STUDY OF LIPID BILAYERS BY RAMAN SPECTROSCOPY, NEUTRON SCATTERING AND MD SIMULATION: THE COMPETITIVE EFFECT OF CHOLESTEROL AND MELATONIN <i>Arynbek Ye., Vorobyeva M., Mamatkulov K., Kucerka N., Arzumanyan G.</i>	89
DISTRIBUTION OF RESIDUAL STRESSES IN REINFORCING STEEL BARS <i>Badmaarag A., Sangaa D., Sikolenko V., Enkhtur L.</i>	90
ELECTROCHEMICAL SENSORS BASED ON TRACK-ETCHED MEMBRANES <i>Yeszhanov A.B., Muslimova I.B., Shakayeva A.Kh., Korolkov I.V., Zdorovets M.V.</i>	91
INVESTIGATION OF RESIDUAL LATTICE STRAIN IN A POLYCRYSTALLINE SANDSTONE SAMPLE USING THE NEUTRON TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION <i>Badmaarag A., Sangaa D., Sikolenko V., Enkhtur L.</i>	92
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE RADIATION RESISTANCE OF NITRIDE CERAMICS <i>Nashekina E., Kozlovskiy A.L.</i>	93
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MG DOPING ON THE PROPERTIES OF ZrO_2 CERAMICS <i>Tleubay I., Kozlovskiy A.L.</i>	93
MEMBRANE DISTILLATION OF PESTICIDE SOLUTIONS <i>Yeszhanov A.B., Korolkov I.V., Guven O., Dosmagambetova S.S., Zdorovets M.V.</i>	94
MONOSILANE (SiH_4) PLASMA KINETICS GENERATED BY E-BEAM AND ELECTRONS' ENERGY DISTRIBUTION IMPACT ON SILICON CHEMICAL VAPOR DEPOSITION <i>Kunakov S.K., Imash A.A.</i>	95
NANO- AND MICRO- SCALE PHONON HEAT TRANSPORT IN SWIFT HEAVY ION IRRADIATED INSULATORS <i>Utegulov Z.N., Abdullaev A., Koshkinbayeva A., Chauhan V., Wang Y., Muminov B., Nurekeyev Z., O'Connell J., van Vuuren A. J., Khafizov M., Skuratov V.</i>	95
NANOSCALE PHASE SEPARATION AND SUPPRESSION OF SUPERCONDUCTIVITY OF HIGH-T_c CUPRATES <i>Dzhumanov S., Kurbanov U.T.</i>	96
PHOTOLUMINESCENCE OF MgAl_2O_4 IRRADIATED WITH HIGH ENERGY HEAVY IONS <i>Mamatova M., Skuratov V.A., Olejniczak A., Dauletbekova A.K., Giniyatova S.G.</i>	97
RADIOTERMOLUMINESCENCE OF γ-IRRADIATED NANOCOMPOSITES <i>Kuliev M.M., Ismayilova R.S.</i>	98
REAL AND PECULIAR ISOTOPE EFFECTS ON THE CRITICAL TEMPERATURE OF THE SUPERCONDUCTING TRANSITION IN HIGH-T_c CUPRATES <i>Dzhumanov S., Malikov Sh.R., Djumanov Sh.S.</i>	99
REMOVAL EFFICIENCY OF VARIOUS CLASSES OF TOXIC CONTAMINANTS BY COMPOSITE TRACK-ETCHED MEMBRANES WITH DEPOSITED COPPER MICROTUBES <i>Altynbayeva L.Sh., Nurmakhan A.E., Mendibaeva A.Zh., Mashentseva A.A., Aimanova N.A.</i>	100

SOLVING MAJOR CHALLENGES FOR ADVANCED REACTORS: COUPLED EFFECTS AND RADIATION DAMAGE MEASUREMENT	
<i>Short M., Connick R., Dacus B., Hirst Ch., Zheng G., Zhou W., Cao P., Hattar K., Buller D., Middlemas S., Bachav M., Kombibah B., Yang Y., Minor A.</i>	101
STRUCTURAL-PHASE STATE OF MULTILAYER CO-CR-AL-Y COATINGS	
<i>Zhilkashinova As.M., Skakov M.K., Gradoboyev A.V., Zhilkashinova Al.M.</i>	101
STUDYING OF THE EFFECT OF RADIATION DEFECTS ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES IN THE p-CuTiS SINGLE CRYSTAL	
<i>Madatov R.S., Baylarov G.B., Mamishova R.M., Faradjova U.F.</i>	102
SWIFT HEAVY ION IRRADIATION INDUCED LATENT TRACKS IN NANOCRYSTALLINE Y₄Al₂O₉	
<i>Mutali A.K., Ibrayeva A.D., Skuratov V.A., Sohatsky A.S., Korneeva E.A., van Vuuren J., O'Connell J.H., Zdorovets M.V.</i>	103
SYNTHESIS AND STUDY OF ZIRCONIUM DIOXIDE COMPACTS IRRADIATED WITH ELECTRONS AND IONS	
<i>Nikiforov S.V., Akhmetova-Abdik G., Dauletbekova A., Karipbayev Zh., Zvonarev S., Ananchenko D., Zdorovets M.</i>	103
SYNTHESIS OF THE METAL OXIDES NANOPOWDERS BY WET-COMBUSTION TECHNIQUE USING ECO-FRIENDLY PLANT REDUCTION AGENTS	
<i>Aimanova N.A., Nurmakhan A.E., Mashentseva A.A.</i>	104
THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF γ-IRRADIATED BUTADIENE NITRILE RUBBER NANOCOMPOSITE	
<i>Khankishieva R.F., Akhundzada H.N., Ismayilova P.I., Aliev A.K., Valieva S.A., Azizova A.S.</i>	104
TITANIUM BERYLLIDE AS AN ALTERNATIVE TO BERILLIUM IN NUCLEAR AND THERMONUCLEAR TECHNOLOGY. POSSIBILITIES OF UMP JSC IN DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND MANUFACTURING OF PRODUCTS FROM BERYLLIDES	
<i>Frants E.V., Borsuk A.N., Vechkutov A.N., Zenkov K.V., Zorin B.L., Kylyshkanov M.K., Podoinikov M.A., Udartsev S.V.</i>	105
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА W-6RE ПОСЛЕ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ	
<i>Кравчук К.С., Гладких Е.В., Никитин А.А., Захарова П.С.</i>	106
ВЛИЯНИЕ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ	
<i>Таиметов М.Ю., Саидов Р.П., Исмаилов Н.Б., Абдаминов А.Б.</i>	106
ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
<i>Ердаулетов М., Напольский Ф., Авдеев М., Кривченко В.</i>	108
ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СКЛОННОСТЬ К КОРРОЗИИ ПОД ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т, НАХОДЯЩЕЙСЯ В РАЗЛИЧНОМ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОМ СОСТОЯНИИ	
<i>Яровчук А.В., Цай К.В., Максимкин О.П.</i>	109
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ АРГОНА НА СВОЙСТВА ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ LaScO₃	
<i>Хромушин И.В., Аксенова Т.И.</i>	109
ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СПЕКТРЫ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ (ДО) СТЕАТИТОВОЙ КЕРАМИКИ СпЦ	
<i>Нуритдинов И., Саидахмедов К.Х.</i>	111
ВЫТРАВЛИВАНИЕ ТРЕКОВ В ОКСИДЕ И НИТРИДЕ КРЕМНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ СФОРМИРОВАННЫХ ОБЛУЧЕНИЕМ БТИ НАНОПОРИСТЫХ СЛОЕВ	
<i>Федосимова А.И., Мурзалинов Д.О., Лебедев И.А., Ибраимова С.А., Дмитриева Е.А., Бондарь Е.А.</i>	112
ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДОЗНОГО ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА Zr-⁵⁷Fe	
<i>Верещак М.Ф., Манакова И.А., Шоканов А.К., Суслов Е.Е., Тлеубергенов Ж.К.</i>	113

ДЕЛОКАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ <i>Мухтаров А.П., Усманова С.А.</i>	113
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА γ-ОБЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИТОВ <i>Набиева А.Н.</i>	114
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАММА ОБЛУЧЕННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА <i>Нуриев М.А., Шукюрова А.А., Гасымова А.И., Маммадова А.Ш.</i>	115
ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ РЕАКТОРНОГО СПЛАВА САВ-1 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ПОСТРАДИАЦИОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ <i>Цай К.В., Рофман О.В., Яровчук А.В., Отставнов М.А., Максимкин О.П.</i>	116
ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ GaS<Yb> ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ГАММА КВАНТАМИ <i>Мадатов Р. С., Тагиев Т. Б., Халигзаде А. Ш.</i>	117
ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ СТАЛИ ЭК-181 ВЫЗВАННЫЕ ОБЛУЧЕНИЕМ ИОНАМИ КРИПТОНА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 350 °С <i>Диков А.С., Рофман О.В., Иванов И.А., Байгонов М.Т.</i>	117
ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ CaF₂, ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ Хе₁₃₂ <i>Асылбаев Р.Н., Баубекова Г.М., Акилбеков А.Т., Анаева Э.Ш.</i>	118
ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОБАЛЬТОВЫХ НАНОСТРУКТУР В ПОРАХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ <i>Голота И.К., Козловский А.Л.</i>	119
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ <i>Ыскаков А., Васильевский И.С., Булавин М.В.</i>	120
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В НИТРИДЕ АЛЮМИНИЯ <i>Козловский А.Л.</i>	121
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ В ВАКУУМНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ <i>Арутюнян В.В., Алексанян Э.М., Бадалян А.О.</i>	121
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ И НАНОКЕРАМИК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ CaF₂:SrF₂:YbF₃ <i>Ашуров М.Х., Нуритдинов И., Бойбобоева С.Т.</i>	122
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ СЛОИСТОГО МОНОКРИСТАЛЛА GaSe ПРИ ОБЛУЧЕНИИ γ- КВАНТАМИ НА АСМ <i>Садыглы Л.Е., Бахышова К.З.</i>	123
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА ДОПИРОВАННЫХ Gd В ГИПЕРТЕРМИИ <i>Егізбек К.Б., Козловский А.Л.</i>	124
ИССЛЕДОВАНИЕ УЗКИХ ФРАКЦИЙ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ, ПОЛУЧЕННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОЙ, ГРАВИТАЦИОННОЙ И МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИЕЙ <i>Шоканов А.К., Верещак М.Ф., Манакова И.А., Тлеубергенов Ж.К., Смихан Е.А.</i>	125
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ СТЕКЛАМИ 0.5TeO₂-(0.5-x)WO₃-xBi₂O₃ <i>Темір А., Жумадилов К.Ш., Козловский А.Л.</i>	125
КИНЕТИКА ДЕСОРБЦИИ ГЕЛИЯ ИЗ СТАЛИ 12X18N10T ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ НАСЫЩЕНИЯ <i>Акаев С.О., Кислицин С.Б., Партыка Я.</i>	126

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ МЕДИ И АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ 12X18N10T И AISi 304, ОБЛУЧЕННЫХ НЕЙТРОНАМИ	
<i>Мережко М. С., Мережко Д. А., Максимкин О. П.</i>	127
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ GSO ОБЛУЧЕННЫЕ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ	
<i>Нуритдинов И., Саидахмедов К.Х., Эсанов З.У.</i>	127
НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА Ti1-xMoxC	
<i>Хидиров И.Дж. Рахманов С., Партиева А.С., Махмудов Ш.А., Гетманский В.В., Жаксимуратов И.Ж.</i>	128
ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛАВООБРАЗНЫХ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ 4-ГО БЛОКА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	
<i>Габелков С.В., Зубко А.В., Долин В.В., Жиганюк И.В.</i>	129
ОСОБЕННОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАММА-ОБЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ И ЦЕОЛИТА	
<i>Байрамов М.Н., Алиев Н.Ш., Абыев Г.А.</i>	130
ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ ФЕРРИТА КОБАЛЬТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ	
<i>Аргымбек Б.К., Хашихаш А., Козленко Д. П., Кайзер М., Савенко Б.Н.</i>	131
ПОЛУЧЕНИЕ БИНАРНЫХ СПЛАВОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ VB И VIB ПОДГРУПП С ЛЕГКОПЛАВКИМИ КАДМИЕМ, СВИНЦОМ И ОЛОВОМ ОСАЖДЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ	
<i>Володин В.Н., Калиева А.К., Тулеушев Ю.Ж., Жаканбаев Е.А.</i>	132
РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЕ СТРУКТУРОВАНИЕ ГИДРИРОВАННОГО БНК С УЧАСТИЕМ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	
<i>Мамедли Ш.М., Мамедов А.Х, Мамедов Д.Ш., Салехов А.Х., Ханкишиева Р.Ф., Мамедова Г.А.</i>	133
СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ ГИБРИДНОГО ПЕРОВСКИТА $CH_3NH_3PbBr_3$ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ FLASH-ИСПАРЕНИЯ	
<i>Дюсембекова С.Б., Кинев В. А., Гладышев П.П.</i>	133
СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА	
<i>Ерланулы Е., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i>	134
СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ	
<i>Гусейнова Л.Р.</i>	135
СОСТОЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ ЛАВООБРАЗНЫХ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ 4-ГО БЛОКА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	
<i>Габелков С.В., Жиганюк И.В., Кудлай В.Г., Пархомчук П.Е., Скорбун А.Д., Чиколовец С.А.</i>	136
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ РАДИОХИМИЧЕСКОЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПОСРЕДСТВОМ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ SiC*/Si	
<i>Гурская А.В., Долгополов М.В., Чепурнов В.И., Пузырная Г.В., Ануфриев А.В., Петенко И.А.</i>	137
УРАВНЕНИЕ БОЛЬЦМАНА И ЕГО СВЯЗЬ С КАСКАДНО-ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ПВА ДЛЯ ИОНОВ	
<i>Воронова Н.А., Купчишин А.И., Шмыгалева Т.А.</i>	138
ФАЗОВАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ В ОБЛУЧЕННОЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ СТАЛИ 12X18N10T	
<i>Мережко Д.А., Мережко М.С., Рофман О.В., Гусев М.Н., Гарнер Ф.А.</i>	139
ФОРМИРОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФЕКТОВ РАДИАЦИОННО-ЛЕГИРОВАННОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ SiC*/Si	
<i>Долгополов М.В., Гурская А.В., Чепурнов В.И., Пузырная Г.В., Ануфриев А.В.</i>	139
ФОРМИРОВАНИЕ КАРБИДИЗИРОВАННОГО СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОЛЬФРАМА ПРИ ПЛАЗМЕННОМ ОБЛУЧЕНИИ	
<i>Жанболатова Ф.Қ., Скаков М.К., Бакланов В.В., Букина О.С., Кожахметов Е.А., Оразгалиев Н.А., Туленбергенов Т.Р., Соколов И.А., Градобоев А.В.</i>	140

ФОРМИРОВАНИЕ ТАНТАЛОВОЙ ПЛЁНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ NiTi ПРИ МАГНЕТРОННОМ НАПЫЛЕНИИ
Ларионов А.С., Диков А.С., Жаканбаев Е.А.141

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ SrTiO₃ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА
Кенжебаева А., Бакболат Б., Бактыбаева Д.Б., Даулбаев Ч.Б., Султанов Ф.Р.142

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОБЛУЧЕННОГО ПРОТОНАМИ ВОЛЬФРАМА ПРИ ИЗОХРОННЫХ ОТЖИГАХ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 600 – 1000 °С
Алдабергенова Т.М., Байгонов М.Т., Дикова Л.А., Кислицын С.Б.143

3. Atomic Energy – Атомная энергетика

DYNAMIC PROPERTIES ON ⁹⁹MO ADSORPTION AND ^{99m}Tc ELUTION WITH ALUMINA COLUMNS
Fujita Y., Seki M., Sano T., Fujihara Y., Suzuki T., Yoshinaga H., Hori J., Suematsu H., Tsuchiya K.145

INTEGRATION OF THE DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM AND THE MONTE CARLO CODE TO CREATE A SPECTROMETRIC DETECTOR MODEL
Prozorova I.V.146

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING HEAT-RESISTANT CERAMICS WITH A FLUIDIZED BED FOR THE UNDER-REACTOR MELT TRAP
Skakov M.K., Bekmoldin M.K.146

MEASUREMENT OF THERMAL NEUTRON FLUXES FROM THE WWR-K RESEARCH REACTOR
Mukhamejanov Y.S., Saduyev N.O., Kalikulov O.A., Sedov A.N., Zhumabayev A.I., Yerezhep N.O., Shinbulatov S.K., Baktoraz A.Y., Utey S.B., Karatash H.M., Mukhametkaliuly A., Shaimerdenov A.A., Nakipov D. A., Aitkulov M.T.147

POSSIBLE OPTIONS OF INCREASING THE YIELD OF TECHNETIUM-99m FROM GENERATOR COLUMN
Khujaev S., Baytelesov S.A., Kungurov F.R.148

THE ITER PROJECT: THE WAY TO FUSION ENERGY
Merola M.149

АКТУАЛЬНОСТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НАУКИ В ПРОЦЕССЫ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ
Зима Г.В.150

ВОЛОКОННЫЕ СВЕТОВОДЫ И ДАТЧИКИ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ В ЯДЕРНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ
Кашайкин П.Ф., Томашук А.Л., Васильев С.А., Игнатьев А.Д., Брицкий В.А., Понкратов Ю.В., Гныря В.С., Кульсартов Т.В., Шаймерденов А.А., Аханов А.М., Жолдыбаев Т.К., Семенов С.Л.151

ДИНАМИКА РЕАКТОРНЫХ ШУМОВ ИБР-2М
Пепельшев Ю.Н., Цогтсайхан Ц.152

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ В ОБЛУЧАТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ КРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ
Айткулов М.Т., Дюсамбаев Д.С., Романова Н.К., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Бугыбай Ж.Т., Киселев К.С., Бейсебаев А.О.152

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ
Пышкина М.Д., Васильев А.В., Екидин А.А.153

ИСПЫТАНИЯ ЛИТНЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ДЕЙТЕРИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ НА ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКЕ
Тулубаев Е.Ю., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Соколов И.А., Самарханов К.К., Туленберженов Т.Р., Бочков В.С.154

ИСПЫТАНИЯ ЛИТИЕВОЙ КПС НА ОСНОВЕ ГРАФИТОВОЙ ТКАНИ АРМИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ И РАДИАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Карамбаева И.С., Понкратов Ю.В., Бакланов В.В., Кульсартов Т.В., Гордиенко Ю.Н., Тулубаев Е.Ю., Заурбекова Ж.А., Абдуллин Х.А., Чихрай Е.В.155

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ НЕЙТРОННОЙ РАДИОГРАФИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ В ЛИТИЙ-ИОННОЙ БАТАРЕЕ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ РАЗРЯДКИ

Бугыбай Ж.Т., Дюсамбаев Д.С., Айткулов М.Т., Аханов А.М., Бейсенова Е.Е.156

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЛОВЯННО-ЛИТИЕВОЙ ЭВТЕКТИКИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА МЕТОДАМИ ДСК И ТГА АНАЛИЗА

Бочков В.С., Понкратов Ю.В., Гордиенко Ю.Н., Тулубаев Е.Ю., Самарханов К.К., Карамбаева И.С., Заурбекова Ж.А.156

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЯДЕРНЫХ СИСТЕМ В ОИЯИ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Гютюнников С.И. (коллораация).....157

КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-К

Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Накипов Д.А.158

МЕТОДОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ОЛОВЯННО-ЛИТИЕВОГО СПЛАВА С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛИТИЯ

Понкратов Ю.В., Тажибаева И.Л., Гордиенко Ю.Н., Бочков В.С., Тулубаев Е.Ю., Самарханов К.К., Карамбаева И.С.159

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИМПУЛЬСНОГО РЕАКТОРА ИБР-2М ПРИ ЭНЕРГОВЫРАБОТКЕ ДО 1800 МВт*сут

Пепельшев Ю.Н., Виноградов А.В., Сумхуу Д.159

НОВЫЕ СВОЙСТВА УРАНА И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Шаханова Г.А.160

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ РЕАКТОРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Эскербекоев С.Қ., Кадыржанов К.К., Кульсартов Т.В., Гордиенко Ю.Н., Понкратов Ю.В., Тажибаева И.Л., Чихрай Е.В., Нестеров Е.А.161

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАКТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ЛИТИЕВОЙ КЕРАМИКОЙ

Толенова А.У., Кенжсин Е.А., Кульсартов Т.В., Чихрай Е.В., Нестеров Е.А.161

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРИТИЯ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПЕРЕМЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ РЕАКТОРА

Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А., Толенова А.У., Кенжсин Е.А., Нестеров Е.А.162

ОЦЕНКА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДКРИТИЧЕСКОЙ СБОРКИ «ЯЛІНА-ТЕПЛОВАЯ» В РАМКАХ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РОЖДЕНИЯ И ГИБЕЛИ

Корбут Т.Н., Зубарева М.В.163

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Садиков И. И.164

РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ КАМПАНИЕЙ ТОПЛИВА РЕАКТОРА ИВГ.1М С НОУ-ТОПЛИВОМ

Жанболатов О.М., Сураев А.С., Вурим А.Д., Иркимбеков Р.А.166

РАСЧЕТ РАЗОГРЕВА И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В МАКЕТЕ ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ АМПУЛЫ ВВР-К

Чихрай Е.В., Кульсартов Т.В., Заурбекова Ж.А., Эскербекоев С.Қ., Гизатулин Ш.Х., Шаймерденов А.А., Сайранбаев Д.С.167

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ ПРОТОТИПОВ ТОПЛИВА TRISO

Блынський П.А., Эскербекоев С.К., Заурбекова Ж.А., Чихрай Е.В., Кульсартов Т.В., Толенова А.У.167

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т	
<i>Нестеров Е.А., Садкин В.Л., Кенжина И.Е., Эскербеков С.К.</i>	168

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИСПЫТАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ НА РЕАКТОРЕ ИВГ.1М	
<i>Гордиенко Ю.Н., Понкратов Ю.В., Кульсартов Т.В., Тулубаев Е.Ю., Заурбекова Ж.А., Самарханов К.К., Гныря В.С., Каиайкин П.Ф., Брицкий В.А.</i>	169

ЯДРА, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ИЗ МИШЕНЕЙ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ, ОБЛУЧЁННЫХ ПРОТОННЫМ ПУЧКОМ (E_p=660 МэВ)	
<i>Бруква А.Е., Кобец В.В., Крячко И.А., Перевоицков Л.Л., Расулова Ф.А., Розов С.В., Шакур Н.Г., Стегайлов В.И., Тютюнников С.И., Юлдашев Б.С.</i>	170

4. Radiation Ecology and Methods of Analysis – Радиационная экология и методы анализа

ABOUT THE CHANGINGS IN THE FORMATION OF THE SEMIPALATINSK TEST SITES MAIN ECOSYSTEMS AFTER NUCLEAR EXPLOSIONS	
<i>Plissak R.P., Novikova N.M., Plissak S.V.</i>	172

APPLICATION OF LASER SPECTROSCOPY AND MASS SPECTROMETRY FOR TRACE ANALYSIS	
<i>Izosimov I.N., Strashnov I.</i>	173

EXPERIENCE OF PRE-OPERATIONAL SURVEYS OF THE TERRITORIES WHERE NUCLEAR FACILITIES ARE LOCATED (ON THE EXAMPLE OF THE BELARUSIAN NPP)	
<i>Vasilyev A., Ekidin A., Pyshkina M., Vasyanovich M., Nazarov E.</i>	173

FEATURES OF COMPLEX RESEARCH METHODS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITES ECOSYSTEM	
<i>Plisak R.P., Werner D., Plisak S.V.</i>	175

METHOD OF REGISTRATION OF NATURAL TERRESTRIAL RADIONUCLIDES IN THE SURFACE ATMOSPHERIC LAYER	
<i>Bigeldiyeva M.T., Zaripova Yu.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V.</i>	176

NANOSILVER-CONTAINING ION EXCHANGE FIBERS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METALS AND RADIONUCLIDES	
<i>Abdukhakimov M.K., Gapurova O.U., Garipov I.T., Khaydarov R.R.</i>	177

OBJECTIVES OF INTEGRATED SCIENTIFIC RADIO ECOLOGICAL RESEARCH TO DEVELOP MEASURES FOR THE REHABILITATION OF DAMAGED ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE	
<i>Plissak R.P., Novikova N.M., Plissak S.V.</i>	177

SPATIAL DISTRIBUTIONS OF RADON ISOTOPE EMANATION IN THE FOOTHILL ALMATY REGION OF THE TIEN SHAN	
<i>Bigeldiyeva M.T., Dyachkov V.V., Zhrebchevsky V.I., Zaripova Yu.A., Yushkov A.V.</i>	179

THE ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES IN THE MEADOW ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE	
<i>Plissak R.P., Polevik V.V., Plissak S.V.</i>	180

THE CURRENT STATE OF URANIUM LEGACY SITES REMEDIATION ISSUES IN UZBEKISTAN	
<i>Kuldjanov B.</i>	183

THE INTAKE OF LONG-LIVED RADIONUCLIDES FROM THE SOIL TO THE ROOTS AND ABOVE-GROUND PART OF THE PLANTS OF XEROPHYTIC AND HALOPHYTIC ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE	
<i>Plissak R.P., Polevik V.V., Plissak S.V.</i>	183

THE POST RADIATION ASPECTS IN THE FORMATION OF BIOGEOCOENOSES OF DISTURBED AREAS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE	
<i>Plissak R.P., Werner D., Plissak S.V.</i>	184

THE SPECTRUM OF THE SECONDARY RADIATION CHANGES IN PLANTS AND PHYTOCOENOSES OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Plissak R.P., Novikova N.M., Plissak S.V......185

URANIUM AGE-DATING BY HRGS BASED ON ABSOLUTE AND INTRINSIC EFFICIENCY CALIBRATION APPROACHES

Kutnii D., Burdeinyi D., Vanzha S., Zyma G.186

WALL PAINTING OF THE SMOLENSK CATHEDRAL OF THE NOVODEVICHY MONASTERY IN MOSCOW: NEW DATA ON PAINTING IN THE LIGHT OF PHYSICO-CHEMICAL RESEARCH IN 2020-2021

Philippova O.S., Dmitriev A.Yu., Makarova A.-M.L., Grebenschchikova A.B......187

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОУГЛЕРОДА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЯДЕРНЫМ ИСПЫТАНИЯМ)

Сержанова З.Б., Раимканова А.М., Айдарханова А.К......188

БИОИНДИКАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПОЛИГОНУ «КАПУСТИН ЯР» И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Бигалиев А.Б., Шимшиков Б.Е., Кобегенова С.С., Адилова Л.М., Шарахметов С., Бурханова М.Н......189

ВНЕДРЕНИЕ В ИЯФ РК СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Солодухин В.П., Дмитриев А.Ю., Павлов С.С., Ленник С.Г., Соколенко Е.К......190

ВОЗМОЖНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА В НАВОИНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ

Холов Д.М., Музафаров А.М., Холбаев И., Аллаберганова Г.М......191

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА КВАДРУПОЛЬНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ ELAN-9000 АТОМНОГО ОТНОШЕНИЯ $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ В УРАНСОДЕРЖАЩИХ ОБЪЕКТАХ

Желтов Д.А., Быченко А.Н., Харкин П.В., Краснопёрова М.В......192

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЧИСТОТА ПОЧВ В ГОРНОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАРАФШОН

Абдушукуров Д.А., Солодухин В.П., Анварова Г.Б., Кодиров А., Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Шаймурадов Ф.И.193

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОБ С МАЛЫМИ АКТИВНОСТЯМИ

Ленник С.Г., Кабирова Г.М., Мирхаджи Д.В......194

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КАПСУЛ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЕЙТРОНОАКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПНЕВМОПОЧТЫ РЕАКТОРА ВВР-К

Ленник С.Г., Соколенко Е.К., Бедельбекова К.А......195

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ

Моренко В.С., Филиппова Л.Н., Сляднева В.Н., Ли Р.А......196

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» НА РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ СИП

Пономарева Т.С., Поливкина Е.Н., Ларионова Л.Н......197

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ МИГРАЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ТРИТИЯ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ

Лукашенко С.Н., Томсон А.В., Курбаков Д.Н., Эдомская М.А......198

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДА ЙОДА-125, БЕЗ НОСИТЕЛЯ С РАЗЛИЧНЫМИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ МАКРОМОЛЕКУЛАМИ

Хажиев Л.О., Садиков И.И., Усаров З.О., Нишионов Ш.Ж......199

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ЯРМ НА ОБЪЕКТАХ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДАМИ РЭМ-РМА

Левашов М.А., Стебельков В.А., Глуценко В.Н......200

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКЕ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	
<i>Сысоева Е.С., Ларионова Н.В., Шевченко Ю.С., Лещенко Н.А., Меркель А.И.</i>	201
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОМУ ВЛИЯНИЮ КИР ВВР-К	
<i>Краснопёрова М.В., Харкин П.В., Орақова М.С., Ойнар Ә.М., Кошжанов А.Т., Севериненко М.А.</i>	202
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ ИЗ ОТХОДА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УРАН-ГАДОЛИНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Кылышканыев М.К., Ярошенко Н.Н., Гусакова Г.В., Гофман А.А., Варывин Ю.В., Дорн А.А.</i>	203
ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	
<i>Турченко Д.В., Умаров М.А., Круглыхин А.А.</i>	203
К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ В ПОЧВАХ ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ	
<i>Эдомская М.А., Лукашенко С.Н., Панов А.В., Томсон А.В., Шупик А.А.</i>	204
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОМИГРАЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	
<i>Мамытбеков Г.К.</i>	205
ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ВЫСОКОАКТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОБАЛЬТ-60	
<i>Ашрапов У.Т., Садилов И.И., Таиметов М.Ю., Мирзаев Б.Б., Нестеров В.П., Арутюнов И.А., Дорошенко А.А.</i>	206
НОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В КУПЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТФОНОВ КАК ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ. В ПОЛЕ, В ЛАБОРАТОРИИ, ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ	
<i>Бредихин И.С.</i>	207
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ УРАНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ	
<i>Краснопёрова М.В., Харкин П.В., Кошжанов А.Т., Токсанбаев Б.Ж., Блынский П.А., Торебеков А.К.</i>	208
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ РОССИЙСКИХ АЭС	
<i>Екидин А.А., Васянович М.Е., Васильев А.В., Капустин И.А.</i>	209
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ ИНДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ, МЕТОДОМ РАДИОХИМИЧЕСКОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА	
<i>Садилов И.И., Ярматов Б.Х., Усманов Т.М., Садилова З.О.</i>	210
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ОТРАБОТАННОЙ АНИОНООБМЕННОЙ СМОЛЕ SIM202 МЕТОДОМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	
<i>Садилов И.И., Ярматов Б.Х., Усманов Т.М.</i>	211
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УЧЕНИЯХ МАГАТЭ ПО ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ	
<i>Нитрян А.И., Жижин К.Д., Стебельков В.А.</i>	212
ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
<i>Санжарова Н.И., Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Томсон А.В., Андреева Н.В.</i>	213
ОЦЕНКА ВКЛАДА ИЗОТОПОВ УРАНА В ВЕЛИЧИНУ СУММАРНОЙ АЛЬФА-АКТИВНОСТИ ПРОБ ВОДЫ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Ленник С.Г., Кабиров Г.М., Краснопёрова М.В., Мирхаджи Д.В., Тимурова Д.Б., Ыдырышева С.К.</i>	214
ОЦЕНКА ВКЛАДА ОБЪЕКТОВ ЛИРА В ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>Глуценко В.Н., Краснопёрова М.В., Харкин П.В., Матиенко Л.Д., Глуценко Г.М., Белуш О.Л., Филиппова Л.Н., Моренко В.С., Левашов М.А., Севериненко М.А.</i>	215

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ТРИТИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (СИП)	
<i>Поливкина Е.Н., Ларионова Л.Н., Абшиева М.Т.</i>	216
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ИРТЫШ	
<i>Айдарханова А.К., Ларионова Н.В., Айдарханов А.О.</i>	217
ПАРАМЕТРЫ НАКОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ В РАЙОНЕ ЭКСКАВАЦИОННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ	
<i>Ларионова Н.В., Лукашенко С.Н., Ляхова О.Н., Айдарханова А.К., Кундузбаева А.Е., Кабдыракова А.М.³, Кривицкий П.Е., Полевик В.В., Айдарханов А.О.</i>	218
ПОЛИГОН АЗГИР. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА 2020 Г.	
<i>Глуценко В.Н., Моренко В.С., Севериненко М.А., Макарова В.А., Ахметжанова Д.С., Кошжанов А.Т., Матиенко Л.Д., Ленник С.Г.</i>	219
ПОЧВЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭХСХАЛЯЦИИ РАДОНА	
<i>Базарбаев Н.Н., Муминов И.Т., Йулдашев С.К., Умирзаков Э.А., Тогаев Б.С., Холбаев И.</i>	220
ПРИЗМЕННЫЙ МАСС-АНАЛИЗАТОР С КОНУСОВИДНОЙ АХРОМАТИЧНОЙ ПРИЗМОЙ И ТРАНСАКСИАЛЬНЫМИ ЛИНЗАМИ	
<i>Спивак-Лавров И.Ф., Байсанов О.А., Шугаева Т.Ж.</i>	221
ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
<i>Мамытбеков Г.К.</i>	222
РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Нестеров В.П., Исмагилов М.Ф., Крошкин Е.Н., Яскевич В.С., Садиков И.И., Аширапов У.Т., Маликов Ш.Р., Юлдашев М.Б.</i>	223
РАДИОИЗОТОПНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД КЫЗЫЛКУМСКОГО РЕГИОНА УЗБЕКИСТАНА	
<i>Холов Д.М., Музафаров А.М., Холбаев И., Аллаберганова Г.М.</i>	224
РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЙ УРАНОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАВОИНСКОЙ ОБЛАСТИ УЗБЕКИСТАН	
<i>Холов Д.М., Музафаров А.М., Холбаев И., Аллаберганова Г.М.</i>	225
РАЗВИТИЕ ЭПР-ДОЗИМЕТРИИ ЭМАЛИ ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА С ДИАПАЗОНОМ ВЫСОКИХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ В НЯЦ РК	
<i>Бияхметова Д. Б., Кенжина Л. Б., Скаков М. К., Айдарханов А. О., Градобоев А.В.</i>	226
РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ДЕТЕКТОРОВ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР αSi-p-i-n ДЛЯ РАДОНОМЕТРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ	
<i>Раджапов С. А., Муллагалиева Ф. Г., Раджапов Б. С., Зуфаров М.А.</i>	227
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОВМЕСТНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ PU, U И TC ИЗ ПРИРОДНЫХ ПРОБ ВОДЫ	
<i>Кузьменкова Н.В., Рожкова А.К.</i>	228
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕРАДИОАКТИВНОГО ОКСИДА СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПСВ УРАНА	
<i>Кылышканов М.К., Ярошенко Н.Н., Хлебникова И.А.</i>	228
РАСЧЕТ ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-АНАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ТРАНСАКСИАЛЬНЫХ ЗЕРКАЛ	
<i>Спивак-Лавров И.Ф., Байсанов О.А., Шарипов С.У., Уринбаева Г.Т.</i>	229
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИВЕДЕНИЮ ОБЪЕКТА «ЛИРА» В БЕЗОПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ	
<i>Агеева Т.И., Глуценко В.Н., Моренко В.С., Швырев С.И.</i>	230

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И РАСТЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ СИП
Горлачев И.Д., Харкин П.В., Глуценко Г.М., Матиенко Л.Д., Желтов Д.А.231

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ НА ТЕРРИТОРИИ СИП
Горлачев И., Дюсембаева М., Харкин П., Лукашенко С.232

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ SM-151 В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРА-НИЗКОФОНОВОГО ЖИДКОСЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА QUANTULUS 1220
Сальменбаев С.Е., Берікхан Қ.Ә., Жамалдинов Ф.Ф., Тулеубаева Р.К., Понтак К.А., Миратова А.М., Керимкулова Ж.У.233

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ПЕРЕНОС УРАНА И ДРУГИХ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДАМИ РЕК, ВТЕКАЮЩИХ В КАЗАХСТАН ИЗ КЫРГЫЗСТАНА
Солодухин В.П., Дженбаев Б.М., Ленник С.Г., Севериненко М.А., Кабирова Г.М., Жолболдиев Б.Т., Левашов М.А., Желтов Д.А., Быченко А.Н.234

УРАН-ИЗОТОПНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ УРАНОВЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Тузова Т.И.235

ФОРМИРОВАНИЕ ПРООБРАЗА НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ
Глуценко В.Н., Красноперова М.В., Моренко В.С., Харкин П.В., Кунс Р., Маркс Н.236

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА
Айдарханова А.К., Ларионова Н.В., Мамырбаева А.С., Лаврикова Р.Г.237

ЭПР-ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ РЕГИОНА ЛИРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ОБЛУЧЕНИЯ
Середавина Т.А., Мукан Ж.Т., Сушкова Н.С., Глуценко Н.В.238

5. Nuclear and Radiation Technology in Medicine, Industry and Agriculture – Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве

CALCULATION OF RADIATION DOSE ENHANCEMENT BY GADOLINIUM COMPOUNDS FOR RADIATION THERAPY
Abdullaeva G.A., Kulabdullaev G.A., Kim A.A., Nebesny A.F., Yuldashev D.O.240

DOSIMETRIC AUDITS IN RADIATION THERAPY
Bakenova R.A., Zhumadilov K.Sh., Sukhikh E.S.240

HIGH-SENSITIVE COLOR INDICATOR OF ABSORBED DOSE OF EPITHERMAL NEUTRONS RADIATION
Kulabdullaev G.A., Kim A.A., Djuraeva G.T.; Nebesny A.F., Abdullaeva G.A., Yuldashev D.O.241

ILU ELECTRON ACCELERATORS FOR E-BEAM AND X-RAY
Bryazgin A., Bezuglov V., Shtarklev E., Pak A., Sidorov V., Tkachenko V., Voronin L., Korobeinikov M.242

INFORMATION TECHNOLOGIES BASED ON DNA. NANOBIOELECTRONICS
Lakhno V.D.242

IRRADIATION OF YTTRIUM MICROSPHERES AT THE IRT-T REACTOR
Sadkin V., Nesterov E., Rogov A., Stasyuk E., Naymushin A., Getiya S., Sashova N., Markov N., Mayorov K.243

MODERN TRENDS OF PET/CT APPLICATION IN PATIENTS WITH LYMPHOMA.
Bayembayev F., Saduakassova A., Eskaliev A.243

NEUTRON CAPTURE THERAPY ¹⁰B and ¹⁵⁷Gd CONTAINING AGENTS DELIVERY VIA MAGNETIC NANOCARRIERS
Korolkov I.V., Zibert A.V., Shumskaya A. E., Anisovich M., Ludzik K., Lissovskaya L.I., Zdorovets M.V.245

REDUCTION OF CO₂ EMISSIONS AT THE PROCESSINGS OF ORGANIC FUELS BY USE OF IONIZING RADIATION	
<i>Mustafayev I.I., Hajiyev H.M., Cicek F., Akberov R.Y.</i>	246
TECHNOLOGIES FOR STUDYING FUNCTIONAL NEURAL NETWORKS OF THE HUMAN BRAIN BASED ON DATA OF NUCLEAR FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING	
<i>Enyagina I.M., Polyakov A.N., Poyda A.A., Orlov V.A., Kozlov S.O., Ushakov V.L.</i>	246
АНАЛИЗ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ В ЛИМФОЦИТАХ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ИЗЛУЧЕНИЯМИ С РАЗНЫМИ ЛПЭ	
<i>Нуркасова А., Насонова Е.А.</i>	248
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ GMP В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, Г. АЛМАТЫ	
<i>Чакрова Е.Т., Быстряков Ю.К., Вишнякова И.Г., Гурин А.Н., Кулаков А.В., Медведева З.В.</i>	249
ВНЕДРЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ. ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ.	
<i>Садуакасова А.Б., Калабаева М.К.</i>	249
ИЗУЧЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ НА ПУЧКАХ ГАММА-КВАНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA AXESSE	
<i>Дьячков В.В., Зарипова Ю.А., Бияшева З.М., Бигельдиева М.Т., Юшков А.В., Гладких Т.М., Хамдиева О.Х.</i>	250
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ: ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ	
<i>Смольников Н.В., Аникин М.Н., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.</i>	251
ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СТРУКТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА УСТАНОВКЕ НЕЙТРОННОЙ РАДИОГРАФИИ И ТОМОГРАФИИ	
<i>Таиметов М.Ю., Исматов Н.Б., Адизов С.М.</i>	252
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ IN VIVO	
<i>Лю М.Б., Ибрагимова Н.А., Турганбай С., Чакрова Е.Т., Афанасьев Д.В., Кулаков А.В., Медведева З.В., Гурин А.Н.</i>	253
НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ NIS И PENDRIN ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАДИОАКТИВНЫМ ИОДОМ	
<i>Ибрагимова Н.А., Лю М.Б., Гапурхаева Т.Э. С., Красноштанов А.В., Жанаева С.Ж.</i>	254
ОТ РАЗРАБОТОК ДО ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОТОПОВ И РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	
<i>Нестеров Е.А., Скуридин В.С., Чернов В.И., Майоров К.В., Садкин В.Л., Рогов А.С., Стасюк Е.С., Шелихова Е.А., Чикова И.В., Наймушин А.Г.</i>	255
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ В НОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ	
<i>Идинов М.Т., Касымов А.Б., Степанова О.А.</i>	256
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА РАДИАЦИОННЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ И МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ	
<i>Маликов Ш.Р., Юлдашев М.Б., Ашрапов У.Т., Кудратов Х.Н., Эргашев О.С., Балхибаев А. Ж.</i>	257
ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA AXESSE В ИЗУЧЕНИИ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИМЕСЕЙ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОГЛОЩЕНИЯ СРЕДНИХ И ТЯЖЕЛЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
<i>Зарипова Ю.А., Гладких Т.М., Бигельдиева М.Т., Дьячков В.В., Юшков А.В.</i>	258
ПРИМЕНЕНИЕ РФЛП НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРНОГО РАДИОНУКЛИДА Ga-68 ДЛЯ ПЭТ-ДИАГНОСТИКИ	
<i>Джаканова М.Т., Рыскулова Г.О., Скакова Г.А.</i>	259
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЗАПУСК ПРОИЗВОДСТВА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ GMP НА БАЗЕ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ РК	
<i>Садуакасова А.Б., Глеулесова И.К.</i>	260

ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОГЕЛЕВЫХ СТЕРИЛЬНЫХ ПОВЯЗОК AQUA DRESS® В РГП «ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ» <i>Бексултанов Ж.И., Банных В.И., Лаба М.Н.</i>	261
ПРОИЗВОДСТВО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СЕРИЙ НАТРИЯ [¹⁸F] ФТОРИДА НА МОДУЛЕ СИНТЕЗА SYNTHRA RN PLUS <i>Кулаков А.В., Чакрова Е.Т., Медведева З.В., Гурин А.Н., Джаманбаланова Н.А., Кулакова Е.К.</i>	262
ПЭТ В ОНКОДИАГНОСТИКЕ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФТОРА-18 И ГАЛЛИЯ-68 <i>Красикова Р.Н.</i>	262
РАДИАЦИОННАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Данько И.В., Садыков Б.К.</i>	263
РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПОЛИВИНИЛПИРОЛИДОНА <i>Бексултанов Ж.И., Банных В.И., Мамытбеков Г.К.</i>	264
РАДИОНУКЛИДНАЯ ТЕРАПИЯ В РК. ПЕРВЫЙ ОПЫТ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ <i>Сандыбаев М.Н., Белихина Т.И., Атантаева Б.Ж., Есболатова Н.С.</i>	265
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НЭТ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т <i>Аникин М.Н., Смольников Н.В., Лебедев И.И., Наймушин А.Г.</i>	266
РЕКОНСТРУКЦИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ GMP <i>Медведева З.В., Чакрова Е.Т., Быстряков Ю.К.</i>	267
РОЛЬ ОДНОФОТОННОЙ ЭМИССИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С ^{99m}Tc-MIBI СОВМЕЩЕННОЙ С ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИЕЙ МИОКАРДА В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ОСЛОЖНЕНИЙ ИШЕМИЧЕСКИХ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЦА <i>Карабаева Р.Ж., Садуакасова А.Б., Сарсенгалиев Т. И., Нарзуллаев Э. С.</i>	268
РОЛЬ ЯДЕРНОЙ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРЕДОПЕРАЦИОННОЙ ОЦЕНКЕ ЭПИЛЕПСИИ <i>Садуакасова А.Б., Ескалиев А.Р., Люгай Е.А., Садыков Ш.Ш., Утебеков Ж.Е.</i>	269
СОПОСТАВЛЕНИЕ 0-2-[¹⁸F]ФТОРЭТИЛ-L-ТИРОЗИНА И L-[МЕТИЛ-¹⁴C]-МЕТИОНИНА В ПЭТ-ДИАГНОСТИКЕ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ГЛИОМ <i>Скворцова Т.Ю., Захс Д.В., Савицьева Ж.И.</i>	269

ДОПОЛНЕНИЕ К СОДЕРЖАНИЮ

1. Nuclear Physics – Ядерная физика	
THE NUMEN PROJECT: SHEDDING LIGHT ON NEUTRINOLESS DOUBLE BETA DECAY BY HEAVY-ION NUCLEAR REACTIONS <i>Capuzzello F.</i>	271
2. Materials Science and Radiation Solid State Physics – Радиационная физика твердого тела и проблемы материаловедения	
ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО СЕРЕБРОМ <i>Ташметов М.Ю., Махкамов Ш., Эрдонов М.Н., Саттиев А.Р., Махмудов Ш.А., Холмедов Х.М.</i>	272
МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА С СОБСТВЕННЫМИ ДЕФЕКТАМИ В НАНО-КЛАСТЕРАХ КРЕМНИЯ <i>Ташметов М.Ю., Махкамов Ш.М., Умарова Ф.Т., Нормуродов А.Б., Сулайманов Н.Т.</i>	273
5. Nuclear and Radiation Technology in Medicine, Industry and Agriculture – Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве	
DEPENDENCE OF THE NATURE OF THE HOLSTEIN POLARON MOTION IN A POLYNUCLEOTIDE CHAIN SUBJECTED TO A CONSTANT ELECTRIC FIELD ON THE INITIAL POLARON STATE AND THE PARAMETERS OF THE CHAIN <i>Korshunova A.N., Lakhno V.D.</i>	274

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Abdukhakimov M.K.*, 177
Abdullaev A., 95
Abdullaeva G.A., 14, 240, 241
Ahmadov G.S., 16, 21
Aimanova N.A., 88, 100, 104
Aitkulov M.T., 147
Akberov R.Y., 246
Akhmetova-Abdik G., 103
Akhundzada H.N., 104
Aksoy A., 30
Aliev A.K., 111
Alimov D.K., 27, 30, 34, 38, 39, 43
Altynbaeva L.Sh., 88, 100
Amangeldi N., 26, 30
Ananchenko D., 103
Andel B., 42
Andreyev A.N., 40
Anisovich M., 245
Antalic S., 42
Artemov S.V., 15, 26, 46
Arynbek Ye., 89
Arzumanyan G., 89
Azizova A.S., 104
Aznabayev D., 43
Bachav M., 101
Badmaarag A., 90, 92
Bakenova R.A., 240
Baktoraz A.Y., 147
Banerjee T., 40, 42
Bayembayev F., 243
Baylarov G.B., 102
Baytelesov S.A., 148
Bekmuldin M.K., 146
Belisarova F., 17
Belogurov S.G., 25, 41
Berikov D.B., 21
Bertulani C.A., 24
Bezbakh A.A., 25, 41
Bezuglov V., 242
Biare D., 25, 41
Bigeldiyeva M.T., 176, 177,
Bogachev A.A., 40, 42
Borcea C., 43
Borsuk A.N., 105
Bozarov O.A., 19
Boztosun I., 16, 30, 34
Bronis A., 42
Bryazgin A., 242
Buller D., 101
Burdeinyi D., 186
Burjan V., 28
Burov V.V., 22
Burtebayev N., 15, 26, 27, 30, 32, 34, 38, 39, 43
Burtebayeva D.T., 27, 38
Burtebayeva J., 30, 43
Buša J.Jr., 48
Cao P., 101
Cappuzzello F., 271
Chauhan V., 95
Chelnokov M.L., 18, 42
Chepigina V.I., 18, 42
Cherlau M., 40, 42
Chudoba V., 25, 41
Chuluunbaatar G., 48
Chuluunbaatar O., 44, 48
Chuprakov I., 16
Cicek F., 246
Connick R., 101
Dacus B., 102
Danilov A.N., 33
Đapo H., 30
Dauletbekova A.K., 97, 103
Demyanova A.S., 29, 33
Deng H., 21
Denikin A.S., 28
Diatlov I.N., 40
Djumanov Sh.S., 99
Djuraeva G.T., 241
Dmitriev A.Yu., 187
Dorvoux O., 42
Dosbolayev M.K., 89
Dosmagambetova S.S., 94
Dyachkov V.V., 176, 179,
Dzhumanov S., 96
Dzhumanov Sh., 99
Dzhunushaliev V., 13
Egamova F.R., 21, 46
Egamov S.R., 21
Ekidin A., 173,
Enkhtur L., 90, 92
Enyagina I.M., 246
Ergashev F.Kh., 15, 26, 46
Eskaliev A., 243
Faradjova U.F., 102
Fedosimova A., 32
Filipescu D.M., 40
Folomeev V., 13
Fomichev A.S., 25, 41
Frants E.V., 105
Freer M., 47
Fujihara Y., 145
Fujita Y., 145
Gabdullin M.T., 89
Gagarsky A.M., 21
Gainutdinova R.D., 24
Galkina E.I., 42
Gall B., 42
Gapurova O.U., 177,
Garipov I.T., 177,
Gazeeva E.M., 25, 41
Getiya S., 243
Giniyatova S.G., 97
Gledenov Yu.M., 16
Gluchshenko N.V., 27, 38
Goldberg V.Z., 35
Goncharov S.A., 33
Gorshkov A.V., 25, 41
Gradoboyev A.V., 101

Grebenshchikova A.B., 187
Grigorenko L.V., 22, 25, 41
Guohui Zhang, 16
Gusev A.A., 45
Guven O., 94
Hajiyev H.M., 246
Hamada Sh., 30, 43
Haoyu Jiang, 16
Harakeh M.N., 28
Harca I.M., 40
Hattar K., 101
Hauschild K., 18, 42
Hirst Ch., 101
Honma M., 36
Hori J., 145
Hutanu V., 21
Ibadullayev D., 28, 50
Ibrayeva A.D., 103
Ikromkhonov E.Sh.
Imash A.A., 95
Isaev A.V., 18, 42
Isgandarova L.E.
Ismailova A.N., 22
Ismayilova P.I., 104
Ismayilova R.S., 98
Issadykov A., 13
Issatayev T., 28, 43
Itkis I.M., 40, 42
Itkis M.G., 40
Ivanov M.A., 45
Izosimov I.N., 18, 31, 69, 173,
Janseitov D.M., 28, 33, 34, 43
Jia H.M., 44
Joulakian B.B., 48
Kalikulov O.A., 147
Kalybay Zh., 35
Kalzhigitov N., 19
Kaminski G., 25, 41
Karakozov B.K., 10, 30, 43
Karakhodjaev A.A., 15
Karakhodzhaev A.A., 26, 46
Karatash H.M., 147
Karimov K.A., 24
Karipbayev Zh., 103
Karpov A.V., 42
Karsli Ö., 30
Kayumov M.A., 15, 46
Kemelzhanova S.E., 11, 20, 23
Kemper K.W., 43
Khafizov M., 95
Khankishieva R.F., 104
Khaydarov R.R., 177,
Khojayev R., 27, 34, 38, 39
Khujaev S., 148
Khuukhenkhuu G., 16
Kim A.A., 240, 241
Kirakosyan V.V., 40
Kiselev O., 25, 41
Klenke J., 21
Knyazheva G.N., 40, 42
Kohout Z., 16
Kombibah B., 101
Kopatch Yu.N., 21
Korenkov V., 18
Korneeva E., 103
Korobeinikov M., 242
Korshunova A.N., 274
Korolkov I.V., 91, 94, 245
Koshcheev G.O., 48
Koshkinbayeva A., 95
Kostunin D., 11
Kostyleva D.A., 25, 41
Kozlov M.Yu., 25, 41
Kozlov S.O., 246
Kozlovskiy A.L., 93, 93
Kozulin E.M., 40, 42
Krassovitskiy P.M., 44
Kroha V., 28
Krupa L., 16
Krylov S.V., 24
Kucerka N., 89
Kulabdullaev G.A., 14, 240, 241
Kuldjanov B., 183
Kuliev M.M., 98
Kumar D., 40, 42
Kumar Prajapat R., 40
Kumar R., 40
Kunakov S.K., 15, 95
Kungurov F.R., 148
Kuterbekov K.A., 28
Kutmii D., 186,
Kurbanov U.T., 96
Kurmangaliyeva V.O., 19
Kucuk Y., 30
Kuznetsova A.A., 18, 42
Kuznetsov D.A., 28
Kylyshkanov M.K., 105
Lakhno V.D., 242, 274
Lebedev I., 32
Leonova T.I., 33
Lin C.J., 44
Lissovsкая L.I., 245
Lopez-Martens A., 42
Ludzik K., 245
Lukyanov S.M., 28, 43
Madatov R.S., 102
Maiti M., 40
Makarova A.-M., 187
Makhmutov V.S., 48
Malikov Sh.R., 99
Malyshev O.N., 18, 42
Mamatova M., 97
Mamatkulov K., 89
Mamajusupova M.I., 21, 46
Mamishova R.M., 102
Markov N., 243
Masalovich S., 21
Mashentseva A.A., 88, 100, 104
Maslov V., 43
Mauey B., 25, 26, 30, 33, 41
Mayorov K., 243
Mazhit Z., 32
Mendibaeva A.Zh., 100
Mendibayev K., 28, 43
Merola M., 149
Middlemas S., 101
Minor A., 101
Mitu A., 40

Morzabayev A.K., 30,48
Moshat P., 42
Mrazek J., 28
Mukha I., 25,41
Mukhin R.S., 18,42
Mukhamejanov Y.S., 34,40,42,147
Mukhametkaliuly A., 147
Muminov B., 95
Mutali A.K., 103
Mutalip A., 89
Mustafayev I.I., 246
Muslimova I.B., 91
Musulmanbekov G., 34
Muzalevskii I.A., 25,41
Nadirbekov M.S., 19
Nakipov D.A., 147
Nashekina E., 93
Nassurlla Marzhan, 26,27,30,38,43
Nassurlla Maulen, 26,27,30,34,38,39,43
Nauruzbayev D.K., 35
Naymushin A., 243
Nazarov E., 173,
Nazmitdinov G., 44
Nebesny A.F., 240,241
Nesterov E., 243
Nikiforov S.V., 103
Nikolskii E.Yu., 25,41
Novikov K.V., 40,42
Novikova N.M., 172,177,185
Novitsky V.V., 21
Nurekeyev Z., 95
Nurlan K., 16, 88
Nurmakhan A.E., 100,104
Nurmukhanbetova A.K., 35
Odsuren M., 17
O'Connell J.H., 95, 103
Olejniczak A., 97
Orlov V.A., 246
Ostroukhov A.A., 42
Pak A., 242
Palvanov S.R., 21,46
Palvanova G.S., 21,46
Pan A.N., 40,42
Parfenova Yu.L., 25,41
Pchelintsev I.V., 40
Penionzhkevich Yu.E., 28,43
Philippova O.S., 187
Piatek W., 25,41
Piasecki E., 26
Pivovarov A.A., 17
Plissak R.P., 172,175,177,180,183,184,185
Plissak S.V., 172,175,177,180,183,184,185
Podoinikov M.A., 105
Polevik V.V., 179,183,
Polyakov A.N., 28,246
Popeko A.G., 18,42
Popov Y.A., 18,42
Poyda A.A., 246
Prozorova I.V., 146
Pushpendra P. Singh, 42
Pyshkina M., 173,
Quynh A.M., 25,41
Rachkov V.A., 42
Ramazanov A.H., 21
Ramazanov T.S., 89
Ramankulov Sh.Zh., 34
Rogov A., 243
Roslon K., 38
Rusek K., 26
Sabidolda A., 27,34,38,39,43
Sadkin V., 243
Saduakassova A., 243
Saduyev N.O., 147
Sadykov B.M., 25
Sagimbayeva N., 22
Sailaubekov B.S., 42
Sakuta S.B., 26,27,30,38,43
Sangaa D., 90,92
Sano T., 145
Sansarbayar E., 16
Sarkar G., 40
Sarsembayeva A., 17
Sarsembay A., 17
Sashova N., 243
Sedov A.N., 147
Seki M., 145
Serikkanov A., 32
Schetinin V.N., 25,41
Schlattauer L., 28
Serikbayeva G., 35
Serikov A., 25,41
Shaimerdenov A.A., 147
Shakayeva A.Kh., 91
Shakhov A., 43
Sharov P.G., 22,25,41
Shinbulatov S.K., 147
Short M., 101
Shtarklev E., 242
Shubin V., 28
Shumeiko M., 50
Shumskaya A.E., 245
Sidorchuk S.I., 25,41
Sidorov V., 242
Sidorov Ya.V., 11,20,23
Sikolenko V., 90,92
Slepnev R.S., 25,41
Sohatsky A.S., 103
Sokol E.A., 18,42
Solar M., 16
Skakov M.K., 101,146
Skuratov V.A., 95,97,103
Starastsin V.I., 33
Stasyuk E., 243
Stepantsov S.V., 25,41
Strashnov I., 173
Subbotin V.G., 28
Suematsu H., 145
Sukhikh E.S., 240
Suzuki T., 35,145
Svirikhin A.I., 18,42
Swiercz A., 25,41
Sykora R., 16
Szymkiewicz P., 25,41
Takibayev N.Zh., 19
Tanaka M., 13
Tatarchuk V.A.
Taukenova A., 17
Temiraliev A., 32

Ter-Akopian G.M.,25,41
 Tezekbayeva M.S., 18,42
 Tikhomirov R.S., 40
 Tkachenko V.,242
 Tleubay I., 93
 Todjibaev H., 46
 Tojiboev Kh.R.
 Tojiboev O.R., 15,26
 Toktamyssova M.T.,89
 Trzaska W.H.,28, 40
 Trzcinska A.,26
 Tsuchiya K.,145
 Tsyganov Yu.S.,28,50
 Tulekov Ye.A., 48
 Tursumbekov A.Sh., 11,20,23
 Tursunmakhatov K.I.,12,26,44
 Tyulemissov Zh.,13,49
 Udartsev S.V., 105
 Urazbekov B.,28
 Urkinbayev A.,39
 Ushakov V.L.,246
 Ussabayeva G.,25
 Ussenov Y.A.,89
 Utegulov Z.N.,95
 Utey S.B., 147
 Uzikov Yu.N.,37
 Valieva S.A., 104
 van Vuuren A.J., 95,103
 Vanzha S., 186
 Vardaci E.,40
 Vasilevsky V.S.,19
 Vasilyev A., 173,
 Vasyanovich M., 173,
 Vechkutov A.N., 105
 Vinitsky S.I.,44
 Voinov A.A.,28
 Volkov M.K.,17
 Volya A.,35
 Vorobiev I.V.,40
 Vorobyeva M.,89
 Voronin L.,242
 Wang Y., 95
 Wen P.W.,44
 Werner D.,175,184,
 Wilhelm I.,16
 Wolinska-Cichocka M.,26
 Wolski R.,25,41
 Yang Y., 101
 Yarmukhamedov R.,12,26,44
 Yeremin A.V.,18,42
 Yerezhep N.O.,147
 Yergaliuly G.,30
 Yerkhov V.I.,48
 Yeszhanov A.B., 91, 94
 Yildiz H.,30
 Yilmaz Alan H.,30
 Yoshinaga H.,145
 Yuldashev D.O.,240,241
 Yushkov A.V., 176, 179,
 Zalewski B.,25,41
 Zaripova Yu.A., 176, 179,
 Zazulin D.M.,11,20,23,27,38
 Zenkov K.V., 105
 Zdorovets M.V., 91, 94, 103,103,245

Zheng G., 101
 Zherebchevsky V.I., 179,
 Zhilkashinova Al.M., 101
 Zhilkashinova As.M., 101
 Zholdybayev T.K.,25,28,35
 Zhou W., 101
 Zhukov M.V., 22,25,41
 Zhumadilov K.Sh., 16,240
 Zibert A.V.,245
 Zolotaryova V.,16
 Zorin B.L., 105
 Zvonarev S.,103
 Zyma G., 186

Өбдіқали Ж.Н., 78
 Өскербеков С.К., 161, 167, 168
 Абдаминов А.Б., 106
 Абдраманова Г., 61, 62
 Абдуллин Х.А., 155
 Абдушукуров Д.А., 193
 Абишева М.Т., 216
 Абыев Г.А., 130
 Авдеев М., 108
 Агеева Т.И., 230
 Адизов С.М., 252
 Адилова Л.М., 189
 Азнабаев Д.Т., 54, 55
 Айдарханов А.О., 217, 218, 226
 Айдарханова А.К., 188, 217, 218, 237
 Айткуллов М.Т., 152, 156
 Акаев С.О., 126
 Акилбеков А.Т., 118
 Аксенова Т.И., 109
 Алдабергенова Т.М., 143
 Алексанян Э. М., 121
 Алиев Н.Ш., 130
 Алиева Г.Ж., 60, 63
 Алимов Д.К., 63
 Аллаберганова Г.М., 191, 224, 225
 Амангельді Н., 83
 Анаева Э.Ш., 118
 Анварова Г.Б., 193
 Андреева Н.В., 213
 Аникин М.Н., 251, 266
 Анталиқ С., 57
 Ануфриев А.В., 137, 139
 Аргымбек Б.К., 131
 Артемов С.В., 72
 Арутюнов И.А., 206
 Арутюнян В.В., 121
 Асылбаев Р.Н., 118
 Атантаева Б.Ж., 265
 Афанасьев Д.В., 253
 Аханов А.М., 151, 156
 Ахметжанова Д.С., 219
 Ащрапов У.Т., 206, 223, 257
 Ащуров М.Х., 122
 Бадалян А.О., 121
 Базарбаев Н.Н., 220
 Байгарашев Д., 58
 Байгонов М.Т., 117, 143
 Баймурзинова Б.С., 71
 Байрамов М.Н., 130
 Байсанов О.А., 221, 229
 Бакболат Б., 142
 Бакланов В.В., 140, 155
 Бактыбаева Д.Б., 142
 Балхибаев А. Ж., 257
 Банных В.И., 261, 264
 Баубекова Г.М., 118
 Бахранов О.О., 54, 72
 Бахышова К.З., 123
 Бедельбекова К.А., 195
 Бейсебаев А.О., 152
 Бейсенова Е.Е., 156
 Бекбаев А.К., 53
 Бексултанов Ж.И., 261, 264
 Белихина Т.И., 265
 Белуш О.Л., 215
 Берікхан Қ.Ә., 233
 Бигалиев А.Б., 189
 Бигельдиева М.Т., 76, 250, 258
 Бияхметова Д.Б., 226
 Бияшева З.М., 250
 Блынський П.А., 167, 208
 Бойбобоева С.Т., 122
 Бондарь Е.А., 65, 75, 112
 Бочков В.С., 154, 156, 159
 Бредихин И., 84, 207
 Брионе П., 57
 Брицкий В.А., 151, 169
 Бруква А.Е., 170
 Бугыбай Ж.Т., 152, 156
 Букина О.С., 140
 Булавин М.В., 120
 Буртебаев Н., 51, 58, 83
 Буртебаева Д.Т., 64
 Бурханова М.Н., 189
 Быстряков Ю.К., 249, 267
 Быченко А.Н., 192, 234
 Ваганов Ю.А., 81
 Валиолда Д.С., 54
 Варывдин Ю.В., 203
 Васильев А.В., 153, 209
 Васильев С.А., 151
 Васильевский И.С., 120
 Ваянович М.Е., 209
 Вдовин А.И., 67
 Верецк М.Ф., 113, 125
 Виноградов А.В., 159
 Вишнякова И.Г., 249
 Володин В.Н., 132
 Воронова Н.А., 138
 Вурим А.Д., 166
 Габдуллин М.Т., 134
 Габелков С.В., 129, 136
 Галл Б., 57
 Гапурхаева Т.Э., 254
 Гарнер Ф.А., 139
 Гасьмова А.И., 115
 Гетманский В.В., 128
 Гизатуллин Ш.Х., 152, 158, 167
 Гладких Е.В., 106
 Гладких Т.М., 250, 258
 Гладышев П.П., 133
 Глуценко В.Н., 200, 215, 219, 230, 236
 Глуценко Г.М., 215, 231
 Глуценко Н.В., 237
 Гньря В.С., 151, 169
 Голота И.К., 119
 Гонс З., 81
 Гончаров П.В., 72
 Гордиенко Ю.Н., 154, 155, 156, 159, 161, 169
 Горлачев И.Д., 231, 232
 Гофман А.А., 203
 Градобоев А.В., 140, 226
 Гурип А.Н., 249, 253, 262
 Гурская А.В., 82, 137, 139
 Гусакова Г.В., 203
 Гусев М.Н., 139

- Гусейнова Л.Р., 135
 Данько И.В., 263
 Даулбаев Ч.Б., 142
 Деникин А.С., 80
 Джаканова М.Т., 259
 Джаманбаланова Н.А., 262
 Джансейтов Д.М., 54, 80
 Дженбаев Б.М., 234
 Диков А.С., 117, 141
 Дикова Л.А., 143
 Дмитриев А.Ю., 190
 Дмитриева Е.А., 65, 75, 112
 Долгополов М.В., 82, 137, 139
 Долин В.В., 129
 Дорво О., 57
 Дорн А.А., 203
 Дорошенко А.А., 206
 Дуйсебаев Б.А., 64
 Дьяченко А.Т., 69, 70, 77
 Дьячков В.В., 58, 76, 250, 258
 Дюсамбаев Д.С., 152, 156
 Дюсембаева М., 232
 Дюсембекова С.Б., 133
 Егизбек К.Б., 124
 Екидин А.А., 153, 209
 Ердаулетов М., 108
 Ерёмин А.В., 57
 Ержигитов Ж.Е., 54
 Ерланулы Е., 134
 Ерхов В.И., 83
 Есболатова Н.С., 265
 Ескалиев А.Р., 269
 Жаканбаев Е.А., 132, 141
 Жаксимуратов И.Ж., 128
 Жамалдинов Ф.Ф., 233
 Жанаева С.Ж., 254
 Жанболатов О.М., 166
 Жанболатова Ф.К., 140
 Жаугашиева С.А., 54
 Жаутыков Б.О., 59
 Желтов Д.А., 192, 231, 234
 Жиганюк И.В., 129, 136
 Жижин К.Д., 212
 Жолболдиев Б.Т., 234
 Жолдыбаев Т.К., 60, 63, 64, 151
 Жуков В.В., 66
 Жумадилов К.Ш., 125
 Жунусова Ж.Х., 72
 Зазулин Д.М., 74
 Замятин Н.И., 57
 Зарипова Ю.А., 58, 76, 250, 258
 Заурбекова Ж.А., 155, 156, 162, 167, 168, 169
 Захарова П.С., 106
 Захс Д.В., 269
 Зейнулла Ж., 55, 56
 Зенков К. В.
 Зима Г.В., 150
 Зиновьев В.Г., 266
 Зубарева М.В., 163
 Зубко А.В., 129
 Зуфаров М. А., 227
 Ибрагимова Н.А., 253, 254
 Ибраимова С.А., 65, 75, 112
 Иванов И.А., 117
 Игнатъев А.Д., 151
 Идинов М.Т., 256
 Идрисова Т.К., 66
 Изосимов И.Н., 57
 Имамбеков О., 61, 62
 Иркимбеков Р.А., 166
 Исаев А.В., 57
 Исамов Н.Н., 213
 Исатаев Т., 55
 Исатов А.Т., 79
 Исмагилов М.Ф., 223
 Исмаилова А., 69
 Исматов Н.Б., 106, 252
 Йулдашев С.К., 220
 Кабдыракова А.М., 218
 Кабирова Г.М., 193, 194, 214, 234
 Кадыржанов К.К., 161
 Кайзер М., 131
 Калабаева М.К., 249
 Калиева А.К., 132
 Калинин В.Г., 81
 Кантарбаева Д.О., 59
 Капустин И.А., 209
 Карабаева Р.Ж., 268
 Карамбаева И.С., 155, 156, 159
 Караходжаев А.А., 72
 Карпов А.В., 77
 Касымов А.Б., 256
 Кашайкин П.Ф., 151, 169
 Кемелжанова С.Е., 74
 Кенжебаева А., 142
 Кенжин Е.А., 161, 162
 Кенжина И.Е., 168
 Кенжина Л.Б., 226
 Керейбай Д., 58
 Керимкулов Ж.К., 60, 63
 Керимкулова Ж.У., 233
 Кессаси К., 57
 Кинев В. А., 133
 Китс Р., 236
 Киселев К.С., 152
 Кислицин С.Б., 126, 143
 Кобегенова С.С., 189
 Кобец В.В., 81, 85, 170
 Кодиров А., 193
 Кожяхметов Е.А., 140
 Козленко Д.П., 131
 Козловский А.Л., 119, 121, 124, 125
 Корбут Т.Н., 163
 Кореньков В., 51
 Кошжанов А.Т., 202, 208, 219
 Кравчук К.С., 106
 Красикова Р.Н., 262
 Красноперова М.В. 192, 202, 208, 214, 215, 236
 Красноштанов А.В., 254
 Красовицкий П.М., 75
 Кривицкий П.Е., 218
 Кривченко В., 108
 Крошкин Е.Н., 223
 Круглыхин А.А., 203
 Крячко И.А., 85, 170
 Кудлай В.Г., 136
 Кудратов Х.Н., 257

- Кузнецов В.К., 213
 Кузнецова А.А., 57
 Кузьменкова Н.В., 228
 Кулаков А.В., 249, 253, 262
 Кулакова Е.К., 262
 Кульсартов Т.В., 151, 155, 161, 161, 162, 167, 167, 169
 Кундузбаева А.Е., 218
 Купчишин А.И., 138
 Курбаков Д.Н., 198
 Кылышканов М.К., 203, 228
 Лаба М.Н., 261
 Лаврикова Р.Г., 237
 Ларионов А.С., 141
 Ларионова Л.Н., 197, 216
 Ларионова Н.В., 201, 217, 218, 237
 Лебедев И.А., 65, 75, 112
 Лебедев И.И., 251, 266
 Левашов М.А., 200, 215, 234
 Ленник С.Г., 190, 193, 194, 195, 214, 219, 234
 Летов А.Г., 85
 Леценко Н.А., 201
 Ли Р.А., 196
 Лопез-Мартенс А., 57
 Лукашенко С.Н., 198, 204, 218, 232
 Лукьянов С.М., 55
 Лю М.Б., 253, 254
 Люгай Е.А., 269
 Ляхова О.Н., 218
 Мадатов Р. С., 117
 Мажитова Е., 51
 Майоров К.В., 255
 Макарова В.А., 219
 Максимкин О.П., 109, 116, 127
 Маликов Ш.Р., 223, 257
 Малышев О.Н., 57
 Мамедли Ш.М., 133
 Мамедов А.Х., 133
 Мамедов Д.Ш., 133
 Мамедова Г.А., 133
 Маммадова А.Ш., 115
 Мамырбаева А.С., 237
 Мамытбеков Г.К., 205, 222, 264
 Манакова И.А., 113, 125
 Манашова М., 57
 Мансурова М.Е., 72
 Маркс Н., 236
 Маслов В.А., 55
 Матиенко Л.Д., 215, 219, 231
 Махкамов Ш.М., 272, 273
 Махмутов В.С., 83
 Махмудов С.К., 54
 Махмудов Ш.А., 128, 272
 Медведева З.В., 249, 253, 262, 267
 Мележик В.С., 54
 Мельник Е.В., 55
 Мендибаев К., 55
 Мережко Д.А., 127, 139
 Мережко М.С., 127, 139
 Меркель А.И., 201
 Миратова А.М., 233
 Мирзаев Б.Б., 206
 Мирхаджи Д.В., 194, 214
 Митропольский И.А., 70
 Митрофанов С.В., 79
 Моренко В.С., 196, 215, 219, 230, 236
 Морзабаев А.К., 83
 Мошати П., 57
 Музафаров А.М., 191, 224, 225
 Мукан Ж., 60, 63, 238
 Муллағалиева Ф. Г., 227
 Муминов И.Т., 220
 Муминов Т.М., 54
 Мурзалинов Д.О., 112
 Мухин Р.С., 57
 Мухтаров А.П., 113
 Мырзабаева М., 62
 Набиева А.Н., 114
 Надир А., 62
 Наймушин А.Г., 251, 255, 266
 Накипов Д.А., 158
 Напольский Ф., 108
 Нарзуллаев Э.С., 268
 Насонова Е.А., 248
 Насурлла М., 58, 60, 64
 Нестеров В.П., 206, 223
 Нестеров Е.А., 161, 161, 162, 168, 255
 Никитин А.А., 106
 Нитрян А.И., 212
 Нишионов Ш.Ж., 199
 Нормуродов А.Б., 273
 Нуриев М.А., 115
 Нурийтинов И., 111, 122, 127
 Нуркасова А., 248
 Ойнар Э.М., 202
 Оразғалиев Н.А., 140
 Орақова М.С., 202
 Ососков Г.А., 72
 Отставнов М.А., 116
 Парпиев А. С., 128
 Павлов С.С., 190
 Пан А.Н., 64, 83
 Панов А.В., 204
 Партыка Я., 126
 Пархомчук П.Е., 136
 Пенионжкевич Ю.Э., 56
 Пепельшиев Ю.Н., 152, 159
 Перевощииков Л.Л., 85, 170
 Петенко И.А., 137
 Петраков Д.С., 122
 Пискаль С., 66
 Покровский Н.С., 59
 Полевик В.В., 218
 Поликина Е.Н., 197, 2016
 Понкратов Ю.В., 151, 154, 155, 156, 159, 161, 169
 Пономарева Т.С., 197
 Понтак К.А., 233
 Попеко А.Г., 57
 Попов Ю.А., 57
 Пузырная Г.В., 137, 139
 Пышкина М.Д., 153
 Раденко В.В., 82
 Раджапов Б.С., 227
 Раджапов С.А., 227
 Раимканова А.М., 188
 Рамазанов Т.С., 134
 Расулова Ф.А., 85, 170

Рахманов С.Дж., 128
 Резвая Е.П., 72
 Рогов А.С., 255
 Рожкова А.К., 228
 Розов С.В., 85, 170
 Романова Н.К., 152
 Рофман О.В., 116, 117, 139
 Рузиев Э.Т., 72
 Руми Р.Ф., 54
 Рыскулова Г.О., 259
 Рябов В.А., 66
 Савенко Б.Н., 131
 Савинцева Ж.И., 269
 Садиков И.И., 164, 199, 206, 211, 223
 Садикова З.О., 210
 Садкин В.Л., 168, 255
 Садуакасова А.Б., 249, 260, 268, 269
 Садыглы Л.Е., 123
 Садыков Б.К., 263
 Садыков Б.М., 60, 63, 64
 Садыков Т.Х., 59, 66
 Садыков Ш.Ш., 269
 Саидахмедов К.Х., 111, 127
 Саидов Р.П., 106
 Сайко В.В., 77
 Сайлаубеков Б., 57
 Сайранбаев Д.С., 167
 Сакута С.Б., 64
 Салехов А.Х., 133
 Сальменбаев С.Е., 233
 Самарханов К.К., 154, 156, 159, 169
 Сандыбаев М.Н., 265
 Санжарова Н.И., 213
 Сарсенгалиев Т.И., 268
 Саттиев А.Р., 272
 Сатышев И., 51, 83
 Свирихин А.И., 57
 Севериненко М.А., 202, 215, 219, 234
 Селлам А., 57
 Семенов С.Л., 151
 Середавина Т.А., 238
 Сержанова З.Б., 188
 Сивачек И., 56
 Сидоров Я.В., 74
 Скаков М. К., 140, 226
 Скакова Г.А., 259
 Скворцова Т.Ю., 269
 Скорбун А.Д., 136
 Скуридин В.С., 255
 Сляднева В.Н., 196
 Смирнов А.А., 85
 Смирнов В.И., 55
 Смихан Е.А., 125
 Смольников Н.В., 251, 266
 Соколев Ю.Г., 56
 Сокол Е.А., 57
 Соколенко Е.К., 190, 195
 Соколов И.А., 140, 154
 Солодухин В.П., 190, 193, 234
 Спивак-Лавров И.Ф., 221, 229
 Стасюк Е.С., 255
 Стебельков В.А., 200, 212
 Стегайлов В.И., 81, 85, 170
 Степанова О.А., 256
 Стукалов С.С., 55, 56
 Сулайманов Н.Т., 273
 Султанов Ф.Р., 142
 Сумхуу Д., 159
 Сураев А.С., 166
 Суслов Е.Е., 113
 Сушков А.В., 81
 Сушкова Н.С., 238
 Сысоева Е.С., 201
 Тагиев Т. Б., 117
 Тажиббаева И.Л., 159, 161
 Таиметов М.Ю., 106, 206, 252, 272, 273
 Тезекбаева М.С., 57
 Темір А., 125
 Тетерев Ю.Г., 79
 Тимурова Д.Б., 214
 Ткачев Л.Г., 83
 Тлеубергенов Ж.К., 113, 125
 Тлеулесова И.К., 260
 Тогаев Б.С., 220
 Токсанбаев Б.Ж., 208
 Толенова А.У., 161, 162, 167
 Томашук А.Л., 151
 Томсон А.В., 198, 204, 213
 Торебеков А.К., 208
 Тузова Т.И., 235
 Тулеков Е.А., 83
 Туленбергенов Т.Р., 140, 154
 Тулебаева Р.К., 233
 Тулеушев Ю.Ж., 132
 Тулубаев Е.Ю., 154, 155, 156, 159, 169
 Туракулов С.А., 52
 Турганбай С., 253
 Турсумбеков А.Ш., 74
 Турсунов Э.М., 52
 Турченко Д.В., 203
 Тютюнников С.И., 81, 85, 157, 170
 Умаров М.А., 203
 Умарова Ф.Т., 273
 Умирзаков Э.А., 220
 Уразбеков Б.А., 80
 Уринбаева Г.Т., 229
 Усабаева Г., 60, 63
 Усаров З.О., 199
 Усманов П.Н., 67
 Усманов Т.М., 210, 211
 Усманова С.А., 113
 Утебеков Ж.Е., 269
 Федосимова А.И., 65, 75, 112
 Филиппова Л.Н., 196, 215
 Философов Д.В., 81
 Хажиев Л.О., 199
 Халигзаде А. Ш., 117
 Халиков Р.Х., 54
 Хамдиева О.Х., 250
 Ханкишиева Р.Ф., 133
 Харкин П.В., 192, 202, 208, 215, 231, 232, 236
 Хаишаи А., 131
 Хидиров И., 128
 Хлебникова И.А., 228
 Ходжаев Р., 58, 63
 Холбаев И., 54, 191, 220, 224, 225
 Холмедов Х.М., 272
 Холов Д.М., 191, 224, 225

Хошилд К., 57
Хромущин И.В., 109
Цай К.В., 109, 116
Цирков Д.А., 71
Цогтсайхан Ц., 152
Чакрова Е.Т., 249, 253, 262, 267
Чан Т.Н., 81, 85
Челноков М.Л., 57
Чепигин В.И., 57
Чепурнов В.И., 137, 139
Чернов В.И., 255
Чикова И.В., 255
Чиколовец С.А., 136
Чипура А.С., 82
Чихрай Е.В., 155, 161, 161, 167, 167
Шаймерденов А.А., 151, 152, 158, 167
Шаймуратов Ф.И., 193
Шакун Н.Г., 81, 85, 170
Шарахметов С., 189
Шарипов С.У., 229
Шаров П.Г., 69
Шаханова Г.А., 160
Шахов А.В., 55
Швырев С.И., 230
Шевченко Ю.С., 201
Шелихова Е.А., 255
Шимшиков Б.Е., 189
Ширикова Н.Ю., 81
Шмыгалева Т.А., 138
Шоканов А.К., 113, 125
Шоманов А.С., 72
Шугаева Т.Ж., 221
Шукярова А.А., 115
Шутик А.А., 204
Ыдырышева С.К., 214
Ыскаков А., 120
Эдомская М.А., 198, 204
Эргашев О.С., 257
Эрдонов М.Н., 272
Эсанов З.У., 127
Эшназаров А.И., 54
Юлдашев Б.С., 85, 170
Юлдашев М.Б., 223, 257
Юсупов Э.К., 67
Юшков А.В., 58, 76, 250, 258
Ярматов Б.Х., 210, 211
Яровчук А.В., 109, 116
Ярошенко Н.Н., 203, 228
Яскевич В.С., 223

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 978-601-08-1370-0

III Международный научный форум «Ядерная наука и технологии» (13-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 2-я Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве», 5-я летняя школа МНТЦ-ЦЕРН-ОИЯИ-Казахстан по физике высоких энергий, ускорительной технике, ядерной и радиационной физике, ядерной медицине; 11-й Семинар по развитию Центрально-Азиатских баз данных по ядерным реакциям): Тезисы докладов. – Алматы: РГП ИЯФ, 20-24 сентября 2021г. – 304 с.

III International Scientific Forum "Nuclear Science and Technologies" (13th International Conference "Nuclear and Radiation Physics", 2nd International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture", 5th ISTC-CERN-JINR-Kazakhstan Summer School on High Energy Physics, Accelerator Technologies, Nuclear and Radiation Physics, Nuclear Medicine; 11th Workshop "Central Asian Nuclear Reaction Database Development"). Abstracts: – Almaty: RSE INP, September 20-24, 2021. – 304 p.

© РГП «Институт ядерной физики», 2021

**РГП «Институт ядерной физики»
Министерство 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**