

**I. Preamble**

The Chair of the PAC for Nuclear Physics, M. Lewitowicz, presented an overview of the implementation of the recommendations taken at the previous meeting.

JINR Vice-Director S. Dmitriev informed the PAC about the resolution of the 128th session of the JINR Scientific Council (September 2020) and the decisions of the JINR Committee of Plenipotentiaries (November 2020).

The PAC is pleased to note that the recommendations of the previous PAC meeting concerning JINR research in the area of nuclear physics were accepted by the Scientific Council and the Directorate.

The PAC thanks V. Matveev for his outstanding contribution to the development of JINR and congratulates G. Trubnikov on his election as Director of JINR.

**II. Status of the first experiments at the SHE Factory and its scientific programme**

The PAC heard the report on the first experiment at the Factory of Superheavy Elements (SHE) in FLNR JINR presented by V. Utyonkov. The experiment was conducted with the DGFRS-2 separator and aimed at synthesis of isotopes of element 115 (moscovium) in  $^{48}\text{Ca}+^{243}\text{Am}$  reaction. Over 30 decay events of  $^{288}\text{Mc}$  and  $^{289}\text{Mc}$  isotopes were observed during the three-week experiment, which nearly doubled the statistic for these isotopes gathered at the U-400 accelerator complex for the period from 2003 to 2012.

The experiment particularly aimed at demonstrating the capabilities of the SHE Factory. As a result, a high background suppression was achieved in the focal plane of the separator, — which is of great importance for registering decay events of long lifetimes. The abovementioned resulted in the first-ever recording the observation of  $^{268}\text{Db}$  alpha-decay subsequently transiting to a new spontaneous fission  $^{264}\text{Lr}$  isotope. The further programme for experiments at the SHE Factory provides for the increased intensity of  $^{48}\text{Ca}$  beams on targets to 3.0–5.0  $\mu\text{A}$  (completion of works on creation differential pumping and transition to larger targets). It also includes experiments on the synthesis of FI isotopes in the  $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$  reaction, as well as the development of acceleration of  $^{50}\text{Ti}$  ions to prepare the experiments for the synthesis of elements 119 and 120.

Recommendation. The PAC congratulates the FLNR team on the successful launch of the implementation of the SHE Factory experimental programme. The PAC recommends that the work on the development of the differential pumping system at the DGFRS-2 separator and the higher dimension target wheel, which will make experiments with extremely high-intensity beams possible and achievable in the shortest time.

The PAC looks forward to being further informed on the development of the SHE Factory complex, which is one of the flagship JINR projects, and on the results of the experiments-in-progress at next meetings.

### **III. Results of the first experiments with the ACCULINNA-2 fragment separator**

The PAC heard with great interest a report on the results of the first experiments at the ACCULINNA-2 fragment separator aimed at studying extremely neutron-rich nucleus  ${}^7\text{H}$  in the  ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^3\text{He}){}^7\text{H}$  reaction presented by V. Chudoba. These experiments are very challenging. As a consequence, statistics and cross-sections are not high, however, the ACCULINNA-2 experimental group put measures in place to address some of these problems in the most efficient way. As a result, the analysis allowed the authors to conclude the observation of the ground and excited states of  ${}^7\text{H}$ , and also other excited states in exotic nuclei like  ${}^7\text{He}$ ,  ${}^9\text{He}$ ,  ${}^{10}\text{Li}$ , were investigated and are currently under analysis for reporting in the future.

Recommendation. The PAC looks forward to the completion of data processing and the results of other experiments carried out at ACCULINNA-2 before the shutdown of the U-400M accelerator. The PAC recommends continuation of this experimental programme and looks forward to the new results that will be presented at future meetings.

The PAC ranked the ACCULINNA-2 experimental programme in category "A".

### **IV. New project on modernization of the EG-5 accelerator**

The PAC heard a proposal to open a new project "Modernization of the EG-5 accelerator and development of its experimental infrastructure" presented by A. Doroshkevich. The project contains detailed information on the schedule of work, human resources and funding, as well as a SWOT analysis. The PAC notes the exceptional importance of the EG-5 for JINR as one of the most important installations of its class.

Recommendation. The PAC recommends opening in 2022 the new project for modernization of the EG-5 accelerator and its experimental infrastructure under the theme "Investigations of neutron nuclear interactions and properties of the neutron" for one year. The funding of the project for 2022 is to be provided within the budget of the current Seven-Year Plan for the Development of JINR. The project can be continued for two more years depending on the available funding.

The PAC ranked the project in category "B".

**V. New project: "BECQUEREL"**

The PAC heard a report on the BECQUEREL project presented by P. Zarubin. The project is aimed at studying the dissociation of relativistic nuclei by means of nuclear track emulsion (NTE). The fragmentation of nuclei into stable and radioactive isotopes was studied in the experiment at the Nuclotron. Various isotopes and multiple direct decays were observed and associated with the ensemble of light nuclear fragments and interpreted as the decay of Hoyle states. Education of young scientists is an important part of the project. The finalized data analysis allowed several young researchers to defend their PhD theses. The realization of the plans for data processing automation is expected to result in a significant increase in the statistics. However, since the last presentation, no many new results were shown and only one new publication appeared. The report is also lacking a clear identification of the flagship experiment.

Recommendation. The PAC recognized the uniqueness of the NTE technique for the measurements of charged particles at relativistic energies, however, in comparison with other techniques is seen to be less competitive. Therefore, the BECQUEREL project is ranked by the Committee in category "C".

**VI. Extension of the project: "E&T&RM of SNF"**

The PAC heard a report on the project "Research of deeply subcritical accelerator-driven systems and features of their application for energy production and transmutation of the waste nuclear fuel" presented by E. Levterova. The project is dedicated to the study of reactions in the uranium target exposed to beams of deuterons and protons at the Phasotron. Interesting results on observation of high-energy and high-intensity neutron emission from the surface of the nuclear assembly, which could be used for the transmutation of spent nuclear fuel (SNF). A significant increase of the energy output due to the intra-nuclear reactions in the massive target has stimulated the plans to build an experimental facility equipped with the "quasi-infinite" target BURAN made of 20 tons of natural uranium. A broad range of nuclear data necessary to determine the optimal parameters for the innovative neutron source is anticipated.

Recommendation. The PAC considers the activity plan presented for the year 2021 too dense to be performed in one year only. Furthermore, the requested funding seems to be under-evaluated and not detailed enough. Therefore, the PAC recommends continuing the "E&T&RM of SNF" project through the year 2021 but proposes to extend the planned activity programme through 2022. A more detailed evaluation of the costs is also advised.

The PAC recommends the presentation of an upgraded project plan and a detailed evaluation of the related costs and the involved manpower at the next PAC meeting.

The PAC ranked the project in category "B".

### **VII. Extension of the theme "Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics"**

The PAC heard a report on the implementation of the theme "Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics" presented by E. Yakushev. The theme is devoted to studying rare phenomena associated with weak interaction by methods of modern nuclear spectrometry.

The theme includes the following research issues:

- studies of neutrino properties (nature, mass) by looking for 2-neutrino and neutrinoless modes of double beta-decay; search for the neutrino magnetic moment and detection of neutrino-nucleus coherent scattering;
- dark matter search;
- investigation of galactic and extragalactic neutrino sources, diffusive neutrino cosmic background, search for exotic particles (monopoles);
- search for sterile neutrinos at the reactor core of Kalinin Nuclear Power Plant;
- development of detectors.

The issues are addressed within the following projects:

- Neutrinoless double beta decay: SuperNEMO, GERDA (Legend), and MONUMENT;
- Experiments with the reactor antineutrino: GEMMA ( $\nu$ GeN) – search for the neutrino magnetic moment and neutrino coherent scattering;
- DANSS – reactor diagnostics and investigation of the neutrino properties;
- Direct search for the Dark Matter (EDELWEISS project) will be extended to the search of New Physics with neutrino coherent scattering (joint EDELWEISS-Ricochet project);
- BAIKAL-GVD project is devoted to deep-water investigations with the neutrino telescope at Lake Baikal.

Implementation of the projects is related to common approaches and resources.

In addition to the scientific staff involved in the theme, the following resources are available to carry out the scientific programme: the laboratory for the production and repair of semiconductor detectors; the laboratory for creation and production of scintillation materials for detectors; the radiochemical sector, mechanical workshops, a group of computer support, a group of mass separators and others.

The PAC is pleased to note the international recognition of the team with a highly visible contribution on hardware, simulation and analysis and its capabilities to lead or to participate in world-class experiments. The team is advised to increase the human resources dedicated to the data analysis in the main projects.

The PAC supports the general direction in which the theme is developing, when the participation in highly prestigious international projects provides an access to know-how for developing home-based neutrino experiments at the two basic facilities — the laboratories located at the Kalinin NPP and Lake Baikal.

Recommendations. The PAC recognized the importance of the Baikal-GVD as one of the JINR flagship projects. The PAC recommends extending the theme "Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics" until the end of 2024 and supports the experiments in the frame of this theme.

The PAC recommends continuation of the theme with the highest priority.

### **VIII. General recommendation of the PAC**

The PAC reiterates its strong recommendation that all proposals for new projects and requests for extension of themes or projects contain full information on required financial and human resources and SWOT analysis.

For the subsequent meetings, the PAC requests that all presentations of projects and themes be available on Indico at least one week before the PAC meeting.

### **IX. Next meeting of the PAC**

The next meeting of the PAC for Nuclear Physics is scheduled for 23–24 June 2021.

Its preliminary agenda includes:

- reports and recommendations on themes and projects to be completed in 2021;
- first experiments at the SHE Factory;
- consideration of new projects;
- scientific reports;
- poster presentations of new results and proposals by young scientists in the field of nuclear physics research.



M. Lewitowicz  
Chair of the PAC  
for Nuclear Physics



N. Skobelev  
Scientific Secretary of the PAC  
for Nuclear Physics

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

At its 123rd session, the Scientific Council approved the proposal of both PACs to have joint sessions for the evaluation of the JINR neutrino projects. Following that, on January 21, 2021, the PAC for Particle Physics and the PAC for Nuclear Physics held a joint session for the evaluation of five neutrino projects under the theme “Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics”.

Following the guidelines outlined by JINR Director G. Trubnikov, the evaluation aimed at classifying the various projects into three categories, using the scheme adopted in the previous joint session in January 2019, based primarily on the scientific merit of the project, and the performance, impact and visibility of the JINR group. For that, the project leaders were requested to answer a short common questionnaire prepared by representatives of the two PACs. Each project was reviewed by one referee from the PAC for Particle Physics and one from the PAC for Nuclear Physics. The questionnaire itself, the answers to the questionnaire and the referee reports have been uploaded to the Indico webpage of the joint session. The final evaluation of each project was made taking into account the opinions of the two relevant referees and the subsequent discussion of the project at the joint session of the two PACs.

**GERDA (LEGEND) project**

The PAC heard the report presented by K. Gusev on the GERDA (LEGEND) project dedicated to searching for the neutrinoless double-beta decay of  $^{76}\text{Ge}$  with open Ge-detectors directly immersed in liquid argon. The GERDA project is carried out at Gran Sasso in Italy by a large international collaboration.

After reaching the planned exposure of 100 kg yr, Phase II of the GERDA experiment (2015-2020) was completed. An unprecedented background level of  $5 \cdot 10^{-4}$  counts/(keV kg yr) was achieved. The analysis of the full GERDA data set of 127.2 kg yr collected in Phase I and II enabled setting a new world-best half-life limit on the neutrinoless double-beta decay of  $^{76}\text{Ge} > 1.8 \cdot 10^{26}$  years.

The impressive GERDA performance gives confidence on the feasibility of the new generation ton-scale  $^{76}\text{Ge}$  experiment LEGEND. LEGEND is foreseen to proceed in two phases as was the case for GERDA. The first phase will operate with up to 200 kg of germanium detectors inside the existing GERDA cryostat. It is planned to achieve a sensitivity of  $10^{27}$  years thus requiring to improve the present background by factor 5.

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

The full-scale project with 1 t of  $^{76}\text{Ge}$  aims for a sensitivity of  $10^{28}$  years by reducing the background by a factor 10 and then for a potential answer to the question about neutrino mass hierarchy.

Recommendation. The PAC acknowledges the important role played by the JINR group in the GERDA (LEGEND) experiments and recommends continuation of this project in 2022–2024 with A ranking.

### **SuperNEMO project**

The PAC heard the report presented by V. Tretyak on the SuperNEMO project dedicated to the search for neutrinoless double beta decay ( $0\nu 2\beta$ ) employing tracker-calorimeter techniques, which allow the reconstruction of angles and energies of the betas for each event. The long-standing participation of DLNP JINR in the first-generation NEMO-2/3 experiments has led to world-class results for the two-neutrino and neutrinoless double-beta decays of the  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{130}\text{Te}$  and  $^{150}\text{Nd}$  isotopes.

With SuperNEMO, a new generation of the detector is under construction at LSM (Modane) with a design capability of measuring of the order of 100 kg of various isotopes, for maximum sensitivity of the ultimate detector to half-lives  $T_{1/2}(0\nu 2\beta) \geq 10^{26}$  years. The “SuperNEMO Demonstrator” is the first module (out of twenty) now in commissioning phase that will be ready in 2022 to search for  $0\nu 2\beta$  decays in  $\sim 7$  kg of enriched  $^{82}\text{Se}$ . The JINR group plays an important role in the project, notably in the construction of the passive shielding, the VETO system, the calorimeter, software and data handling, and in the development of radiochemical purification methods.

Despite the achievements, the PAC notes that the present generation of the project features several years of delay, for which the group provided convincing justifications, but that anyhow hamper the potential impact of the experiment within the harsh international competition already aimed at high-sensitivity third-generation detectors exploiting Germanium and Xenon. Nevertheless, the tracking-calorimeter capability, as well as the free selectivity for any of the candidate isotopes, could make SuperNEMO contributing to the assessment of a possible  $0\nu 2\beta$  signal once found by other searches.

Recommendation. The PAC acknowledges the potentialities of the technique used by SuperNEMO and recommends continuation of this project in 2022–2024 with ranking B,

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

encouraging the proponents to set up a focused and timely productive group for the exploitation of the Demonstrator detector.

**DANSS project**

The PAC heard the report presented by Yu. Shitov on the DANSS reactor neutrino project at the Kalinin Nuclear Power Plant dedicated to the search for sterile neutrinos. DANSS safely installed a compact neutrino spectrometer near the reactor and in five years of operation during 2016–2020, registered world record statistics of four million reactor antineutrinos (one million events per year, or five thousand per day). This allowed DANSS to obtain world-class results among which:

- No significant effect of oscillations of reactor antineutrinos into sterile neutrinos after analysing most of the collected statistics (~ 3M events). As a result, the largest area (in comparison with competitors) of the parameter phase space ( $\sin^2(2\theta_{14})$ ,  $\Delta m_{14}^2$ ) of possible oscillations was excluded, including the point of the best fit of the reactor antineutrino anomaly, excluded at a level of more than  $5\sigma$ .
- Ability to monitor the reactor power with a statistical error of ~ 1.5% in two days of measurements, and to determine the composition of the nuclear fuel (Uranium / Plutonium ratio), thus confirming the applicability of the proposed technology for reactor control.

The main task of the next stage of the project is the upgrade of the DANSS-2 spectrometer with a factor of two better energy resolution, which will allow expanding significantly the tested phase space region in the search of sterile neutrino, including the region ( $\sin^2(2\theta_{14}) \sim 0.25$ ,  $\Delta m_{14}^2 \sim 7 \text{ eV}^2$ ) where the NEUTRINO-4 experiment reported a signal and obtaining a better-quality spectrum of reactor antineutrinos, which is important for solving the spectral anomaly problem.

In addition, it is planned to continue working on the development of a mini-spectrometer S<sup>3</sup> (S-cube) (~ 64L with improved detecting elements). Such a detector will register ~ 300–400 neutrinos per day and, together with DANSS-2, will help to better understand the systematics of the used measurement method.

DANSS is a relatively small collaboration. The operation in a nuclear reactor restricts the possibilities to open up the DANSS project to a more international collaboration or a remotely controlled operation.



**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

Recommendation. Compared with other neutrino experiments, the DANSS experiment is unique in its capability to operate close to a high flux nuclear reactor and to produce data of high scientific value with unprecedented statistics.

The PAC recommends continuation of the DANSS project in 2022–2024 with ranking A.

**$\nu$ GeN (GEMMA) project**

The PAC heard the report presented by A. Lubashevskiy on the proposal for the extension of the  $\nu$ GeN (GEMMA) project, which is performed by a JINR group at the Kalinin Nuclear Power Plant. The measurements are focused on studying reactor neutrino properties such as the search for neutrino magnetic moment and the coherent elastic neutrino-nucleus scattering, a process recently identified for the first time with accelerator neutrinos.

The experiment makes use of high-purity low-threshold Germanium detectors (200 eV) of low background of 1 cts / (keV kg day) and total mass up to about 5.5 kg, placed at a short distance from the reactor centre, under a flux exceeding  $5 \cdot 10^{13}$  antineutrinos/(cm<sup>2</sup>s). The 50 m w.e. overburden and the movable spectrometer, which allows varying the antineutrino flux, are qualifying features of the project. The experiment is in its first phase of data taking.

Recommendation. Despite delays in the realization of the project and a consequent reduced scientific production, the PAC acknowledges the strong commitment of the JINR group. The group is capable to conduct the research autonomously, as well as within the strong international competition, in particular, concerning the observation of neutrino coherent scattering.

The PAC recommends continuation and full financing of the  $\nu$ GeN project in 2022–2024 with ranking B.

**EDELWEISS-RICOCHET project**

The PAC heard the report presented by E. Yakushev on the latest results of the EDELWEISS experiment and on the continuation of its research programme with new cryogenic HPGe detectors-bolometers, that will be expanded to include Coherent Elastic Neutrino( $\nu$ )-Nucleus Scattering (CE $\nu$ NS) studies. The PAC notes the successful

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

development of bolometer detectors, which will enable EDELWEISS-RICOCHET to carry out high precision spectrometric measurements at energies down to very low ones (with an energy threshold below 100 eV) where the manifestation of new physics in the electroweak sector is expected to be seen as distortions in the recoil nuclei energy spectrum induced by CE $\nu$ NS.

The first phase of the RICOCHET programme, with a large (kg scale) experiment, will be carried out at the ILL research reactor (Grenoble, France). At the same time, the newest detectors will continue to be used at EDELWEISS for the direct search of Dark Matter particles from the galactic halo in the low-mass WIMP region (1 GeV/c<sup>2</sup> and below) that has been inaccessible by the large experiments using liquefied noble gas (Ar / Xe) detectors.

The PAC is pleased to note that EDELWEISS-RICOCHET is focused at addressing intriguing problems of modern physics, has produced world-leading results and maintains strong competitive capabilities.

Recommendation. The PAC recommends continuation of the EDELWEISS research programme on the direct search for dark matter particles and its expansion to the RICOCHET project for the precision measurement of CE $\nu$ NS in 2022–2024 with ranking A.



M. Lewitowicz  
Chair of the PAC  
for Nuclear Physics



I. Tserruya  
Chair of the PAC  
for Particle Physics

**I. Введение**

Председатель ПКК по ядерной физике М. Левитович представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК.

Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 128-й сессии Ученого совета (сентябрь 2020 года) и решениях Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ (ноябрь 2020 года).

ПКК с удовлетворением отметил, что рекомендации предыдущей сессии ПКК по исследованиям ОИЯИ в области ядерной физики были приняты Ученым советом и дирекцией ОИЯИ.

ПКК благодарит В. А. Матвеева за выдающийся вклад в развитие ОИЯИ и поздравляет Г. В. Трубникова с избранием на пост директора ОИЯИ.

**II. Статус первых экспериментов на Фабрике СТЭ и дальнейшая научная программа**

ПКК заслушал доклад о первом эксперименте на Фабрике сверхтяжелых элементов (СТЭ) в ЛЯР ОИЯИ, представленный В. К. Утенковым. Эксперимент был выполнен на сепараторе ГНС-2 и имел целью синтез в реакции  $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$  изотопов 115-го элемента (московия). В течение трехнедельного эксперимента было получено более тридцати событий распада изотопов  $^{288}\text{Mc}$  и  $^{289}\text{Mc}$ , что практически удвоило статистику по данным изотопам, набранную ранее на ускорительном комплексе У-400 за период 2003–2012 гг.

Эксперимент был нацелен, в частности, на демонстрацию возможностей всего комплекса оборудования Фабрики СТЭ. В результате было достигнуто чрезвычайно эффективное подавление фона в фокальной плоскости сепаратора, что крайне важно при регистрации событий распада ядер с большими временами жизни. Указанное позволило впервые зарегистрировать наблюдающийся в ряде случаев  $\alpha$ -распад  $^{268}\text{Db}$  с последующим переходом в новый спонтанно делящийся изотоп  $^{264}\text{Lr}$ . Дальнейшая программа экспериментов на Фабрике СТЭ предусматривает повышение интенсивности пучков  $^{48}\text{Ca}$  на мишенях до 3,0–5,0  $\mu\text{A}$  (завершение работ по созданию дифференциальной откачки и переход на мишени большей площади). Программа также включает в себя проведение экспериментов по синтезу изотопов Fl в реакции  $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$  и отработку режимов ускорения  $^{50}\text{Ti}$  для подготовки экспериментов по синтезу 119-го и 120-го элементов.

Рекомендация. ПКК поздравляет коллектив ЛЯР с успешным началом реализации экспериментальной программы Фабрики СТЭ. ПКК рекомендует завершить в возможно короткие сроки работы по созданию системы дифференциальной откачки на сепараторе ГНС-2 и вращающейся мишени большой площади, что позволит проводить эксперименты на пучках предельно высокой интенсивности. ПКК ожидает на следующих сессиях дальнейшей информации по развитию комплекса Фабрика СТЭ, который является одним из флагманских проектов ОИЯИ, и о результатах проводимых экспериментов.

### **III. Результаты первых экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2**

ПКК с большим интересом заслушал доклад В. Худобы о результатах первых экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2, нацеленных на изучение супернейтроноизбыточного ядра  ${}^7\text{H}$  в реакции  ${}^2\text{H}({}^8\text{He}, {}^3\text{He}){}^7\text{H}$ . Эти эксперименты очень сложные, сечение реакции и статистика малы, однако экспериментальная группа АКУЛИНА-2 предприняла меры для решения этих проблем наиболее эффективным способом. Проведенный анализ данных позволил авторам сделать вывод о наблюдении основного и возбужденного состояний  ${}^7\text{H}$ , также были исследованы возбужденные состояния в других экзотических ядрах, таких как  ${}^7\text{He}$ ,  ${}^9\text{He}$ ,  ${}^{10}\text{Li}$ . В настоящее время проводится анализ данных, и результаты будут доложены.

Рекомендация. ПКК ожидает завершения обработки данных и по результатам других экспериментов, проведенных на сепараторе АКУЛИНА-2 до остановки ускорителя У-400М. ПКК рекомендует продолжить эту экспериментальную программу и ожидает увидеть новые результаты, которые должны быть представлены на следующих сессиях.

ПКК отнес экспериментальную программу АКУЛИНА-2 к категории "А".

### **IV. Новый проект по модернизации ускорителя ЭГ-5**

ПКК заслушал предложение по открытию нового проекта «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и развитие его экспериментальной инфраструктуры», представленное А. С. Дорошкевичем. Проект содержит подробную информацию о графике работ, трудовых и финансовых ресурсах, а также анализ возможных рисков. ПКК отмечает исключительную важность установки ЭГ-5 для ОИЯИ как одной из важнейших установок своего класса.

Рекомендация. ПКК рекомендует открыть в 2022 году новый проект по модернизации ускорителя ЭГ-5 и сопутствующей экспериментальной инфраструктуры в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» сроком на один год. Финансирование проекта на 2022 год предусмотрено в рамках бюджета текущего семилетнего плана развития ОИЯИ. При наличии финансирования проект может быть продлен еще на два года.

ПКК отнес проект к категории “В”.

#### **V. Новый проект «БЕККЕРЕЛЬ»**

ПКК заслушал доклад по проекту «БЕККЕРЕЛЬ», представленный П. И. Зарубиным. Проект нацелен на изучение диссоциации релятивистских ядер с помощью треков в ядерной эмульсии (ЯЭ). В эксперименте на Нуклотроне изучалась фрагментация ядер на стабильные и радиоактивные изотопы. Наблюдались различные изотопы и множественные прямые распады, связанные с ансамблем легких ядерных фрагментов и интерпретируемых как распад состояния Хойла. Важной частью проекта является подготовка молодых ученых. Проведенный анализ данных эксперимента и их интерпретация позволили нескольким молодым исследователям защитить кандидатские диссертации. Ожидается, что реализация планов по автоматизации обработки данных приведет к значительному увеличению статистики. Однако с момента представления прошлого доклада приведено мало новых результатов, опубликована только одна статья. Кроме того, в докладе отсутствует четкое выделение флагманского эксперимента.

Рекомендация. ПКК признал уникальность метода ЯЭ для идентификации заряженных частиц при релятивистских энергиях, однако по сравнению с другими методами ядерные эмульсии оказываются менее конкурентоспособными, поэтому проект «БЕККЕРЕЛЬ» отнесен Комитетом к категории “С”.

#### **VI. Продление проекта «Э&Т&РМ»**

ПКК заслушал доклад по проекту «Исследование глубокоподкритических систем, управляемых ускорителем, и особенностей их применения для производства энергии и трансмутации отработанного ядерного топлива (Э&Т&РМ)», представленный Е. А. Левтеровой. Проект посвящен изучению реакций в урановой мишени, облученной пучками дейтронов и протонов на Фазотроне. Интересные результаты по наблюдению высокоэнергетической и высокоинтенсивной эмиссии

нейтронов с поверхности ядерной сборки могут быть использованы при трансмутации отработанного ядерного топлива (ОЯТ). Значительное увеличение выхода энергии за счет внутриядерных реакций в массивной мишени стимулировало планы создать экспериментальную установку с «квазибесконечной» мишенью БУРАН, собранной из двадцати тонн природного урана. Ожидается, что для определения оптимальных параметров инновационного источника нейтронов потребуется широкий спектр ядерных данных.

Рекомендация. ПКК считает, что план деятельности, представленный на 2021 год, слишком плотный для реализации в течение одного года. Кроме того, запрашиваемое финансирование, судя по всему, недооценено и недостаточно детализировано. ПКК рекомендует продолжить работу по проекту «Э&Т&РМ» в 2021 году, а также провести более подробную оценку расходов. ПКК рекомендует представить обновленный план и подробную оценку соответствующих расходов и трудовых ресурсов по проекту на следующей сессии ПКК.

ПКК отнес проект к категории “В”.

## **VII. Продление темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика»**

ПКК заслушал отчет по выполнению темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика», представленный Е. А. Якушевым. В рамках темы для изучения редких явлений, связанных со слабым взаимодействием, применяются методы современной ядерной спектроскопии.

Научными направлениями темы являются:

- изучение свойств нейтрино (природа, масса) путем поиска двухнейтринной и безнейтринной мод двойного бета-распада; поиск магнитного момента нейтрино и детектирование когерентного рассеяния нейтрино на ядрах;
- поиск темной материи,
- изучение галактических и внегалактических нейтринных источников, диффузного нейтринного космологического фона, поиск экзотических частиц (монополи);
- поиск стерильных нейтрино в активной зоне реактора на Калининской атомной электростанции;
- развитие детекторов.

Исследования реализуются в следующих проектах:

- Двойной безнейтринный бета-распад: проекты SuperNEMO, GERDA (Legend) и MONUMENT;
- Эксперименты с реакторными антинейтрино: GEMMA ( $\nu$ GeN) – поиск магнитного момента нейтрино и когерентного рассеяния нейтрино;
- DANSS – диагностика реакторов и исследование свойств нейтрино;
- Прямой поиск темной материи (проект EDELWEISS) будет расширен на поиск новой физики при исследовании когерентного рассеяния реакторных нейтрино (объединенный проект EDELWEISS/Ricochet);
- Проект BAIKAL-GVD – исследования с глубоководным нейтринным телескопом на озере Байкал.

Реализация всех проектов объединена общими имеющимися ресурсами и научными подходами.

Помимо научных кадров данная тема располагает следующими ресурсами, позволяющими проводить научную программу: лаборатория по производству и ремонту полупроводниковых детекторов; лаборатория по созданию и производству сцинтилляционных материалов для детекторов; радиохимический сектор, механические мастерские, группа компьютерного обеспечения экспериментов, группа масс-сепараторов и другие.

ПКК с удовлетворением отмечает международное признание коллектива, который внес весьма заметный вклад в создание установок, моделирование и анализ данных, а также его способность руководить и участвовать в экспериментах мирового уровня. Команде рекомендуется увеличить штат сотрудников, занимающихся анализом данных в рамках основных проектов.

ПКК поддерживает общее направление развития темы, когда участие в престижных международных проектах обеспечивает доступ к передовым разработкам для развития домашних нейтринных экспериментов на двух основных экспериментальных базах – в лабораториях, расположенных на Калининской АЭС и на озере Байкал.

Рекомендация. ПКК признал важным проект BAIKAL-GVD как один из флагманских проектов ОИЯИ. ПКК рекомендует продлить тему «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика» до конца 2024 года и поддерживает эксперименты в рамках этой темы.

ПКК рекомендует продление темы с первым приоритетом.

**VIII. Общая рекомендация**

ПКК настоятельно повторяет свою рекомендацию, чтобы все предложения по новым проектам и темам, а также по продлению тем и проектов содержали полную информацию о необходимых финансовых и трудовых ресурсах и SWOT-анализ.

ПКК напоминает, чтобы презентации всех докладчиков по проектам и темам, предлагаемым для рассмотрения на сессиях ПКК, в будущем были доступны на Indico не позднее чем за неделю до начала сессии.

**IX. Следующая сессия ПКК**

Следующая сессия ПКК по ядерной физике состоится 23–24 июня 2021 года.

Предварительная программа сессии включает следующие вопросы:

- отчеты и рекомендации по темам и проектам, завершаемым в 2021 году;
- первые эксперименты на Фабрике СТЭ;
- рассмотрение новых проектов;
- научные доклады;
- стендовые сообщения молодых ученых, посвященные новым результатам и проектам в области исследований по ядерной физике.

М. Левитович  
председатель ПКК  
по ядерной физике

Н. К. Скобелев  
ученый секретарь ПКК  
по ядерной физике



**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

В ходе 123-й сессии Ученый совет одобрил предложение ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике о проведении совместных заседаний для оценки нейтринных проектов ОИЯИ. 21 января 2021 года ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике провели совместное заседание для оценки пяти проектов по теме «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика».

В соответствии с принципами, предложенными директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым, конечной целью была классификация проектов и присвоение каждому одной из трех категорий с использованием схемы, принятой на предыдущем совместном заседании в январе 2019 года, исходя, прежде всего, из научной значимости проекта, эффективности и результатов работы группы ОИЯИ. Руководителям проектов было предложено ответить на вопросы из короткого общего списка, подготовленного представителями двух ПКК. Каждый проект был рассмотрен одним рецензентом из ПКК по физике частиц и одним из ПКК по ядерной физике. Сама анкета, ответы на вопросы и отчеты рецензентов были размещены на веб-странице Indico совместной сессии. Окончательная оценка каждого проекта проводилась с учетом мнений двух соответствующих рецензентов и последующего обсуждения проекта на совместном заседании двух ПКК.

### **Проект GERDA (LEGEND)**

ПКК заслушал доклад К. Н. Гусева о проекте GERDA (LEGEND), посвященном поиску безнейтринного двойного бета-распада  $^{76}\text{Ge}$  с помощью открытых Ge-детекторов, непосредственно погруженных в жидкий аргон. Проект GERDA реализуется в Гран-Сассо (Италия) усилиями большого международного коллектива.

После достижения запланированной экспозиции 100 кг·год вторая фаза эксперимента GERDA (2015–2020) была успешно завершена. Был достигнут беспрецедентный уровень фона  $5 \cdot 10^{-4}$  отсчетов / (кэВ·кг·год). Анализ полного набора данных GERDA, соответствующего суммарной экспозиции 127,2 кг·год первой и второй фазы, позволил установить новый рекордный предел периода полураспада для безнейтринного двойного бета-распада  $^{76}\text{Ge}$  — свыше  $1,8 \cdot 10^{26}$  лет.

Впечатляющие характеристики GERDA вселяют уверенность в осуществимости эксперимента нового поколения LEGEND с 1 т  $^{76}\text{Ge}$ . Предполагается, что LEGEND будет проходить в два этапа, как и GERDA. На первом этапе будет использоваться

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

до 200 кг германиевых детекторов внутри существующего криостата GERDA. Планируется достичь чувствительности  $10^{27}$  лет, что потребует снижения текущего фона в пять раз. Полномасштабный проект с 1 т  $^{76}\text{Ge}$  нацелен на достижение чувствительности  $10^{28}$  лет за счет уменьшения фона в десять раз с потенциальной целью ответить на вопрос об иерархии масс нейтрино.

Рекомендации. ПКК признает важную роль группы ОИЯИ в эксперименте GERDA (LEGEND) и рекомендует продолжить этот проект в 2022–2024 годах с рейтингом А.

### **Проект SuperNEMO**

ПКК заслушал доклад В. И. Третьяка о проекте SuperNEMO, посвященном поиску безнейтринного двойного бета-распада ( $0\nu2\beta$ ) с использованием треко-калориметрической методики, которая позволяет реконструировать углы и энергии продуктов распада для каждого события. Многолетнее участие ЛЯП ОИЯИ в экспериментах первого поколения NEMO-2/3 привело к результатам мирового уровня для двухнейтринного и безнейтринного двойного бета-распада изотопов  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{130}\text{Te}$  и  $^{150}\text{Nd}$ .

В LSM (Модан, Франция) создается детектор SuperNEMO нового поколения с проектной возможностью измерять порядка 100 кг различных изотопов с максимальной чувствительностью детектора к периодам полураспада  $T_{1/2}(0\nu2\beta) \geq 10^{26}$  лет. «SuperNEMO Demonstrator» (первый модуль из двадцати), который сейчас находится на этапе ввода в эксплуатацию, в 2022 году будет готов к поиску распадов  $0\nu2\beta$  в  $\sim 7$  кг обогащенного  $^{82}\text{Se}$ . Группа ОИЯИ играет важную роль в этом проекте, в частности, в создании пассивной защиты, системы VETO, калориметра, программного обеспечения и в обработке данных, а также в разработке методов радиохимической очистки.

ПКК отмечает, что, несмотря на эти достижения, исполнение проекта задерживается на несколько лет и, хотя группа представила убедительные обоснования, это препятствует успеху эксперимента в условиях жесткой международной конкуренции, уже нацеленной на создание высокочувствительных детекторов третьего поколения, использующих германий и ксенон. Тем не менее возможности трекового калориметра, а также свободная селективность по любому из

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

изотопов-кандидатов помогут SuperNEMO внести свой вклад в оценку возможного сигнала  $0\nu 2\beta$ , обнаруженного в результате других поисков.

Рекомендация. ПКК признает потенциальные возможности метода, используемого SuperNEMO, и рекомендует продолжить этот проект в 2022–2024 годах с рейтингом В. ПКК призывает авторов к созданию эффективной группы, нацеленной на использование детектора «SuperNEMO Demonstrator».

### **Проект DANSS**

ПКК заслушал доклад Ю. А. Шитова о реакторном нейтринном проекте DANSS на Калининской АЭС, посвященном поиску стерильных нейтрино. В эксперименте DANSS компактный нейтринный спектрометр безопасно установлен рядом с реактором. За пять лет работы в 2016–2020 годах зарегистрирована мировая рекордная статистика в четыре миллиона реакторных антинейтрино. Это позволило DANSS получить результаты мирового уровня, среди которых:

- Отсутствие значимого сигнала осцилляций реакторных антинейтрино в стерильные нейтрино после анализа большей части собранной статистики (~ 3 миллиона событий). В результате была исключена наибольшая (по сравнению с конкурентами) область пространства параметров ( $\sin^2(2\theta_{14})$ ,  $\Delta m_{14}^2$ ) возможных осцилляций, в том числе точка, соответствующая лучшему фиту реакторной нейтринной аномалии, исключена на уровне более  $5\sigma$ .
- Возможность контролировать мощность реактора со статистической погрешностью ~ 1,5% за два дня измерений и определять состав ядерного топлива (соотношение уран / плутоний), что подтверждает применимость предложенной технологии для контроля реакторов.

Основной задачей на следующем этапе проекта является модернизация спектрометра DANSS-2 с улучшением в два раза энергетического разрешения, что позволит существенно расширить исследуемую область фазового пространства для поиска стерильных нейтрино, включая область ( $\sin^2(2\theta_{14}) \sim 0,25$ ,  $\Delta m_{14}^2 \sim 7 \text{ эВ}^2$ ), в которой был получен сигнал в эксперименте NEUTRINO-4, а также получить более качественный спектр реакторных антинейтрино, что важно для решения проблемы спектральной аномалии.

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

Кроме того, планируется продолжить работы по созданию мини-спектрометра  $S^3$  (S-куб) объемом ~ 64 литра с улучшенными детектирующими элементами. Такой детектор будет регистрировать ~ 300–400 нейтрино в сутки и совместно с DANSS-2 поможет лучше понять систематику используемого метода измерений.

DANSS – относительно небольшая коллаборация. Работа на ядерном реакторе ограничивает возможности открытия проекта DANSS для более широкого международного сотрудничества или для его дистанционно управляемого исполнения.

Рекомендация. По сравнению с другими нейтринными экспериментами эксперимент DANSS уникален, так как спектрометр расположен вблизи мощного ядерного реактора и позволяет получать данные высокой научной ценности с беспрецедентной статистикой.

ПКК рекомендует продолжить проект DANSS в 2022–2024 годах с рейтингом А.

### **Проект $\nu$ GeN (GEMMA)**

ПКК заслушал доклад А. В. Лубашевского с предложением по продлению проекта  $\nu$ GeN (GEMMA), который выполняется группой ОИЯИ на Калининской АЭС. Измерения сосредоточены на поиске магнитного момента нейтрино и изучении такого свойства реакторных нейтрино, как когерентное упругое рассеяние нейтрино на ядре (процесс, который недавно был впервые идентифицирован с помощью нейтрино от ускорителя).

В эксперименте используются сверхчистые германиевые детекторы с низким порогом (200 эВ), с низким фоном 1 / (кэВ · кг · день), общей массой около 5,5 кг, размещенные на близком расстоянии от центра реактора, в потоке более  $5 \cdot 10^{13}$  антинейтрино / (см<sup>2</sup> · с). Выгодными особенностями установки являются защита 50 м в. э. и передвижной спектрометр, позволяющий варьировать поток антинейтрино. Эксперимент находится на начальном этапе набора данных.

Рекомендации. Несмотря на задержки в реализации проекта и, как следствие, сниженный научный выход, ПКК отмечает серьезные обязательства группы ОИЯИ и ее способность самостоятельно проводить исследования, а также потенциал проекта в условиях сильной международной конкуренции, в частности, по наблюдению когерентного рассеяния нейтрино.

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

ПКК рекомендует продолжение и полное финансирование проекта  $\nu$ GeN в 2022–2024 годах с рейтингом В.

### **Проект EDELWEISS-RICOCHET**

ПКК заслушал доклад Е. А. Якушева о последних результатах эксперимента EDELWEISS и о продолжении его исследовательской программы с новыми криогенными детекторами (HPGe-болометрами), которая будет расширена за счет включения исследований когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах (Coherent Elastic Neutrino( $\nu$ )-Nucleus Scattering – CE $\nu$ NS). ПКК отмечает успешную разработку болометрических детекторов, которые позволят EDELWEISS-RICOCHET проводить высокоточные спектрометрические измерения вплоть до очень низких энергий (с энергетическим порогом ниже 100 эВ), где проявление новой физики в электрослабом секторе ожидается как искажение энергетического спектра ядер отдачи, вызванное CE $\nu$ NS.

Первый этап программы RICOCHET с крупномасштабным (кг-масштаба) экспериментом будет проводиться на исследовательском реакторе ILL (Гренобль, Франция). В то же время в EDELWEISS по-прежнему будут использоваться новейшие детекторы для прямого поиска частиц темной материи из галактического гало в области малых масс WIMP (1 ГэВ/ $c^2$  и ниже), недоступной для больших экспериментов, использующих детекторы на сжиженных благородных газах (Ar / Xe).

ПКК с удовлетворением отмечает, что EDELWEISS-RICOCHET сосредоточен на решении интригующих проблем современной физики, добился лучших в мире результатов и сохраняет сильные конкурентные возможности.

Рекомендация. ПКК рекомендует продолжить исследовательскую программу EDELWEISS по прямому поиску частиц темной материи и расширить ее до проекта RICOCHET по прецизионному измерению CE $\nu$ NS в 2022–2024 годах с рейтингом А.

М. Левитович  
Председатель ПКК  
по ядерной физике

И. Церруя  
Председатель ПКК  
по физике частиц