

ОЭПВАЯ НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова
и кафедры Общей ядерной физики физического факультета МГУ

Семинар памяти профессора Б.С. Ишханова
“Фотоядерные исследования. Состояние и перспективы”

24 октября 2024 года в ауд. 2-15 19 корпуса НИИЯФ МГУ.

Статус и перспективы радиохимических исследований на микротроне МТ-25 в ЛЯР ОИЯИ

Николай Аксенов

nikolay.aksenov@jinr.ru

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, ОИЯИ, Дубна

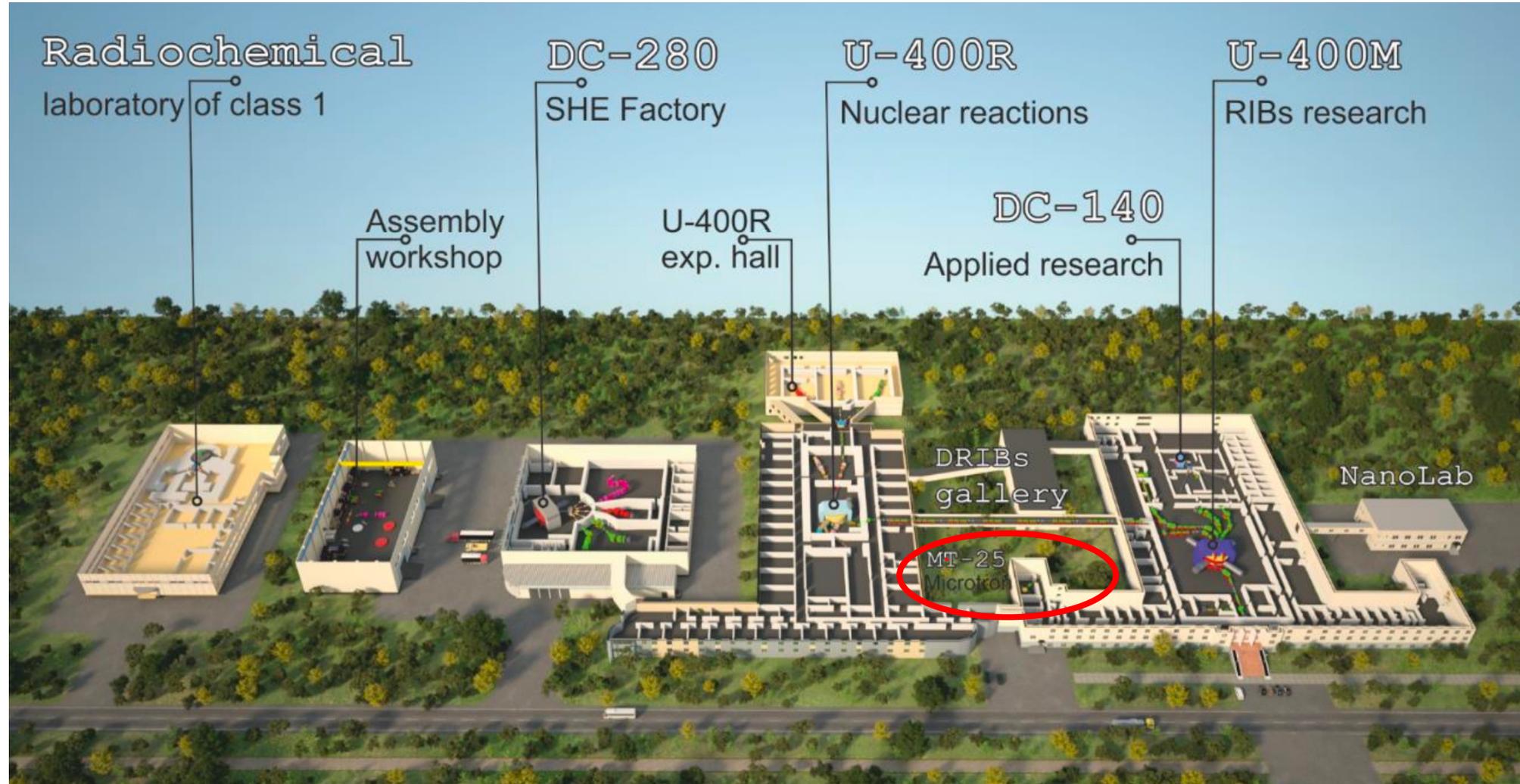


Статус и перспективы радиохимических исследований на микротроне МТ-25 в ЛЯР ОИЯИ

- Инфраструктура ЛЯР
- Разработка методов получения радионуклидов для ядерной медицины и исследований
- Радиоаналитические исследования
- Получение фотоядерных данных для производства радиоизотопов для медицины.

На примере **изучения реакций на стабильных изотопах ^{nat}Se и ^{nat}Mo в области энергий 10–23 МэВ. Фазилат Расулова**

Research infrastructure of the Flerov Lab: accelerators park



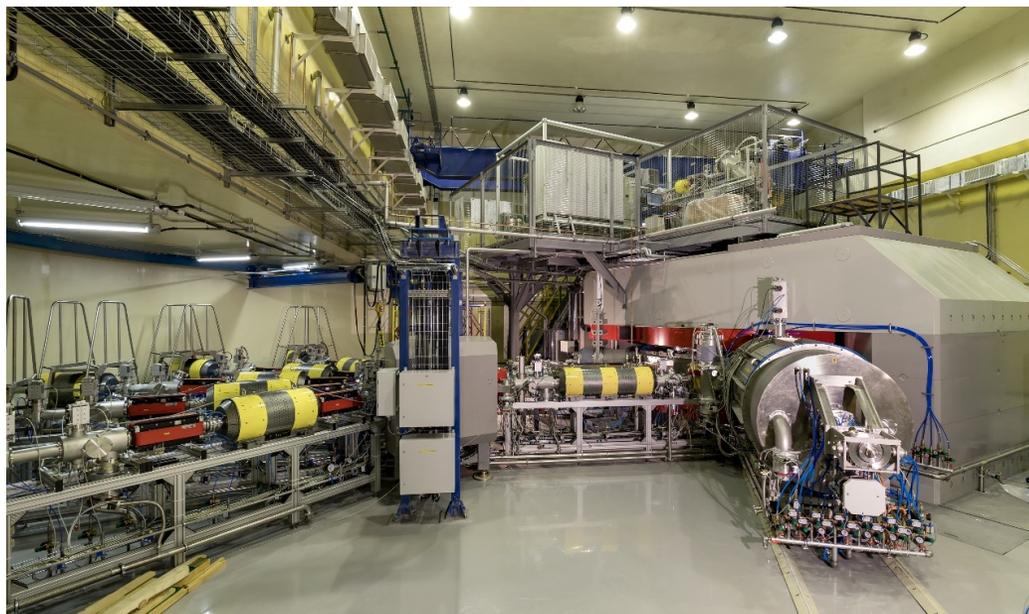


Joint Institute for Nuclear
Research

SCIENCE BRINGING NATIONS
TOGETHER

ФАБРИКА СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ:

НОВАЯ БАЗОВАЯ УСТАНОВКА ОИЯИ ПО ИЗУЧЕНИЮ СВОЙСТВ СТЭ



PHYSICAL REVIEW C **106**, L031301 (2022)
Letter
Featured In Physics

First experiment at the Super Heavy Element Factory: High cross section of ^{288}Mc in the $^{48}\text{Ca} + ^{240}\text{Ca}$ reaction and identification of the new isotope ^{288}Lr

Yu. Ts. Oganessian,¹ V. K. Utyonkov,^{2,3} N. D. Kovrizhnykh,⁴ F. Sh. Abdullin,¹ S. N. Dmitriev,¹ D. Budalov,^{1,2} M. G. Itsk,¹ D. A. Kuznetsov,⁵ O. V. Petrovskii,⁶ A. N. Polyakov,¹ A. G. Popov,¹ R. N. Sagaidak,¹ L. Schlatkauer,¹ I. V. Shirokovskii,¹ V. D. Shubin,¹ M. V. Shumeiko,¹ D. I. Solovoyev,¹ Yu. S. Tsyganov,¹ A. A. Voinov,¹ V. G. Subbotin,¹ A. Yu. Budkov,¹ A. V. Sabelnikov,¹ A. V. Khukin,¹ V. B. Zlobakov,¹ K. P. Rykaczewski,⁷ T. T. King,⁸ J. B. Roberto,⁹ N. T. Brewer,¹⁰ R. K. Grzywacz,¹¹ Z. G. Gan,¹² Y. Zhang,¹³ M. H. Huang,¹⁴ and H. B. Yang¹⁵

¹Joint Institute for Nuclear Research, RU-141980 Dubna, Russian Federation
²L.N. Gumberg Kazan National University, 690000 Nur-Sultan, Kazakhstan
³Palacky University Olomouc, Department of Experimental Physics, Faculty of Science, 771 46 Olomouc, Czech Republic
⁴Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37831, USA
⁵Department of Physics and Astronomy, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37966, USA
⁶Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

(Received 11 March 2022; revised 2 May 2022; accepted 17 August 2022; published 29 September 2022)

We present results of the first experiment aimed at the synthesis of Mc isotopes in the $^{48}\text{Ca} + ^{240}\text{Ca}$ reaction performed at the new gas-filled separator DGFRS-2 online to the new cyclotron DC280 at the Super Heavy Element Factory at JINR. Fifty-five new decay chains of ^{288}Mc and six chains assigned to ^{288}Mc were detected. The α decay of ^{288}Mc with an energy of 7.6–8.0 MeV, half-life of 16(2) s, and a branch of 55(7)% was registered for the first time, and a new spontaneously fissioning isotope ^{288}Lr with a half-life of 4.9(1) s was identified. The cross section for the $^{48}\text{Ca} + ^{240}\text{Ca}$ reaction was measured to be $17.1^{+2.7}_{-2.6}$ pb, which is the largest value for the known superheavy nuclei at the island of stability.

PHYSICAL REVIEW C **106**, 024612 (2022)

Investigation of ^{48}Ca -induced reactions with ^{242}Pu and ^{248}U targets at the JINR Superheavy Element Factory

Yu. Ts. Oganessian,¹ V. K. Utyonkov,^{2,3} D. Budalov,^{1,2} F. Sh. Abdullin,¹ S. N. Dmitriev,¹ M. G. Itsk,¹ A. V. Karpov,¹ N. D. Kovrizhnykh,⁴ D. A. Kuznetsov,⁵ O. V. Petrovskii,⁶ A. N. Polyakov,¹ A. G. Popov,¹ R. N. Sagaidak,¹ L. Schlatkauer,¹ V. D. Shubin,¹ M. V. Shumeiko,¹ D. I. Solovoyev,¹ Yu. S. Tsyganov,¹ A. A. Voinov,¹ V. G. Subbotin,¹ A. Yu. Budkov,¹ A. V. Sabelnikov,¹ A. Lindner,⁷ K. P. Rykaczewski,⁸ T. T. King,⁹ J. B. Roberto,¹⁰ N. T. Brewer,¹¹ R. K. Grzywacz,¹² Z. G. Gan,¹³ Y. Zhang,¹⁴ M. H. Huang,¹⁵ and H. B. Yang¹⁶

¹Joint Institute for Nuclear Research, RU-141980 Dubna, Russian Federation
²L.N. Gumberg Kazan National University, 690000 Nur-Sultan, Kazakhstan
³Palacky University Olomouc, Department of Experimental Physics, Faculty of Science, 771 46 Olomouc, Czech Republic
⁴Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37831, USA
⁵Department of Physics and Astronomy, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37966, USA
⁶Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

(Received 25 May 2022; accepted 1 August 2022; published 22 August 2022)

Experiments using a ^{48}Ca beam on ^{242}Pu and ^{248}U targets to produce superheavy nuclei were performed at the gas-filled separator DGFRS-2 online to the new cyclotron DC280 at the SHE Factory at JINR. The decay properties of ^{288}Fr and ^{288}Rf as well as their α -decay products, were refined after the detection of 23 and 69 new decay chains, respectively. In addition, 16 decay chains of ^{288}Ca were observed in the $^{48}\text{Ca} + ^{248}\text{U}$ reaction. The possibility of existing of isomeric states in the ^{288}Fr consecutive α decay is discussed. A new α line with an energy of 100–200 keV lower than the main one at 10.19 MeV was observed for the first time for even-even ^{288}Fr decay. A maximum cross section of $10.4^{+2.1}_{-2.0}$ pb was measured for the $^{48}\text{Ca} + ^{242}\text{Pu}$ reaction.

- Открытие новых СТЭ
- Эксперименты с высокой статистикой (радиохимия, спектроскопия)

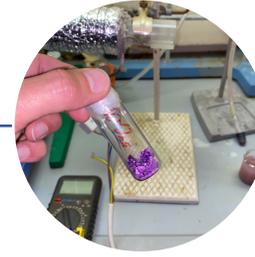
Циклотрон DC-280
Задача: увеличение интенсивности пучков тяжелых ионов

Chemical identification of new elements

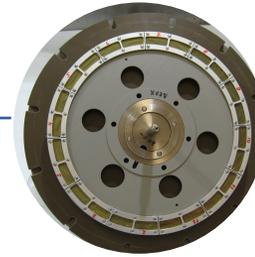
isolation of atoms of the element based on its specific properties unique to each chemical element,
in accordance with the periodic law



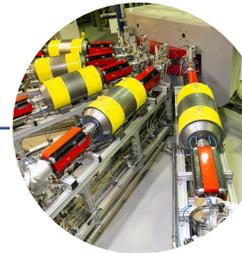
ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПУЧКАХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ



_HI Beams



_RA Targets



_SHE Chemistry



Инновационный исследовательский центр ОИЯИ

- Создание Инновационного центра ОИЯИ осуществляется в соответствии с Долгосрочным стратегическим планом развития ОИЯИ до 2030 года и далее.
- Инфраструктурную платформу Инновационного центра образует ряд экспериментальных комплексов, предназначенных для реализации фундаментальных и прикладных исследований в рамках научной программы Института.

Одна из основных задач: Разработка технологий и методов (ускорительных и радиохимических) в области ядерной медицины

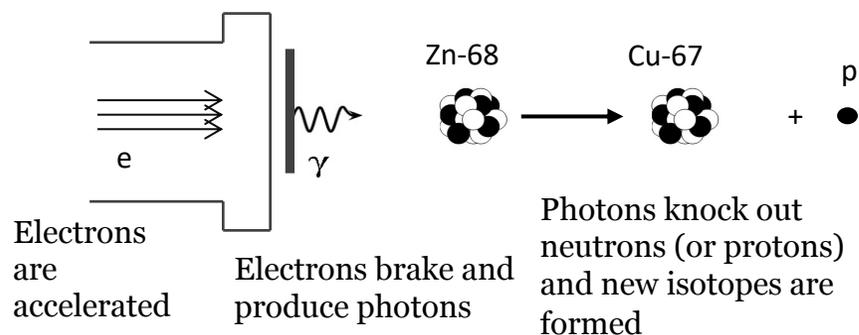
Один из инфраструктурных блоков:

- **ускоритель электронов** с энергией 40 МэВ вместе с радиохимической лабораторией 1-го класса для разработки методов получения радиоизотопов (^{225}Ac , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ и др.) в фотоядерных реакциях для ядерной медицины.

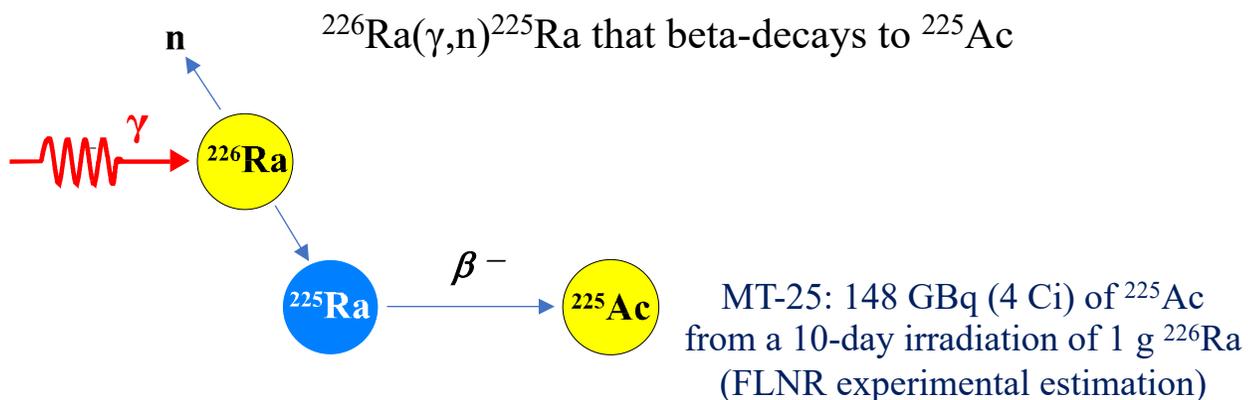
Photonuclear production of radionuclides

Photonuclear reactions to produce medical, industrial, and research isotopes from stable (r.a.) targets:

- (γ, n)
- (γ, p)



Example:



Advantages:

- Increased radionuclide purity product;
- Much simpler radiochemical isolation procedure and purification of the final product;
- More compact and less power consumption accelerator;
- Much less radioactive waste;
- Scalability from science to production on the territory of the clinic;
- Etc.

Приоритетные направления и радионуклиды

Необходима инфраструктура для прикладных исследований:

- Разработка радиохимических технологий и методов производства радионуклидов
- Развитие ускорительных технологий
- Инновации в области радионуклидной терапии

Научные направления

- Синтез, разработка методов сепарации новых радионуклидов для тераностики: эмиттеры альфа-частиц и Оже-электронов ^{99m}Tc , ^{225}Ac , ^{211}At и др.
- R&D по адресной доставке радионуклидов с использованием молекулярных (биологических) векторов

Метод (non-uranium) получения с помощью фотоядерных реакций наиболее востребованных реакторных изотопов

^{99m}Tc
(^{177}Lu , ^{188}Re)*

Один из наиболее ожидаемых на медицинском рынке радионуклидов для тераностики. Фотоядерный метод – перспективная альтернатива, обеспечивающая высокую чистоту и выход радионуклида

^{225}Ac

Инновационные терапевтические радионуклиды, для которых применение фотоядерного метода перспективно, но предполагает R&D в области радиохимии

^{47}Sc , ^{44}Sc , ^{67}Cu , ^{105}Rh

Перспективный радионуклид для тераностики – эмиттер Оже-электронов. Необходимы ядерно-физические данные, разработка технологии радиохимической сепарации и производства

^{195m}Pt

Уникальные (производство – только фотоядерным методом) изотопы высокой чистоты (не для медицинских приложений)

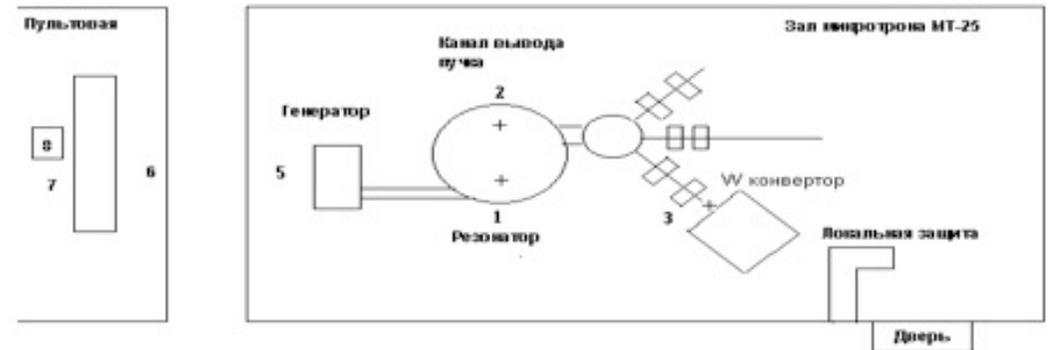
^{236}Pu , ^{237}U

*для исследований

Microtron MT-25 – multipurpose electron accelerator



- Was put into operation in 1973 (MT-17). It was totally upgraded in 1980 (MT-22) and in 1986 (MT-25).
- Modernization since 2011
- New team



Main Parameters of the MT-25 Microtron

Maximum electron energy, MeV	25
Energy range, MeV	4-25
Pulsed beam curren, μA	20
Pulsed current duration, s	$2.2 \cdot 10^{-6}$
Beam spot diameter, mm	5
Monohromatization, keV	50
Power consumption, kW	20
Gamma beam	
Gamma-quanta flux, s^{-1}	10^{14}
Bremsstrahlung dose (1m), $\text{Gy m}^2 \text{s}^{-1}$	1.5
Neutron beam	
Density of thermal neutron flux, pps cm^{-2}	10^9
Density of ephi-thermal neutron flux, pps cm^2	$5 \cdot 10^7$
Density of fast neutron flux, s^{-1}	10^{12}

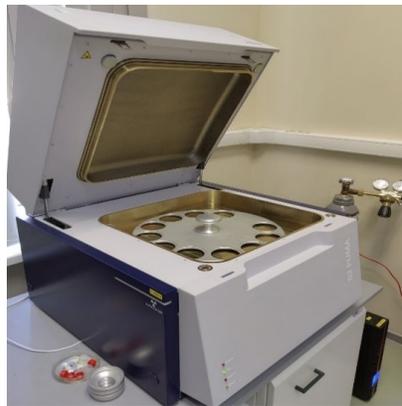
Радиоаналитические исследования

- Проведение исследований загрязнения окружающей среды радионуклидами в целях контроля экологической безопасности
- Применение ядерно-физических и радиохимических методов анализа
- Разработка методик радиохимического выделения

Радиохимическая лаборатория ЛЯР (ВЭЖХ, ICP-OES и др)

Рентгенофлуоресцентный анализ

- Энергодисперсионный спектрометр Canberra с радиоизотопными источниками (65 элементов)
- Настольный энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр S2 PUMA, Bruker



^{109}Cd ($E = 22.16 \text{ keV}$, $T_{1/2} = 453$ дней)

^{241}Am ($E=59.6 \text{ keV}$, $T_{1/2}=458$ лет)

Рентгеновская трубка с Ag-анодом и детектор HighSense SDD LE.

Гамма-активационный анализ и гамма-спектрометрия

- **Микротрон MT-25** (до 65 элементов)
- Гамма-спектрометр HPGe Canberra
- Гамма-спектрометр с тонким Ge-детектором



в том числе U и Th по реакциям:

$^{238}\text{U}(\gamma, n)^{237}\text{U}$ ($T_{1/2} = 6.8$ дн, $E_{\gamma} = 59.7$ и 208 кэВ)

$^{232}\text{Th}(\gamma, n)^{231}\text{Th}$ ($T_{1/2} = 25.5$ ч, $E_{\gamma} = 25.65$ и 84.17 кэВ)

2024-2025: Сотрудничество с Геологическим центром исследований и анализа, Улан-Батор, Монголия

LABORATORY ANALYSIS AND SERVICES

- Quantitative analyses of mineral resources
- External inspection analyses of final products for export
- Radioactive material analyses
- Mineralogical and petrographical analyses
- Mineral processing test
- Physical-mechanical analysis of non-metallic mineral resources

MNS ISO/IEC 17025

PRODUCTION

- REFERENCE MATERIAL PRODUCTION

Reference material production-according to **ISO 17034**: In total, more than **114** types of standards CRM/RM of 6 types (on minerals such as rock, ore, concentrate, soil, coal, and ash) are produced and sold in the international market.

Proficiency test organizer

Evaluate the performance of participating laboratories according to pre-defined criteria through inter-laboratory comparison.

- CGL PT01 Charcoal Proficiency Test Program
- CGL PT02 Ore Proficiency Test Program
- CGL PT02 Water Proficiency Test Program

MNS ISO/IEC 17043



ГЕОЛОГИЙН СУДАЛГАА
ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ТӨВ ТӨҮГ



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

The ANSI National Accreditation Board

Member since 2016

Central Geological Laboratory of Mongolia
P.O. Box 457
Ulaanbaatar 15009, Mongolia

Reference to requirements of
ISO/IEC 17043:2010

is to be held of

PROFICIENCY TESTING PROVIDER

This certificate shall only be used to certify the results of inter-laboratory comparison.
The current scope of accreditation can be verified at www.anab.org

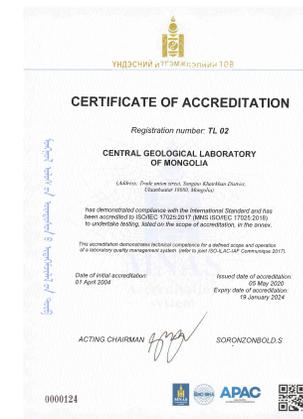


S. Tsogzolbator, Ph.D. MSc (Eng)
Supervisor, Laboratory Director
Ulaanbaatar, 15009, Mongolia



The profile of this provider is available in the database of the recognized Providers of Proficiency Testing (PT) ISO/IEC 17043:2010.
For a list of other laboratories that are accredited to ISO/IEC 17043:2010, visit the website of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) at www.ilac.org

Аккредитация



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

The ANSI National Accreditation Board

Member since 2016

Central Geological Laboratory of Mongolia
P.O. Box 457
Ulaanbaatar 15009, Mongolia

Reference to requirements of
ISO 17034:2016

is to be held of

REFERENCE MATERIAL PRODUCER

This certificate shall only be used to certify the results of accreditation document.
The current scope of accreditation can be verified at www.anab.org



S. Tsogzolbator, Ph.D. MSc (Eng)
Supervisor, Laboratory Director
Ulaanbaatar, 15009, Mongolia



The profile of this provider is available in the database of the recognized Providers of Reference Material (RM) ISO 17034:2016.
For a list of other laboratories that are accredited to ISO 17034:2016, visit the website of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) at www.ilac.org



На электростанциях образуется большое количество золошлаковых отходов, которые обладает большим потенциалом для использования в качестве источников вторичного сырья в строительной промышленности, сельском хозяйстве и др.

Цель исследований

Определение содержания редкоземельных элементов и альфа-излучающих радиоизотопов:

- месторождения угля, (электростанции Монголии);
- угольная зола (потенциальный источник высокотехнологичного сырья);
- объекты окружающей среды (вода, почвы, растения и др.)



ОЭПВАЯ НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова
и кафедры Общей ядерной физики физического факультета МГУ

Семинар памяти профессора Б.С. Ишханова
“Фотоядерные исследования. Состояние и перспективы”

24 октября 2024 года в ауд. 2-15 19 корпуса НИИЯФ МГУ.

Спасибо за внимание!

**Статус и перспективы радиохимических исследований
на микротроне МТ-25 в ЛЯР ОИЯИ**

Николай Аксенов

nikolay.aksenov@jinr.ru