

The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”

Monday, 7 October 2024 - Friday, 11 October 2024

Almaty, Kazakhstan

Book of Abstracts

Contents

1/Nc corrections to the processes of $\pi\pi$ production in e^+e^- annihilation and τ decay . . .	1
30 years of ion beams from the Warsaw Cyclotron - a good beginning.	1
3He–4He DILUTION REFRIGERATOR, USED TO OBTAIN ULTRA-LOW TEMPERATURE (DOWN TO 25mK)	1
A DETAILED DESCRIPTION OF THE FEATURES OF THE PROCESS OF ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES IN THE ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE IN THE PREVAILING RADIOECOLOGICAL CONDITIONS	2
ADDITIONAL GOLD RECOVERY FROM TAILING WASTE BY ION EXCHANGE RESINS	4
ADSORPTION OF ASTATINE SPECIES ON GOLD SURFACE	5
ANALYSIS OF URANIUM BY TRLIF, RIMS AND ICP-MS	6
APPLICATION OF NEUTRON TOMOGRAPHY IN THE STUDY OF METEORITES, ROCKS, AND CULTURAL HERITAGE OBJECTS	7
APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY FOR ANALYZING LOCAL PHASE AND STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN CERAMICS	8
ASTROPHYSICAL S-FACTOR AND REACTION RATE FOR $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ REACTION . .	8
ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FOR $^{11}\text{B}+p\rightarrow^{12}\text{C}$ FROM THE $^{11}\text{B}(^{10}\text{B},^9\text{Be})^{12}\text{C}$ REACTION AND THE $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ ASTROPHYSICAL S FACTOR	10
ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FROM THE $^{14}\text{C}(^3\text{He}, d)^{15}\text{N}$ REACTION ANALYZIS	10
Advancing Question Answering in Nuclear Physics: A Comparative Review of NQuAD and EXPERT2 Datasets with Pathways to Next-Generation Models	12
Analysis of $^{22}\text{N} + ^9\text{Be}$ Reaction Data Through Glauber Model at 700 MeV/u Beam Energy	12
Application of coordinate-sensitive detectors based on microchannel plates in a time-of- flight spectrometer	13
BENCH TESTS OF THE RF1 BARRIER SYSTEM OF THE NICA COLLIDER	13
CALCULATION OF BUILDUP FACTORS USING TAYLOR'S APPROXIMATION FOR MULTI- LAYERED SHIELDS	14

CALCULATION OF FORM FACTORS AND SEMI-LEPTON BRANCHINGS OF THE $B \rightarrow \rho$ TRANSITION IN THE COVARIANT QUARK MODEL	15
CLUSTER STRUCTURE OF LIGHT NUCLEI AND ITS INFLUENCE ON MECHANISM OF LOW ENERGY NUCLEAR REACTIONS	15
CLUSTER TRANSFER IN THE SCATTERING OF 2H, 3He and 6LI FROM BE TARGET	16
COOPERATION BETWEEN THE INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS AND THE JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY IN THE FRAMEWORK OF A FOLLOW-UP TRAINING COURSE ON ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY MONITORING	17
COULOMB NUCLEAR INTERFERENCE EFFECT IN BREAKUP REACTION OF 26P HALO NUCLEI	18
CREATION OF A NEUTRON REFLECTOMETRY FACILITY BASED ON THE WWR-K RESEARCH REACTOR	19
CRYOGENIC GAS STOPPING CELL WARM TESTS WITH 223RA ALPHA SOURCE	19
Calculations of Momentum distributions of reaction products in fragmentation reactions at low energies	20
Correlation studies of the Helium-7 excited states	21
DECHIPERING OF SPACE INFORMATION WHEN COMPILING A LARGE-SCALE VEGETATION MAP AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE AFTER UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS IN WELLS	21
DETAILED NEUTRONIC CALCULATIONS FOR PULSED NUCLEAR RESEARCH REACTOR NEPTUNE	23
DETERMINATION OF THE ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT FOR THE $^{15}\text{N}+n \rightarrow ^{16}\text{N}$ FROM THE $^{15}\text{N}(d,p)^{16}\text{N}$ REACTION	24
DETERMINATION OF ZERO ENERGY ASTROPHYSICAL S-FACTOR OF THE $^{16}\text{O}(p,\gamma)^{17}\text{F}$ CAPTURE REACTION	24
DISTINCTIVE FEATURES OF METAL/SUPERCONDUCTOR-INSULATOR TRANSITIONS IN DOPED La-BASED CUPRATES WITH LARGE-RADIUS IMPURITIES	25
DISTINCTIVE LOW- AND HIGH-TEMPERATURE DEPENDENCES OF THE UPPER CRITICAL MAGNETIC FIELD IN HIGH-TC CUPRATE SUPERCONDUCTORS	26
DISTINCTIVE LOW-AND HIGH-TEMPERATURE DEPENDENCES OF THE MAGNETIC PENETRATION DEPTH IN ORGANIC AND HIGH- T_c CUPRATE SUPERCONDUCTORS: EVIDENCE FOR THE GAPPED AND GAPLESS BOSE-LIQUID SUPERCONDUCTIVITY	27
DNA nanobioelectronics and applications	28
Development of the high temperature induction oven to production of the Ti, Cr, Ni, Fe metal-ions from ECR ion sources	29
Diffractive oxygen-proton interactions $O^{16} + [p] \rightarrow p + 4\pi$ and $O^{16} + [p] \rightarrow p + p_f + N^{15}$ at 3.25 GeV per nucleon- the parameter free Monte-Carlo approach	29

EFFECT OF NANOSTRUCTURED ALUMINUM SURFACE ON N-HEXANE RADIOLYSIS PROCESSES	30
EFFECT OF NEUTRON IRRADIATION ON THE ELECTRONIC AND OPTICAL PROPERTIES OF ALGAAS/INGAAS-BASED QUANTUM WELL STRUCTURES	31
ELECTROCHEMICAL SENSORS BASED ON TRACK-ETCHED MEMBRANES FOR GLUCOSE DETERMINATION	31
EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN THE REACTIONS (γ, n) , $(n, 2n)$ ON BARIUM ISOTOPES	32
EXPANDING ANTENNA ARRAYS FOR ENHANCED RADIO DETECTION OF COSMIC RAYS AT THE TIAN SHAN HIGH-ALTITUDE OBSERVATORY	33
EXPERIMENTAL STUDY OF BINARY PROCESSES IN THE $^{36}\text{Ar}+^{144}\text{Sm}$, $^{56}\text{Fe}+^{124}\text{Xe}$, $^{68}\text{Zn}+^{112}\text{Sn}$, AND $^{90}\text{Zr}+^{90}\text{Zr}$ REACTIONS LEADING TO THE FORMATION OF ^{180}Hg	34
Experimental studies of differential cross sections of $7\text{Li}+^{10}\text{B}$ reaction products	35
Experimental study of the $^{243}\text{Am} + ^{48}\text{Ca}$ reaction at the new separator DGFRS-2	35
FABRICATION OF SILVER DOPED TRACK-ETCHED MEMBRANES MODIFIED WITH MOF USING CLICK CHEMISTRY APPROACHES	36
FEW-NUCLEON SYSTEMS IN THE BETHE-SALPETER APPROACH	37
FUTURBETON AS NEUTRON-SHIELDING MATERIAL	37
Garfield++ / LTSpice for modelling response of Straw Tubes with custom readout	38
HIGH-ENERGY MAGNETOSPHERIC ELECTRONS WITH ENERGY >2 MEV AND STATE OF THE INTERPLANETARY ENVIRONMENT	38
HIGH-ENERGY MAGNETOSPHERIC ELECTRONS WITH ENERGY >2 MEV AND STATE OF THE INTERPLANETARY ENVIRONMENT0	39
ILU RF ELECTRON ACCELERATORS FOR E-BEAM AND X-RAY APPLICATIONS.	39
INFLUENCE OF IONIZING RADIATION AND HYDROCARBONS ON NATURAL BENTONITE METAMORPHISM	40
INVESTIGATING ALPHA CLUSTER STRUCTURE IN LIGHT NUCLEI THROUGH RESONANT REACTIONS AT THE ASTANA CYCLOTRON	41
INVESTIGATION OF HIGH-ENERGY MUON INTERACTIONS IN EXTENSIVE AIR SHOWERS USING SCINTILLATION HODOSCOPES	41
INVESTIGATION OF THE CONTENT OF RADIONUCLIDES IN MONOCOTYLEDONOUS AND DICOTYLEDONOUS PLANTS-DOMINANT BIOGEOCENOSES OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE	42
INVESTIGATION OF THE DENSITY AND VECTOR ANISOTROPY OF GALACTIC COSMIC RAYS DURING THE ARRIVAL OF INTERPLANETARY DISTURBANCES	43
INVESTIGATION OF THE INTERACTION MECHANISMS IN THE REACTIONS WITH HEAVY IONS	44

ION INJECTORS OF THE BUDKER INP FOR SCIENTIFIC, MEDICINE AND INDUSTRIAL APPLICATIONS.	44
ION TRACKS IN NANOCRYSTALLINE OXIDES INDUCED BY SWIFT HEAVY IONS . . .	45
IS THE STATE $E^*=14.08$ MeV OF ^{12}C NUCLEUS OBSERVED IN THE p-TRANSFER PROCESSES?	46
ISOTHERMAL DECAY ANALYSIS OF INTERMEDIATE TL PEAKS OF NANO-A-ALUMINA	46
International center for neutron research based on the PIK reactor	47
Investigation of spectral properties of ^{11}Be in breakup reactions	47
Investigation of ternary particles in the spontaneous fission of ^{252}Cf	48
Investigation of the possibility of applying an available cross-section library in the production of ultracold neutron source using Monte Carlo simulation	49
Investigation of the reactions $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ and $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ on the SuperHeavy Element Factory	50
JUSTIFICATION OF ^{75}Se AND ^{169}Y AS SOURCES FOR KILOVOLTAGE X-RAY THERAPY WITH RADIOSENSITIZERS	50
LEAD TARGET FOR THE STUDY OF ACCELERATOR DRIVEN SUBCRITICAL REACTOR WITH ION BEAMS	51
LOW-ENERGY ELECTRON SOURCES WITH PLASMA CATHODES FOR INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL PURPOSES	52
MEASUREMENT OF CONCENTRATION PROFILES OF THE LIGHTEST ELEMENTS BY THE TAGGED NEUTRON RECOIL METHOD	52
MEASUREMENT OF THE STANDARD MODEL AT THE TEV COLLIDERS	53
METAL ADSORPTION ON THE SURFACE OF TITANIUM DIOXIDE FILM	53
METAL/SUPERCONDUCTOR-INSULATOR TRANSITIONS AND THEIR INFLUENCE ON HIGH- T_c SUPERCONDUCTIVITY IN UNDERDOPED AND OPTIMALLY DOPED CUPRATES	54
MICROSTRUCTURE MODIFICATION OF THE PRUSSIAN WHITE CATHODE MATERIAL AND ITS EFFECT ON THE ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF SODIUM-ION BATTERIES	55
Manifestation of cluster degrees of freedom in the structure of medium and heavy nuclei.	56
Mass and energy distributions of fission fragments of $^{241}\text{Am}^*$ compound nucleus with ~ 11.5 MeV excitation energy formed in $^{240}\text{Pu}(p,f)$ reaction at incident proton energy of 7 MeV and their decomposition into separate yields of fission modes.	56
Modernization of electronic units of RF stations of the Nuclotron NICA	57
NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AND LOW BACKGROUND GAMMA SPECTROMETRY IN ECOLOGICAL STUDIES	57

NEW SPECTRA OF HIGH-TEMPERATURE THERMALLY STIMULATED LUMINESCENCE IN LiF, Ti AND NaCl-Li DOSIMETRIC CRYSTALS	58
New Physics effects in the semileptonic $\Lambda_c \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu_\mu$ decay	59
OCTAHEDRAL ASSORTED STRUCTURE FOR CLUBBING OF AGRICULTURAL, ENVI- RONMENTAL RESTORATION, ECONOMIC GROWTH, TECHNOLOGY, ORNITHOL- OGY, AGRO FORESTRY, POLYCULTURE AND SUSTAINABILITY - AN OMNIPRESENT SCIENTIFIC METHOD FOR ACHIEVING A SWIFT STEP LEADING TO “NET ZERO” BY PEACEFUL USE OF NUCLEAR TECHNOLOGY	59
ON THE DEPENDENCE OF THE FORMATION OF INDICATORS OF MEADOW COMMU- NITIES OF THE SEMIPALATINSK LANDFILL ON RADIOECOLOGICAL CONDITIONS	60
OPTIMIZATION OF AUTOMATIC POWER CONTROL SYSTEM OF THE IBR-2M PULSED REACTOR	61
On the role of neutron and proton nuclear shells in formation of mass and energy dis- tributions of fission fragments of $^{237}\text{Pu}^*$, $^{240}\text{Pu}^*$ and $^{242}\text{Pu}^*$ compound nuclei with excitation energy of around 23 MeV.	62
PREPARATION AND APPLICATION OF STIMULI-RESPONSIVE PET TEMS FOR WATER- OIL EMULSION SEPARATION	63
PRESSURE-INDUCED PHASE TRANSITIONS IN THE CoFe_2O_4 AND $\text{Zn}_{0.34}\text{Fe}_{2.53}[\]_{0.13}\text{O}_4$ FERRITES	64
PRODUCTION OF HEAVY NEUTRON-ENRICHED NUCLEI WITH THE MAGIC NUMBER $N=126$ IN THE RIB-INDUCED MULTINUCLEON TRANSFER REACTIONS	65
PRODUCTION OF IRIDIUM-192 IONIZING RADIATION SOURCE FOR RADIOGRAPHIC TESTING OF METAL WELDED JOINTS	65
PRODUCTION OF SHORT-LIVED ALPHA EMITTERS ^{223}Ra , ^{227}Th AND ^{225}Ac FOR THE NEEDS OF NUCLEAR MEDICINE AT RIAR JSC	67
PRODUTION OF ION BEAMS FROM DECRIS-2M AND ECR4M ECR ION SOURCES	68
Particle generation using the pyroelectric and piezoelectric effect in lithium niobate and lithium tantalate	68
Photonuclear reactions on stable isotopes of molybdenum at bremsstrahlung end-point energies of 10-23 MeV	69
Possibilities of producing radioisotopes and radiopharmaceuticals in Poland	69
Production of Au isotopes through neutron transfer reactions in the $^{48}\text{Ca} + ^{197}\text{Au}$ collision	70
Projectile breakup effects in case of fusion reactions	71
RADIATION DEFECTS IN FUNCTIONAL MATERIALS FOR NUCLEAR APPLICATION	72
RADIATION-INDUCED PHASE INSTABILITY AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF CORROSION RESISTANCE AND MECHANICAL PROPERTIES OF FERRITIC-MARTENSITIC	

STEELS	73
RADIOCHEMICAL POLYMERIZATION OF POLYACRYLIC ACID TO TRACK-ETCHED MEMBRANES BASED ON PVDF-HFP DOPED WITH GRAPHENE OXIDE	74
RAMSES –RADIOLOGICAL MONITORING PLATFORM FOR ENVIRONNEMENT AND NUCLEAR FACILITIES	74
RE-DEPENDENT STRUCTURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN Fe-Ga FUNCTIONAL ALLOYS	75
RESEARCH AND DEVELOPMENT ON HTGR FUELS AND MATERIALS UTILISING WWR- K RESEARCH REACTOR	76
RESONANCE MECHANISMS OF NUCLEAR REACTION ENHANCEMENT IN A LASER FIELD	77
Rare decays of B mesons	78
Reactions induced by 30 MeV ^3He beam on ^9Be : Cluster transfer reactions	78
Real-Time Follow-Up of Multimessenger Alerts at the Baikal-GVD Telescope	79
SCATTERING OF PROTONS AND THE LIGHTEST NUCLEI ON TENSOR-POLARIZED DEUTERONS AND TEST OF T-INVARIANCE	79
SCATTERING OF DEUTERONS ON ^{10}B NUCLEI AT AN ENERGY OF 14.5 MEV	80
SEMI-EMPIRICAL FORMULA FOR DETERMINING ABSORBED DOSE IN GdNCT STUD- IES WITH MAGNEVIST	81
SHIELDING CALCULATIONS OF THE VVR-SM RESEARCH REACTOR WITH ENHANCED MONTE CARLO TECHNIQUES	82
SPECIFIC CRITERIA FOR DETERMINING THE FERMIONIC AND BOSONIC NATURES OF COOPER PAIRS IN DOPED CUPRATE SUPERCONDUCTORS	83
SPECIFIC CRITERIA FOR DETERMINING THE FERMIONIC AND BOSONIC NATURES OF COOPER PAIRS IN DOPED CUPRATE SUPERCONDUCTORS	84
STATUS AND LATEST FINDINGS FROM THE NUGEN EXPERIMENT AT KALININ NU- CLEAR POWER PLANT	85
STRUCTURAL INVESTIGATIONS OF WATER-BASED FERROFLUIDS WITH ISOMETRIC AND ANISOMETRIC NANOPARTICLES	86
STUDY OF CONTINUOUS ENERGY SPECTRA FROM THE REACTIONS $^{60}\text{Ni}(p, xp)$ AND $(p, x\alpha)$ AT A PROTON ENERGY OF 22 MEV	86
STUDY OF EXCITATION OF ISOMERIC STATES OF ^{109m}Pd IN REACTIONS $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)$, $^{110}\text{Pd}(n, 2n)$ AND $^{108}\text{Pd}(n, \gamma)$	87
STUDY OF FUSION OF Ca ISOTOPES WITH ^{208}Pb AT THE ENERGIES AROUND THE COULOMB BARRIER	88
STUDY OF NATURAL RADIONUCLIDES IN GAS CONDENSATE AND CALIBRATION OF RADIOISOTOPIC LEVEL GAUGES	89

STUDY OF THE ABSORPTION AND SHIELDING EFFICIENCY OF TWO-LAYER POLYMER COMPOSITES FROM NON-IONIZING AND IONIZING RADIATION	90
STUDY OF THE INTERACTION OF α -PARTICLES WITH THE ^9Be NUCLEUS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE COUPLED CHANNEL METHOD AT AN ENERGY OF 45 MEV	91
STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN $^{\text{nat}}\text{Mg}$ NUCLEI AT ENERGIES UP TO 20 MeV	92
STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN $^{\text{nat}}\text{Fe}$ NUCLEI AT ENERGIES OF UP TO 20 MeV	93
STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN $^{\text{nat}}\text{Ni}$ NUCLEI AT ENERGIES OF UP TO 20 MeV	94
STUDY OF THE SPATIAL ENERGY DISTRIBUTION OF A SUBMICROSECOND ELECTRON BEAM WITH A WIDE KINETIC ENERGY SPECTRUM EXTRACTED INTO THE ATMOSPHERE	95
STUDY OF TOTAL CROSS SECTIONS FOR THE REACTIONS $^{10,11,12}\text{Be}+^{28}\text{Si}$	96
STUDYING THE INTERACTION OF DEUTERONS WITH ^{13}C NUCLEI AT AN ENERGY OF 18 MEV	97
SURFACE-MODIFIED CARBON NANOTUBES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	98
SWIFT-HEAVY IONS RADIATION DAMAGE STUDY OF SOME DIELECTRIC AND OPTICAL MATERIALS	99
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MINERAL MODIFIED POLY-N-VINYLPYRROLIDON-AGAROSE COMPOSITES FOR MEDICAL APPLICATION	99
Searches for ecological gas mixtures for gaseous detectors of ionizing radiation	100
Spectrometric amplifier based on commercially available operational amplifiers for alpha spectroscopy	101
Standard Model of Effective Field Theory (SMEFT)	101
Straw detector technology - the current state	102
Structural Analysis of ^{29}Ne through Nuclear Breakup Reaction at 240 MeV/u	102
Study of 4n continuum in the $^8\text{He} + 2\text{H}$ collisions at ACCULINNA-2 fragment separator	103
Study of the Coulomb decay of light neutron-rich fragment produced in ternary fission of ^{252}Cf	104
Study of the nonleptonic decay $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ in the covariant confined quark model	104
TECHNICAL PREPARATION FOR IN SITU TRITIUM RELEASE STUDIES OF EU REFERENCE CERAMIC BREEDER PEBBLES	105
TEMPERATURE INDUCED PROCESSES IN HE IRRADIATED BARIUM CERATE	105

THE EFFECT OF DOSE AND TEMPERATURE OF NEUTRON IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND STRAIN LOCALIZATION OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS	106
THE ENERGIES OF THE LOWEST LEVELS OF YRAST BANDS IN EVEN-EVEN TRANSFERMIUM NUCLEI	107
THE ENHANCEMENT OF X-RAY ABSORBED DOSE IN TUMOR CELLS VIA BISMUTH-BASED COMPOUNDS	108
THE FEATURES OF RADIONUCLEIDES ACCUMULATED BY DISTURBED SEMIPALATINSK TEST SITE VEGETATION ECOSYSTEMS	109
THE MOLECULAR DYNAMICS AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF ALCOHOLDEHYDROGENASE ENZYME ON THE GRAPHITIC SORBENT SURFACES	110
THE ROLE OF QUARKS IN FORMATION OF NUCLEAR STRUCTURE: SUPER-HEAVY NUCLEI	111
THE USING OF LIVING SLICES OF HUMAN ANAPLASTIC ASTROCYTOMA IN VITRO CONDITIONS IS USEFUL TOOL FOR EVALUATION OF TUMORS SENSITIVITY TO GAMMA IRRADIATION AND GADOLINIUM NEUTRON CAPTURE IRRADIATION.	112
THREE-PARTICLE BINDING ENERGY and WAVE FUNCTION of 14A NUCLEI BASED on THE HH METHOD	113
TIME DETECTORS WITH HIGH RESOLUTION FOR STUDY EXTENSIVE AIR SHOWERS FRONT	114
TL AND EPR DATING OF POLUTEPE ARCHEOLOGICAL SITE IN AZERBAIJAN	114
TRACK-ETCHED MEMBRANE/ PVC@HKUST-1 ELECTROSPUN NANOCOMPOSITE MEMBRANE FOR CO ₂ CAPTURE	115
Testing the concept of isospin splitting of giant dipole resonance in reactions (γ, p) on nuclei 74,77,78,80Se	116
The Highly Granular Neutron Detector prototype at the BM@N experiment	117
URANIUM AND THORIUM ISOTOPES IN SOILS OF ALMATY REGION (KAZAKHSTAN)	118
UTILIZING IONIZING RADIATION (GAMMA AND NEUTRON) TO DEVELOP DROUGHT AND SALINITY-RESISTANT RICE VARIETIES	119
АККУМУЛЯЦИЯ ТРИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ, ПОДВЕРГШИМСЯ ОСТРОМУ КРАТКОВРЕМЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОКИСИ ТРИТИЯ	120
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА АЛМАТЫ	121
БЕССЕТОЧНЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОР ДЛЯ ЯДЕРНОЙ И ОЖЕ-ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ	122
БИОАКУМУЛЯЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	122

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{210}Pb В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	123
ВЛИЯНИЕ G- ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА Al_2O_3	124
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СТОЙКОСТЬ СВЕТОДИОДОВ, ОСНОВАННЫХ НА ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ AlGaAs К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ	125
ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ GSO	125
ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА Cu@PC КОМПОЗИТНЫХ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН	126
ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ РАСТВОРА НА АДСОРБЦИОННОЕ УДАЛЕНИЕ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ	126
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА МЕТАЦИРКОНАТ ЛИТИЯ, ДОПИРОВАННЫЙ MgO	127
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА И СТАРТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФАЗОВУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ZrO_2 , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА	128
ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, Г. АЛМАТЫ	129
ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ЭТИЛЕНА-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА	130
ВЫДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДА ГЕРМАНИЯ-68 ИЗ ГАЛЛИЕВОЙ ЦИКЛОТРОННОЙ МИШЕНИ	131
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТВОЛОВОЙ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ ТК-5бис, ПРОБУРЕННОЙ В ПОЛОСТЬ ТК-5 ОБЪЕКТА "ЛИРА"	132
ДЕТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСПАДА ИЗОТОПОВ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	133
ДЕТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИУСТЬЕВЫХ ПЛОЩАДОК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ОБЪЕКТОВ ЛИРА	134
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПИРОВАНИЯ ОКСИДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА ЛИТИЯ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ	135
ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ФАЗОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В КОМПОЗИТНЫХ $x\text{Al}_2\text{O}_3 - (1-x)\text{Si}_3\text{N}_4$ КЕРАМИКАХ ПРИ ВАРИАЦИИ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТ	135
ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИКИ $\text{Sm}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, ПОЛУЧЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОМОЛА	136
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РАЙОНЕ Г.ТОМСКА	137

ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПОЛИМОРФНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В ZrO ₂ КЕРАМИК ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ	137
ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ГОРОДА АЛМАТЫ	138
ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ БЕТА-РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ	139
ИМЕЕТСЯ ЛИ ОСТРОВOK СТАБИЛЬНОСТИ ПРИ Z=126?	141
ИММЕРСИОННЫЙ ОБЪЕКТИВ С УЛУЧШЕННОЙ ФОКУСИРОВКОЙ	141
ИНДУКЦИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ У ТРИТИКАЛЕ (× TRITICOSECALE) С ПОМОЩЬЮ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ	142
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ	143
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РОДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ	144
ИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИОБИИ, ПОДВЕРГНУТОМ РАДИАЦИОННОМУ И ТЕРМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	145
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ (ИСП-МС) ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ЗОЛАХ И ШЛАМАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДАХ АЛМАЛЬКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.	145
ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА SERRATULA CORONATA L.	146
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ И РАСТВОРИМОСТИ РОДИЯ В КРЕМНИИ	147
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФАЗОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ЛАНТАНА –СТРОНЦИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕГРАДАЦИИ	148
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ФЕРРИТО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-450, ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В РЕАКТОРЕ БН-350	149
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦА СМЕШАННОГО ВОЛЬФРАМАТА - Hf _{0.5} Zr _{0.5} W ₂ O ₈ МЕТОДОМ ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ γγ-КОРРЕЛЯЦИЙ	150
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩИХ СРЕДИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНО- ФИЗИЧЕСКОМ МЕТОДОМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ВОКРУГ ПЛАНИРУЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС В УЗБЕКИСТАНЕ.	151
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ZnO ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ В ГИПЕРТЕРМИИ	151
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНО-γ- Al ₂ O ₃ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГЕКСАНА И СМЕСИ ГЕКСАН- ВОДА	152

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ К ОБЛУЧЕНИЮ ИОНАМИ КРИПТОНА И ГЕЛИЯ	153
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОУГЛЕРОДА В ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕСКАРАГАЙСКОГО РАЙОНА С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	154
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ СИНТЕЗА ЛЕГКИХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ В НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» ПЕТЕРБУРГСКОМ ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ	155
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НИЖАЙШИХ КВАДРУПОЛЬНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ИЗОТОПАХ GE	155
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ВНУТРИ ОБЛУЧАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С БЕРИЛЛИЕВОЙ ЗАСЫПКОЙ	156
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ДЕФОРМАЦИИ ТВС В РЕАКТОРЕ ИБР-2М	157
ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАЗАХСТАНСКОМ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКОМ ТОКАМАКЕ КТМ В ПОДДЕРЖКУ РАБОТ ПО УПРАВЛЯЕМОМУ ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ	157
Исследование особенностей развития адронных каскадов в стволе ШАЛ методом ионизационного калориметра "Адрон-55"	158
Исследование радиационной стойкости материалов, пригодных для создания детекторов черенковского излучения.	159
Исследование распределения трития в растениях в зависимости от пути его поступления	159
Исследование реакций многонуклонных передач при столкновениях $26\text{Mg} + 238\text{U}$ на кинематическом сепараторе SHELS	160
КАНАЛ И СТАНЦИЯ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ МИКРОЧИПОВ СОЧИ/ CHANEL AND STA- TION FOR EXPOSURE OF MICROCHIPS	161
КАЧЕСТВО ВОДЫ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕК ШУ-ТАЛАС	161
КОМПЛЕКС РАДИАЦИОННОГО СКАНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫЙ МКГ-АТ6111 ДЛЯ БЕСПРОБООТБОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕШЕХОДНОГО СКАНИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ	163
КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПРОПИТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ РАДОНА В ЖИЛЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ	163
КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ КАК КРИТЕРИИ ВЫБОРА ГРАНИЦ ОПТИМАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ДОЗ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	164
КОНЦЕНТРАЦИЯ Ra-226 В КОММЕРЧЕСКИХ БУТИЛИРОВАННЫХ ВОДАХ ТАШКЕНТА	165
КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА ПИК В ТЯЖЕЛОЙ ВОДЕ	166

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ В РАСТЕНИЯ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ МЕСТ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ	167
МАССА НОСИТЕЛЯ ЗАРЯДА В LSCO КУПРАТЕ: ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И АНИЗОТРОПИИ РЕШЕТКИ	168
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО, КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ В РАЗВИТИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РГП ИЯФ В ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ	169
МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ В СТАЛИ CF8 ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ ^{57}Fe	170
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ С ОЛОВЯННО- ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ДЕЙТЕРИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ	171
МЕТОДИКА СОРБЦИОННО-ДЕСОРБЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МАТЕРИАЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	172
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ СПЛАВАМИ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА УСТАНОВКЕ ТiGrA	173
МИКРОТВЕРДОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО- НЕЙТРОННОЙ ТРАНСМУТАЦИЕЙ	174
МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛЬФРАМА ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ	174
МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА ВЫСОКИХ И ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГИЙ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПЛЁНКИ INAS НА САФИРПОВОЙ ПОДЛОЖКЕ	175
Мгновенные нейтроны спонтанного деления короткоживущих тяжёлых ядер	176
Многолетние вариации природного бета-радиационного поля в поверхностном атмосферном слое земли на широте г. Алматы	176
НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ЯЧМЕНЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ	178
НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПО КОРОТКОЖИВУЩИМ РАДИОНУКЛИДАМ НА КИР ВВР-К	179
НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ КАРБИДАХ ТИТАНА TiC _x	180
НИОКР ПО СОЗДАНИЮ СТЕНДА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ВОДОРОДА МЕТОДОМ БЕТА-И ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ (БИПК), А ТАКЖЕ МЕТАНОЛА, КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОВАРНОГО ПРОДУКТА	181
О ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ ИЗ ПРИРОДНОГО ИРИДИЯ НЕЙТРОННЫМ ПОТОКОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-К	181

О ТЕКУЩЕМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПОЛИГОНА «АЗГИР» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА В 2023 Г.	182
ОБ ОБНАРУЖЕНИИ НОВЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ДАННЫХ НА УСКОРИТЕЛЯХ И КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ	183
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ 1949-1989 гг.	184
ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕРИЛЛИДА ТИТАНА (TiBe12) В РЕАКТОРЕ ВВР-К	186
ОБРАЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ В pTa- И cTa-СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 4.2 А ГэВ/с	186
ОБЪЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ СПЛАВАХ FE-GA И FE-GE	187
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ВОД ШТОЛЬНЕВЫХ ВОДОТОКОВ	188
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА В ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ	189
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ КРЕМНИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ, МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ И НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА	190
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ПРОТОННО СВЯЗАННЫХ СОСТОЯНИЯХ ЯДЕР ^{15}N , ^{16}O , ^{19}F , ^{32}S ИЗ РЕАКЦИЙ ПЕРЕДАЧИ ПРОТОНА	191
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОБЛУЧЕНИЯ ОКСИДА МОЛИБДЕНА НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ВВР-К ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ 99-МОЛИБДЕНА	192
ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА	193
ОПЫТ РАЗРАБОТКИ, ИСПЫТАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТУРЫ АЭРОГАММА- СЪЕМКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	194
ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УРАНОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНЫХ РЕК КЫРГЫЗСТАНА	195
ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛОВОДНЫХ СИСТЕМ РЕАКТОРА ПИК	196
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ Sr-90 НА ТКАНЕВОМ УРОВНЕ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПОКОЛЕНИЙ КУЛЬТУРЫ ФАСОЛИ (PHASEOLUS VULGARIS)	197
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗОНАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	198
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ	

В ПРОБАХ ГРУНТА, ОТОБРАННЫХ В ТОЧКАХ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ЛИРА	201
ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА «ГЕКСАХЛОРАН ДУСТ» УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ	202
ПЕРВЫЙ ОПЫТ РЕМЕДИАЦИИ ПЛОЩАДОК УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ ПРИ ФИНАНСИРОВАНИИ ЕБРР	203
ПЛУТОНИЙ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА –ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР –РАСТЕНИЕ»	204
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ СКВАЖИН ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НЕЙТРОНОВ	205
ПОГЛОЩЕНИЕ ПЛУТОНИЯ БОБАМИ НА РАЗНОМ СРОКЕ ВЕГЕТАЦИИ	206
ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВОЙ ЗАДАЧИ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСТИЦ С КУЛОНОВСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ	207
ПРОЕКТ СКВАЖИННОГО ГЕНЕРАТОРА НЕЙТРОНОВ ДЛЯ ПРЯМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА МЕТОДОМ АКТИВАЦИИ	208
Параметры ядер при упругом фраугоферовском и френелевском дифракционном рассеянии альфа-частиц	209
Процессы спаривания нуклонов в модели эффективного двухадронного среднего поля	210
РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ, ИНДУЦИРОВАННЫЕ БЫСТРЫМИ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ В АКТУАЛЬНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРАХ	211
РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НА ЛЕДНИКАХ ТЯНЬ-ШАНЯ	212
РАДИОМЕТР-КОМПАРАТОР АЛЬФА-БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЙ РК-01 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЭТАЛОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	213
РАДИОТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА С БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ CdS/ZnS	214
РАЗВИТИЕ НЕЙТРОННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ВВР-К	215
РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА УЧАСТКАХ, ПЛАНИРУЕМЫХ К ПЕРЕДАЧЕ В НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ	216
РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ ОФЭКТ	216
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕАКТОРА ВВР- К И КРИТИЧЕСКОГО СТЕНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР «SOLIDWORKS»	217
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ НА ОСНОВЕ ТРОЙНОГО ЗОНДА	

.....	218
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{137}Cs ПО ФРАКЦИЯМ ПОЧВ «ДАЛЬНИХ» ЧЕРНОВЫЛЬСКИХ ВЫПАДЕНИЙ	219
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО АГРЕГАТНЫМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВОДОТОКОВ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ШТОЛЬНЯХ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ	220
РЕЗУЛЬТАТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ А10 БЫВШЕГО ПОЛИГОНА «АЗГИР» В 2023 ГОДУ	221
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ С УЧАСТИЕМ КИСЛОРОДА	222
Радиационные технологии для пищевой продукции: требования к регламенту обработки, методы идентификации факта облучения, регулирование оборота облученной продукции	223
Радиоэкологические исследования во ВНИИРАЭ: основные результаты и перспективы	224
Распределение трития в объектах окружающей среды в местах проведения подземных ядерных испытаний на территории Семипалатинского испытательного полигона	225
СИМУЛЯЦИЯ УСТАНОВКИ НЕЙТРОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ НА РЕАКТОРЕ ВВР- К С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ VITESS	226
СИСТЕМА УДАЛЕННОГО РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ, ОТЛАДКИ, ТЕСТИРОВАНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ КАРТ НАКАМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА TRC/MPD ПРОЕКТА NISA	226
СНИЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ.	227
СОЗДАНИЕ УСТАНОВОК ПО ПРОЕКТУ ПРИМЕНЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ ВОДЫ, ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ	228
СОРБЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ КОБАЛЬТ-57 И ЦЕЗИЙ-137 НА ГЕЛЕОБРАЗНОМ СОРБЕНТЕ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ И ФЕРРОЦИАНИДОВ ЖЕЛЕЗА-НИКЕЛЯ .	228
СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРОВ С ДЕТЕКТОРАМИ NaI(Tl) БОЛЬШОГО ОБЪЕМА В УСЛОВИЯХ РЕЗКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР	230
СРАВНИТЬ ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ КАНАЛОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВВР-СМ НА ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА	231
СТАТИЧЕСКИЕ МАТРИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОСТОЯНИЙ НИЗКОЛЕЖАЩИХ ПОЛОС ИЗОТОПОВ $^{182,184}\text{W}$	232

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-2-АЛКИЛ-2-ОКСАЗОЛИНОВ С ПОЛИКАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ	233
СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СТАЛЯХ 12Х18Н10Т И 08Х16Н11М3(Т) В РЕЗУЛЬТАТЕ РАДИАЦИОННОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	234
СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЯХ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	235
Сотрудничество между ОИЯИ и ИЯФ по астрофизическим проектам ОЛВЭ-НЕРО и ИВГШАЛ	235
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (AlTiZrYNb)N, ОПРЕДЕЛЕННАЯ КЭМС МЕТОДОМ НА ЯДРАХ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА-57	236
УРАВНЕНИЕ КЛЕЙНА-ГОРДОНА С ДИССИПАЦИЕЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ОПИСАНИЮ ЭМИССИИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ	237
ФЛУКТУАЦИИ ГЕОМЕТРИИ СТОЛКНОВЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР	238
ФЛУКТУАЦИИ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ОТ ЭНЕРГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	239
ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ПЛУТОНИЯ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ	240
ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЕНОК PdSi/Si	241
ЭМИССИЯ КУМУЛЯТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ И ФРАГМЕНТОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ НА ОСНОВЕ НЕРАВНОВЕСНОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА	241
ЭМИССИЯ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 14,5 МэВ С ЯДРОМ ^{59}Co	242

126

1/Nc corrections to the processes of $\pi\pi$ production in $e+e-$ annihilation and τ decay

Author: Kanat Nurlan¹

Co-authors: Mikhail Volkov¹; Aleksey Pivovarov¹

¹ *BLTP, JINR*

Corresponding Author: nurlan.qanat@mail.ru

It is shown that the processes $e+e-\rightarrow\pi+\pi-$ and $\tau\rightarrow\pi\pi\nu$ can be described in a unified approach in satisfactory agreement with experiment using the vector coupling constant $g=6$. In this case, in addition to quark loops, it is also necessary to take into account meson loops corresponding to the next order in $1/N_c$. These loops must be taken into account when describing the $\gamma(W)\rightarrow\rho$ transition, as well as in interaction of mesons in the final state.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

233

30 years of ion beams from the Warsaw Cyclotron - a good beginning.

Author: Pawel Napiorkowski¹

¹ *University of Warsaw, Heavy Ion Laboratory*

Corresponding Author: pjn@slcj.uw.edu.pl

The „Nuclear Physics News” in 1994 reported:

„New facility is born. It has been a good season for Polish heavy ion physicists and for Warsaw champagne dealers, as well. At the end of November 1993, the stocks of champagne were depleted after the first successful acceleration of 32 MeV $^{20}\text{Ne}^{2+}$ beam in the Warsaw Heavy Ion Cyclotron[...]”.

Since then, the world and the Heavy Ion Laboratory at the University of Warsaw have changed. Today, the Warsaw U-200P cyclotron delivers beams of heavy ions for experiments conducted by international experimental teams with the ICARE, EAGLE, and NEDA setups. Research opportunities offered by the HIL infrastructure are not limited to nuclear spectroscopy only, but also extend to radiobiology, materials studies and medical applications. A selection of results obtained in this European transnational access facility located in the centre of Poland and plans for the very near future will be presented.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

36

3He–4He DILUTION REFRIGERATOR, USED TO OBTAIN ULTRA-LOW TEMPERATURE (DOWN TO 25mK)

Author: Anton Dolzhikov¹

Co-authors: Ivan Gorodnov¹; Nikolay Borisov¹; Yuri Usov¹

¹ JINR

Corresponding Author: dolzhikov@jinr.ru

3He–4He Dilution Refrigerator is the only device at the moment that allows to obtain an ultra-low temperature (down to 5mK) in a continuous mode (for several months and more). In 1966, one of the world's first 3He–4He dilution refrigerators was created in Dubna under the leadership of B.S. Neganov. Since then, more than 10 3He–4He dilution refrigerators have been created in the Low Temperature Department of the DLNP JINR. At present, 3He–4He dilution refrigerators are widely used in various fields of physics and technology: in elementary particle physics - for cooling a target material; in quantum computers - for cooling qubits; in condensed matter physics - to study the properties of matter at ultralow temperatures; in aerospace industry - for cooling detectors of telescopes; etc.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

50

A DETAILED DESCRIPTION OF THE FEATURES OF THE PROCESS OF ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES IN THE ECOSYSTEMS OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE IN THE PREVAILING RADIOECOLOGICAL CONDITIONS

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management "Institute of Botany and Phytointroduction" of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

The main pollutants of the soil cover of the Semipalatinsk test site are Sr90, Cs137, Am241, Eu152,154[1].

1. A high level of contamination Am241 –112 451 Bq/kg (layer 0-25 cm) was detected in the light chestnut surface-damaged (in the process of decontamination) soils occupying a significant area at the landfill. But in the ash of plant roots, it reaches only 59-600 Bq/kg, and in the ash of the aboveground part –16-43 Bq/kg. The content of Eu152,154 is 3 164-3 530 Bq/kg (in a layer of 0-12 cm), 384-1 900 Bq/kg - in the ash of plant roots and 99-182 Bq/kg in the ash of the aboveground part. The results of gamma-spectrometric analysis of soil and plant samples revealed a similar pattern in the migration of other pollutants –Cs137, 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-washing type of water regime; 3) insignificant humus content in the surface horizon of soils, slightly alkaline reaction of soil solution, predominance of loamy differences, sufficient availability of Mg⁺⁺ and Ca⁺⁺. These factors and features of zonal soils limit the possibility of sorption of radionuclides by plant roots. Soils are polluted in the surface layer 0-2, 0-5, 0-10 cm. The main mass of plant roots is located in the soil layer 0-28(30) cm. The absorption of radionuclides by the root system of the dominant species *Stipa sareptana* and *Artemisia sublessingiana* is significantly less than their content in the soil. The exception is the hyperaccumulator of the β -emitter *Artemisia sublessingiana*, accumulating 9 100-9 300 Bq/kg in the aboveground part of the plant, and 6 580-7 800 Bq/kg in the roots (3 780 Bq/kg in the soil).
2. The content of α -emitters according to standards [2] exceeds the maximum permissible concentration (MPC) in soils (in a layer of 0-12 cm) by 8 times, in the ash of the dominant roots - 1.6-11.5

times, in the aboveground part of the plants - 2.5 times. The value of Cs137 is 1.5-3 times higher than the MPC according to [3] in soils, and 2.4 times higher in plant roots.

3. In the soils of military-technical structures, the main pollutant is the alpha emitter. In the 0-15 cm layer according to [2], its content exceeds the MPC by 7 times, in the ash of the roots of the predominant plant - from 0.7 to 1.8 times, in the aboveground part - from 0.7 to 1.8 times.

II. The main pollutants of meadow ecosystems are Cs137 and β -emitters. In meadow solonchakous soils (in a layer of 0-10 cm) Cs137 - 3 166 Bq/kg accumulates, β -emitters - 41 600 Bq/kg; in meadow drying soils, respectively, 4 130 Bq/kg and 28 800 Bq/kg [2]; in meadow settling soils - 1 053-1 394 Bq/kg and 46 200 Bq/kg, in meadow settled soils 896 Bq/kg and 16 970 Bq/kg. The content of Cs137 in meadow soils exceeds the MPC according to [3] from 2 (meadow settled) to 11 times (meadow drying).

According to the level of accumulation of radionuclides in plants, β -particles predominate. The hyperaccumulator of this pollutant is *Inula britannica* (in the ash of the roots 79 100 - 115 000 Bq/kg, above-ground part - 84 000-229 400 Bq/kg); *Galatella biflora* - respectively in the roots - 189 600-450 000 Bq/kg and above-ground part 242 000 - 390 000 Bq/kg, *Phragmites australis* - 42 900 Bq/kg and 85 800 Bq/kg; *Achnatherum splendens* - 87 000 Bq/kg and 207 000 Bq/kg.

A high content of β -particles was detected in the roots of *Elytrigia repens*, *Leymus angustus*, *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba officinalis*, *Glycyrrhiza uralensis*. Significant accumulation of α -particles was noted in the roots of *Leymus angustus* - 1 740 - 2 100 Bq/kg (in the aboveground part < 800-1 380 Bq/kg), *Achnatherum splendens* - 1 830 and 900 Bq/kg, respectively, *Elytrigia repens* - 3300-11 600 and < 800-390 Bq/kg, *Calamagrostis epigeios* - 6 780-18 600 Bq/kg and < 1000-400 Bq/kg, *Galatella biflora* - 3 880-5 600 Bq/kg and < 360 Bq/kg - < 1 100 Bq/kg. According to [3], the content of α -pollutants exceeds the MPC from 1.5 to 18 times.

Cs137 hyperaccumulators are *Potentilla acaulis*: in the ash of the aboveground part 320 Bq/kg, in the ash of the roots - 100 Bq/kg, *Glycyrrhiza uralensis*, respectively - 173-1794 Bq/kg and 340-438 Bq/kg, *Achnatherum splendens* 151-382 Bq/kg and 24-198 Bq/kg. High content was noted in the roots of *Inula britannica* - 682-3 100 Bq/kg, *Elytrigia repens* 5 400-7 906 Bq/kg, *Calamagrostis epigeios* 3 672-4 130 Bq/kg, *Leymus angustus* 1 690-5 382 Bq/kg. According to [4], the content of Cs137 in the ash of the roots of these plants exceeds the MPC by up to 20 times.

Significant pollution of meadow ecosystems by β - α -emitters and Cs137 is caused by the following factors: high humus content in the surface layer of soils, PH change - from neutral to slightly alkaline. Mechanical composition of soils (sandy loam, loamy, heavy loam), sufficient soil moisture (due to additional surface and groundwater). They contribute to the migration of technogenic radionuclides in the “soil-soil solution” and “soil-plant systems”.

A significant contribution to the pollution of meadow ecosystems is also made by the currently manifested “secondary effects associated with the accumulation of fission products during underground nuclear explosions, especially in the Degelen mountain range, and their removal to the daytime surface by thawed and stormwater” [2].

III. In halophytic ecosystems, the main soil pollutant is Cs137: in ordinary salt marshes - 1 053-1 394 Bq/kg, in meadow-desert-steppe salt marshes - 5 397 Bq/kg, in meadow-desert-steppe salt marshes - anthropogenic disturbed (during the construction of engineering and technical communications) - 14 470 Bq/kg. According to [4], the level of pollution of these soils exceeds the MPC from 2.8 to 28 times. The main pollutants of plants are β - and α -particles. In the ash of the roots of the dominant species, β -emitters accumulate from 3 370 to 31 000 Bq/kg, in the aboveground part, respectively, from 2 380 to 10 600 Bq/kg. The level of accumulation of α -particles is significantly lower: in the ash of plant roots - from 1 200 to 3 900 Bq/kg, in the aboveground part - from < 350 to 1 700 Bq/kg. The content of Cs137 is insignificant: in the ash of the roots of the dominant species reaches 135-753 Bq/kg, the aboveground part - 83-556 Bq/kg. The exception is *Artiplex cana*, which accumulates 2 440 Bq/kg in the ash of the roots and 2 770 Bq/kg of the aboveground part.

The hyperaccumulator of Cs137 is the lichen *Parmelia vagans*, accumulating 54 000 Bq/kg. This value exceeds the MPC by [4] by 145 times.

In the roots of the dominant species (higher plants), in accordance with [4], the level of Cs137 pollution exceeds the MPC up to 6 times, in the aboveground part up to 1.5-7.4 times.

Soils in halophytic ecosystems are formed under conditions of additional moisture due to rain and meltwater (slope runoff) Additional moisture in the negative elements of the relief contributes to some activation during the migration of radionuclides. Thus, in the ash of the aboveground part of *Halimione verrucifera*, the level of contamination with β -emitters is 5 100 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 noted in the surface layer of 0-5 cm. the main physical and chemical parameters of salt marshes and salt marshes also do not affect the intensity of migration of radionuclides. The humus content in salt marshes reaches 2.0-2.3%, the PH of the solution is 7.6-8.6; in salt marshes, respectively, 1.8-1.9% and 7.4-8.4. Loamy and heavy loamy differences prevail in the mechanical composition of these soils. The complex of these factors limits the possibility of vertical and horizontal migration of radionuclides in halophytic ecosystems.

List of literature

1. Smagulov S .G., Tukhvatullin Sh. T., Cherepnin Yu. S. Semipalatinsk polygon//Report of the National Research Center of the Republic of Kazakhstan to the UN Commission. Kurchatov, 1998, 7 p.
2. State sanitary and epidemiological rules and regulations. Radiation Safety Standards (NRB –99) SP 2.6.1. 758-99. Almaty, 2000, 80 p.
3. Temporary criteria for making decisions on limiting the exposure of the population during the transfer to economic use of lands where nuclear explosions were carried out (KPR3–97), 1997.
4. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan No. 653 of July 31, 2007 “On approval of criteria for assessing the environmental situation of territories”, 2007.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

60

ADDITIONAL GOLD RECOVERY FROM TAILING WASTE BY ION EXCHANGE RESINS

Author: Ulugbek Ashrapov¹

Co-authors: Shavkat Malikov¹; Ilkham Sadikov¹; Bakhodir Mirzaev¹; Erkin Bozorov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences of Republic Uzbekistan*

Corresponding Authors: aut@inp.uz, malikov@inp.uz, profkom@inp.uz, ilkham@inp.uz, ashrapov@inp.uz

The article describes the method of gamma activation analysis used to determine the gold content in rock samples using the «Aura» measuring complex, and also discusses the physicochemical basis of gold extraction in the process of cyanide leaching. A technology for extracting gold from solutions of tailings of tailings of hydrometallurgical plants of JSC «Navoi Mining and Metallurgical Plant» (NMMC) is presented. A technological scheme of an installation for extracting gold from tailing waste solutions is presented. The mechanisms of chemical reactions in the process of extracting gold from a tailings pond are described.

Concentrated sulfuric acid (98.3%) was added to the solution of tailing waste from the “pond” with pH=8.5 and the acidity was adjusted to pH=3.3–3.5. The acidified solution was passed through chromatographic column No. 1 with an AM-2B anion exchanger weighing 2.0 g, through which 100.0 l of the “pond” solution was passed in dynamic mode at a speed of 3 ml/min, and through chromatographic column No. 2 with an anion exchanger VP-1P weighing 2.0 g passed 120.0 liters of tailings solution from the “pond” in dynamic mode at a speed of 3 ml/min. Then, qualitative and quantitative analysis of the saturated resin was carried out. It has been shown that in the dynamic mode of sorption of tailing waste solutions acidified to pH=3.3–3.5 through AM-2B and VP-1P ion exchange resins, gold is sorbed on ionite AM-2B up to 3.9 mg/g and on the VP-1P anion exchanger up to 1.5 mg/g (Table 1).

Table 1. Sorption of gold and base, alkali and alkaline earth metals on AM-2B ion exchanger from acidified tailing waste solutions.

Name of ion exchange resin Metals content in ion exchangers resin, mg/g

Au Ag Ni Cu Co Zn

AM-2B 3.9 0.22 0.12 0.05 3.2 0.78

VP-1P 1.5 0.08 0.12 0.05 2.6 0.15

Concentration of solution, mg/l

Pond tailing solutions 0.06 0.12 1.5 0.6 0.5 0.4

From table 1 it can be seen that at pH = 3.3–3.5 gold is quantitatively sorbed on the AM-2B anion exchanger (3.9 mg/g), and on the VP-1P anion exchanger up to 1.5 mg/g [1]. At the same time, the capacity of the AM-2B anion exchanger exceeds the capacity of the VP-1P anion exchanger by 2.6 times. The VP-1P anion exchanger is completely saturated with gold and impurity metal cyanides, and the AM-2B anion exchanger is 45% saturated, because the total capacity of the AM-2B anion exchanger is 8.7 mg/g.

An aqueous technical solution of ammonia (25%) with a volume of 15.0 l was added to the tailings

solution of the “pond” with a volume of 100.0 l and passed through a chromatographic column No. 3 with an AM-2B anion weighing 2.0 g in dynamic mode at a speed of 3 ml/min. Then, qualitative and quantitative analysis of the saturated AM-2B resin was carried out. The experimental results of the study showed that if an aqueous solution of ammonia is added to the alkaline solution of the tailings, then gold is sorbed on the AM-2B anion exchanger up to 3.0 mg/g in dynamic mode (Table 2.)

Table 2. Sorption of gold and base, alkali and alkaline earth metals on AM-2B ion exchanger from ammonia solutions of tailing waste.

Name of ion exchange Metals content in ion exchangers resin, mg/g

resin Au Ag Ni Cu Co Zn

AM-2B 3.0 0.25 0.13 0.08 3.0 0.8

Concentration of solution, mg/l

Pond tailing solutions 0.06 0.12 1.5 0.6 0.5 0.4

Thus, if the tailings solution is acidified with sulfuric acid or neutralized to a slightly alkaline medium with an aqueous solution of ammonia, in both cases the cyanide complex $[\text{Au}(\text{CN})_2]^{-1}$ is not destroyed, because the cyanide complex of gold has a stability coefficient $K_{\text{st}}=2 \cdot 10^{38}$ and gold is quantitatively sorbed on AM-2B [2].

References

1. Khudaibergenov U., Khodiev Yu., Ashrapov U.T. Method for extracting gold from solutions. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP 04314. 2006. 3 p.
2. Minutes of meeting No. 118 on laboratory tests of a method for extracting gold from tailing solutions of the GMP-2 “pond” of the Central Laboratory of Gamma Activation Analysis of JSC NMMC. Zarafshan. 1995. 2 p.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

99

ADSORPTION OF ASTATINE SPECIES ON GOLD SURFACE

Author: Yuriy Demidov¹

Co-authors: Elena Konovalova¹; Alexander Oleynichenko¹

¹ Petersburg Nuclear Physics Institute

Corresponding Authors: iurii.demidov@gmail.com, oleynichenko_av@pnpi.nrcki.ru, lenaakonvalova@gmail.com

Long-lived isotopes of the superheavy elements (SHE) with atomic numbers $Z \geq 104$, can be produced in fusion reactions between heavy actinide targets and neutron-rich projectiles at only very low rates: from single atoms per minute ($Z = 104$) to single atoms per week ($Z = 114$). Since the thermochromatography on gold has proved a unique method for chemical detection of heaviest elements, the description of SHE –gold interactions has

recently been of prime concern. It has been shown experimentally that the adsorption energies of Cn ($Z = 112$) and Fl ($Z = 114$) atoms on gold surface are close and lower than those for their closest homologues Hg and Pb, respectively. This confirms the theoretical predictions concerning the electronic structure of the Cn and Fl atoms: due to strong relativistic stabilization of s and p_{1/2} shells, both Cn and Fl ground states are of closed-shell character.

Strong relativistic effects suggest dramatic dissimilarities in the chemical behavior of SHEs and their formal lighter homologues. The calculated adsorption energy for single atoms of nihonium on a gold surface [1] differs substantially from the experimentally measured adsorption energy on gold of its nearest homolog, thallium. This casts doubt on the usefulness of the experiments with Nh formal homologues for understanding its chemistry. Despite manifest deviations of the chemical properties of the SHEs from the trends observed in their lighter formal homologues in the respective groups of

the periodic table, finding chemical pseudo-homologues appears a practically meaningful issue. Due to this unique feature of the 7th row of the Periodic Table, the electronic structure of a Nh atom can be interpreted as a Fl atom with a hole in its closed $7p_{1/2}$ -subshell. This observation seems to render astatine a closer chemical “relative” of Nh in comparison to the formal homologue Tl. Thus, At might be a plausible chemical species for model experiments aiming at finding the optimum experimental conditions for further explorations of the Nh chemistry. The predicted adsorption energies for At & AtOH on gold are 157 kJ/mol and 117 kJ/mol, respectively [2]. This confirms the experimental observation on the formation of AtOH molecules in presence of trace amounts of water and oxygen in the carrier gas. The mechanism of AtOH formation in thermochromatographic experiments remains to be established. In our recent paper we proposed that the adsorbed At atoms act as precursors to the formation of AtOH molecules on gold surface.

References

- [1] Rusakov A. A., Demidov Yu. A., Zaitsevskii A. V. Estimating the adsorption energy of element 113 on a gold surface // *Cent. Eur. J. Phys.*, V. 11, P. 1537-1540 (2013).
 [2] Demidov Yu. A. et al. Uncovering Chemical Homology of Superheavy Elements: A Close Look at Astatine // *ChemRxiv*, DOI:10.26434/chemrxiv-2024-6nl51 (2024).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

8

ANALYSIS OF URANIUM BY TRLIF, RIMS AND ICP-MS

Author: Igor Izosimov¹

Co-authors: Abdisamat Vasidov²; Bakhodir Saidullaev²; Ilya Strashnov³

¹ *Joint Institute for Nuclear Research (JINR)*

² *Nuclear Physics Institute*

³ *The University of Manchester, School of Natural Sciences*

Corresponding Author: izosimov@jinr.ru

Laser spectroscopy (Resonance Ionisation Mass Spectrometry-RIMS, Time Resolved Laser Induced Fluorescence-TRLIF, Time Resolved Laser Induced Chemiluminescence-TRLIC,) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) can be very efficient for elemental and isotope composition analysis of various samples, as well as for the determination of the molecular and valence forms of uranium (speciation analysis) [1-5]. A series of reference materials measurements with various isotope compositions ranging from depleted and natural to enriched uranium by RIMS have been previously reported by our collaboration [1,2]. For samples of depleted uranium the $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} < 0.003$ ratio was determined with <7% precision (2σ errors) for the total uranium concentrations not exceeding ~80 fg per sample [1].

Without mineralization, the limit of uranyl detection (LOD) by TRLIF in blood plasma has been determined 0.1ng/ml . After mineralization, a lower LOD ranging $0.008\text{ng/ml} - 0.01\text{ng/ml}$ has been evaluated. The limit of uranyl detection in urine in our TRLIF experiments was up to 0.005ng/ml . Such LOD are sufficient to allow for studies the dynamics processes and behaviour of the of uranium in biological objects [3,4]. However, actinides in various valence states do not all exhibit luminescence properties and for such cases the TRLIC methods can be applied [2,5].

A high concentration of uranium we detected by ICP-MS in the bones of dinosaurs (122mg/kg), South mammoth (220mg/kg), prehistoric bear (24mg/kg) and archanthropus (1.5mg/kg) compared to surrounding soils ($3.7\text{mg/kg} - 7.8\text{mg/kg}$) and standard bones ($< 0.01\text{mg/kg}$) was established. The standart $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0.007$ ratio was detected for all samples, but the $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (detected $1.6 \cdot 10^{-4} \div 5.8 \cdot 10^{-5}$) ratio differ from secular equilibrium value $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} (5.5 \cdot 10^{-5})$.

References

1. Strashnov I.M., et al. *Anal. Atom. Spectroscopy* 2019, **34**, 1630.
2. Strashnov I.M., et al. *J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2019, **322**, 1437.
3. Izosimov I.N. *Procedia Chemistry* 2016, **21**, 473.
4. Izosimov I.N. *Environmental Radiochemical Analysis VI*, pp. 115-130. Royal Society of Chemistry Publishing, 2019.
DOI: 10.1039/9781788017732-00115
5. Izosimov I.N. *J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2015, **304**, 207.

242

APPLICATION OF NEUTRON TOMOGRAPHY IN THE STUDY OF METEORITES, ROCKS, AND CULTURAL HERITAGE OBJECTS

Authors: Bekhzodjon Abdurakhimov¹; Sergey Kichanov¹; Mannab Tashmetov²; Denis Kozlenko¹; Ivan Zel³; Irina Saprykina³

¹ *Joint Institute for Nuclear Research*

² *INP AS RUz*

³ *JINR*

Corresponding Authors: bekhzod@jinr.ru, denk@nf.jinr.ru, ekich@nf.jinr.ru

Neutron tomography creates a 3D image by reconstructing a series of radiographs to visualize the inner structure of industrial, engineering, geological, biological, and other samples of interest. The significant depth of neutron penetration makes it possible to obtain neutron images of the internal structure of studied objects with spatial resolution at the micron level. Currently, neutron radiography and tomography methods have been realized in almost all neutron centers in the world. Since 2015, the NRT station [1] at the IBR-2 high-flux pulsed reactor (FLNP JINR, Dubna) has been operated regularly for neutron tomography experiments. In 2020, a neutron imaging facility [2] was commissioned on the 5th horizontal channel of the stationary reactor WWR-SM (INP AS RUz, Tashkent), developed jointly with FLNP JINR. This report presents the main technical parameters of the neutron imaging facility and the results of studying fragments of the Chelyabinsk and Kunya-Urgench meteorites, lamprophyre dikes, and cultural heritage objects with the neutron tomography method. In particular, tomography of meteorite fragments helped to reveal the 3D distribution of metal components corresponding to the troilite and kamacite phases. Segmented particles of kamacite in the Kunya-Urgench meteorite volume were found to have a weak axial shape texture, which could have been formed as a result of collision. Lamprophyre dikes were studied to reveal the possible connection between the inclusions in the dike body and the magma flow. With neutron tomography, it was possible to obtain the 3D distributions of such inclusions, to analyze their size, shape, and orientation, and to confirm the connection between the spatial orientation of the inclusions and the direction of magma movement. Within the framework of cooperation with archaeologists, the phase composition and spatial distribution of various phases inside the Qarakhanid dirham were obtained. It has been established that the main phases of the corrosion fraction are cuprite Cu₂O, tenorite CuO, and chalcocite Cu₂S. The uneven distribution of corrosion penetration into the coin volume is reconstructed. Also, 3D models of clay mortar fragments from the walls of the Uzundara fortress, mineral composition, and spatial distribution of the main phases in the volume of these fragments were obtained.

References:

1. D.P. Kozlenko, S.E. Kichanov, E.V. Lukin et al. Neutron Radiography Facility at IBR-2 High Flux Pulsed Reactor: First Results. *Physics Procedia*. Vol. 69, pp. 87-91, 2015. (DOI: 10.1016/j.phpro.2015.07.012)
2. B.A. Abdurakhimov, M.Yu. Tashmetov, B.S. Yuldashev et al. New Neutron Imaging Facility at the WWR-SM Reactor: Design and First Results. *Nuc. Inst. and Meth. in Phy. Res. Sec. A*, Vol. 989, p. 164959, 2021. (DOI: 10.1016/j.nima.2020.164959)

Section:

Energy and materials science (Section 2)

71

APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY FOR ANALYZING LOCAL PHASE AND STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN CERAMICS

Author: Natalia Volodina¹

Co-authors: Artem Kozlovskiy²; Rafael Shakirzyanov¹; Yuriy Garanin²

¹ *L.N. Gumilyov Eurasian National University*

² *The Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan*

Corresponding Authors: shakirzyanov_ri@enu.kz, natalia00volodina@gmail.com

The study of the structural and phase features of various materials is an important task in materials science research. One of the most widespread methods for establishing the phase and structural properties of materials is X-ray diffraction (XRD). Although this method is commonly used in laboratories worldwide, Raman spectroscopy, which can address similar issues, offers several advantages. The application of Raman spectroscopy does not require complex sample preparation or time-consuming adjustment of the measurement equipment, yet valuable experimental data can be obtained in a few minutes. Due to its inherent features, Raman spectroscopy can also serve as a complementary technique that provides information about a sample that is not available using X-ray diffraction.

An essential difference between Raman spectroscopy and X-ray diffraction is its locality. In Raman spectroscopy, the properties of the near-surface layer of the sample are studied to a greater extent since the visible laser radiation passes only a few micrometers into the material, while in the method of X-ray diffraction, diffractograms are averaged from a larger material volume. In this report, a study of radiation defects in ceramics when irradiated with high-energy ions will be demonstrated. Since the thickness of the affected layer is typically ~ 1-10 μm , it is possible to follow the phase transformations and the resulting stresses in the material in more detail than using the X-ray diffraction method. It is also worth noting that the lateral localization of Raman spectroscopy provides an opportunity to study individual micro-objects, such as particles, grains, defects, or inclusions in ceramics. Our research group studied indentation marks obtained using a microhardness tester on AlN-based ceramics to monitor the effect of the stresses generated in the ceramics on the resulting Raman spectra.

Another advantage of Raman spectroscopy is its superior ability to distinguish polymorphic modifications of materials. Differentiating the cubic phase from the tetragonal phase is a common problem that arises when studying doped ZrO₂. The X-ray diffraction method is not useful for this task because the positions of the reflections of these phases on the diffractograms are too close to be resolved, whereas the Raman spectra of the tetragonal and cubic phases of ZrO₂ differ significantly. In our work, Raman spectroscopy was applied to specify the phase composition of ZrO₂-based ceramics doped with different concentrations of CeO₂.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

282

ASTROPHYSICAL S-FACTOR AND REACTION RATE FOR $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ REACTION

Authors: Sergey Artemov¹; Nassurulla Burtebayev²; Stanislav Sakuta³; Sayrambay Igamov⁴; Maulen Nassurulla²; Marzhan Nassurulla⁵; K. Rusek⁶; Feruz Ergashev⁴; Olimjon Tojiboev⁷; Irina Son¹; Damir Issayev⁸

¹ Institute of Nuclear Physics, 100214, Ulughbek, Tashkent, Uzbekistan

² Institute of Nuclear Physics, ME of Republic of Kazakhstan

³ Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan, National Research Center “Kurchatov Institute”, 123182 Moscow, Russia

⁴ Institute of nuclear physics of Academy of sciences of Uzbekistan

⁵ Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

⁶ Heavy Ion Laboratory University of Warsaw, PL-20-093 Warsaw, Poland

⁷ Institute of nuclear physics Academy Sciences of Uzbekistan

⁸ Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Corresponding Authors: olimjon@inp.uz, igamov63@gmail.com, damir.isaev.15@gmail.com, artemov@inp.uz, son.irina@inp.uz

S.V. Artemov^{1,2}, N. Burtebayev^{1,3}, S.B. Sakuta^{1,4}, S.B. Igamov², Maulen Nassurulla^{1,3}, Marzhan Nassurulla¹, K. Rusek⁵, F.Kh. Ergashev², O.R.Tojiboev², I.Ya. Son², D.A. Issayev^{1,3}

¹ Institute of Nuclear Physics, 050032 Almaty, Kazakhstan

² Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan

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

⁴ National Research Center “Kurchatov Institute”, 123182 Moscow, Russia

⁵ Heavy Ion Laboratory University of Warsaw, PL-20-093 Warsaw, Poland

E-mail: igamov@inp.uz

It is generally accepted that the ¹²C nucleus is formed mainly by fusion of three α particles, $3\alpha \rightarrow$ ¹²C through the Hoyle state ($0^+_{g.s.}$) with an excitation energy of 7.65 MeV, as the proton capture by the ¹¹B nucleus at $E_{p} < 100$ keV has a small cross section for ¹²C formation in primary nucleosynthesis. However, the alternative pathways of its formation considered, for example, in the inhomogeneous Big Bang model [1] leading to radiative capture of a proton by the ¹¹B nucleus, cannot be ignored. As noted in [1,2], in the processes of nucleosynthesis in proton-rich environment, the following chains of nuclear reactions may also be important:

\dots ⁷Be(p, γ)⁸B(α, p)¹¹C(e, ν)¹¹B(p, γ)¹²C \dots

The direct measurements of the total S-factors of radiative capture on ¹²C, even at not too low energies, is a non-trivial experimental task, since it is necessary to measure the γ spectra of low-intensity high-energy γ -quanta ($E_{\gamma} \gg 10$ MeV) and also high-energy cascade quanta [1]. Note that in the astrophysically significant energy region below 100 keV in the ¹¹B+p system there are no resonances, and therefore, for extrapolating calculations of the total S-factors and reaction rates, it becomes very important to know the ANCs for bound states of the proton in the ¹²C nucleus, which can make a significant contribution to the total direct proton capture cross section.

The aim of this work is to calculate the astrophysical S-factor and the reaction rate ¹¹B(p, γ)¹²C using the ANC square values for the ground ($0^+_{g.s.}$) and excited ($2^+_{g.s.}$) states of the ¹²C nucleus (where the experimental data are available), obtained from the analysis of the peripheral ¹¹B(¹⁰B,⁹Be)¹²C proton transfer reaction. The calculation of the astrophysical S factor of the ¹¹B(p, γ)¹²C radiative capture reaction was carried out within the framework of the modified R-matrix method for transitions to the ground ($0^+_{g.s.}$) and 1-st excited ($E_{exc} = 4.44$ MeV, $2^+_{g.s.}$) states of the ¹²C nucleus. This work also presents the results of the calculation of the reaction rate ¹¹B(p, γ)¹²C based on the energy dependence of the S-factor at the astrophysical relevant temperatures.

References

1. J.J. He et al., Phys. Rev. C 93, 055804 (2016)
2. V. Guimaraes and C. A. Bertulani AIP Conf. Proc. 1245, 30 (2010)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

148

ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FOR $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ FROM THE $^{11}\text{B}(^{10}\text{B}, ^9\text{Be})^{12}\text{C}$ REACTION AND THE $^{11}\text{B}(p, \gamma)^{12}\text{C}$ ASTROPHYSICAL S FACTOR

Authors: Avganbek Sabidolda^{None}; S.V. Artemov¹; Nassurulla Burtebayev²; Maulen Nassurlla²; Ромазан Ходжаев³; Yernazar Mukanov⁴; Damir Issayev⁵

¹ *Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan*

² *Institute of Nuclear Physics, ME of Republic of Kazakhstan*

³ *РГП ИЯФ*

⁴ *Institute of Physics and Technology, Satbayev University*

⁵ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

Corresponding Authors: damir.isaev.15@gmail.com, ramazan_inp@mail.ru, asabidolda@mail.ru

The reaction $^{11}\text{B}(^{10}\text{B}, ^9\text{Be})^{12}\text{C}$ was studied at an energy of 41.3 MeV with transitions to the ground (0^{+}) and low-lying excited 4.44 MeV (2^{+}) and 9.64 MeV (3^{-}) states of the ^{12}C nucleus. The measured angular distributions were analyzed using a modified distorted wave method, which assumes a one-step proton transfer mechanism [1]. It is shown that at small angles (in the region of the main diffraction maximum) this reaction occurs on the surface of the nucleus with a predominance of a one-step process. This made it possible to determine the values of asymptotic normalization coefficients (ANC) for $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$. The ANC squares are $322 \pm 76 \text{ fm}^{-1}$, $32.8 \pm 6.4 \text{ fm}^{-1}$ and $1.26 \pm 0.44 \text{ fm}^{-1}$ for the 0^{+} , 2^{+} and 3^{-} states of the ^{12}C nucleus, respectively. The obtained ANC values were used to take into account the contribution of the direct process when calculating the astrophysical S-factors of the radiative capture of a proton by the ^{11}B nucleus at astrophysical energies.

The obtained values of S –factors at zero energy are in excellent agreement with existing literature values, with the exception of the $S(0, \gamma)$ value obtained by J.H. Kelly et al [2], which is ≈ 3 times lower than our result.

Acknowledgments. This work is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant# AP14870964 “Studies of the interaction of protons and ions ^{10}B with nuclei ^{11}B for thermonuclear and astrophysical applications”).

References:

1. S.V. Artemov et al., Eur. Phys. J. A 58:24 (2022)
2. J.H. Kelley et al., Phys. Rev. C 62, 025803 (2000)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

109

ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENTS FROM THE $^{14}\text{C}(^3\text{He}, d)^{15}\text{N}$ REACTION ANALYZIS

Author: E.T. Ruziev¹

Co-author: S.V. Artemov ¹

¹ *Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding Author: ruziev@inp.uz

The work is devoted to determining the values of the Asymptotic Normalization Coefficients (ANCs) of bound proton states in the ^{15}N nucleus from the experimental data on the reaction $^{14}\text{C}(^3\text{He}, d)^{15}\text{N}$ [1]. In addition to new data on the structure of the ^{15}N nucleus, knowledge of the squares of ANC is necessary for calculating the astrophysical S factors and reaction rates for the radiative proton capture $^{14}\text{C}(p, \gamma)^{15}\text{N}$ reaction. The study of radiative proton capture reactions occurring in the processes of primordial and stellar nucleosynthesis is an important part of nuclear astrophysics. In particular, the above reaction can play an important role in inhomogeneous Big Bang models, being a participant in the chain of processes [2,3]

We have analyzed the differential cross sections (DCS) of the $^{14}\text{C}(^3\text{He}, d)^{15}\text{N}$ reaction from [1] (at a beam energy of 25.4 MeV,) within the Modified DWBA (MDWBA) [4] framework, which can be applied in the case of a one-stage process of peripheral proton transfer. The verification of the peripherality of a proton transfer in the region of the forward angles of deuteron emission was carried out using MDWBA tools. It showed that the transfers of a proton to the ground state as well as to 5.27 MeV $5/2^+$, 5.30 MeV $1/2^+$, 6.32 MeV $3/2^-$, 7.16 MeV $5/2^+$ and 7.30 MeV $3/2^+$ states of the ^{15}N nucleus are practically peripheral, since the spread of the test function $\rho(b)$ values does not exceed the experimental DCS errors. At that, the single-particle ANC b changed when the geometric parameters of Woods-Saxon potential of the proton bound states varied in the range $1.10 < r < 1.40$ fm and $0.5 < a < 0.8$ fm. When calculating the MDWBA DCSs, we employed both optical potential (OP) parameters found by the authors of [1] and modern widely-used global OPs in the entrance and exit channels of the reaction [5,6].

It was found that the calculations describe the experimental DCSs well in the forward hemisphere of the deuteron escape, including the main diffraction maximum of the angular distributions for all considered cases. This suggests that the dominant mechanism of the reaction is a one-step proton transfer. Under this assumption, for these states of the ^{15}N nucleus, the values of the squared ANCs of proton binding were estimated by normalizing the calculated DCSs to the experimental ones for angles in the region of the main maximum of the angular distributions. For $^3\text{He} \rightarrow d+p$ binding, the value of the squared ANC was used equal to $4.28 \pm 0.50 \text{ fm}^{-1}$ [7]. The values of the ANC squares were found to be $0.49 \pm 0.08 \text{ fm}^{-1}$, $0.033 \pm 0.006 \text{ fm}^{-1}$ and $0.0063 \pm 0.0011 \text{ fm}^{-1}$ for the states 6.32 MeV, 7.16 MeV and 7.30 MeV, respectively. Data for the final states of 5.27 and 5.30 MeV, which were not resolved in the experiment (see [1]), are currently being analyzed by us. We also note that the ANC for the ground state of the ^{15}N nucleus was found by us in work [8]

The found ANC values are planned to be used in calculating the astrophysical S-factors and the rates of radiative proton capture by the ^{14}C nucleus at stellar temperatures.

References:

1. R.R. Sercely et al., Nucl. Phys. A 324, 53 (1979)
2. J. Applegat et al., Astrophys. J. 329, 527 (1988).
3. R. Malaney and W. Fowler, Ap. J. 333, 14 (1988).
4. O.R. Tojiboev et al., Phys. Rev. C 94, 054616 (2016).
5. An Haixia and Cai Chonghai., Phys. Rev. C 73, 054605 (2006).
6. Y. Zhang, D.Y. Pang, J.L. Lou., Phys. Rev. C 94, 014619 (2016).
7. S.V. Artemov., Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 73, 165 (2009).
8. E.T. Ruziev et al., Int. Jour. Mod. Phys. E 33, 2450024 (2024).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

266

Advancing Question Answering in Nuclear Physics: A Comparative Review of NQuAD and EXPERT2 Datasets with Pathways to Next-Generation Models

Author: Iskander Akhmetov¹

¹ KBTU

Corresponding Author: i.akhmetov@kbtu.kz

This article provides a comprehensive comparative review of state-of-the-art question-answering (QA) methods in the nuclear physics domain, focusing on the NQuAD and EXPERT2 datasets. As nuclear physics expands in complexity and depth, the demand for robust and accurate QA systems has grown significantly, driving advancements in datasets and algorithms tailored to this specialized field. This review synthesizes previous efforts, highlighting the methodologies, performance metrics, and unique challenges inherent in these approaches. By systematically analyzing the capabilities and limitations of existing QA models, particularly those applied to the NQuAD and EXPERT2 datasets, the article aims to identify critical areas for improvement. The findings of this study will serve as a foundation for proposing innovative QA methods that surpass current performance benchmarks, with the ultimate goal of enhancing the efficiency and accuracy of QA systems in nuclear physics. This work represents a significant step towards developing next-generation QA models to better meet the intricate demands of nuclear physics research and applications.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

263

Analysis of $^{22}\text{N} + ^9\text{Be}$ Reaction Data Through Glauber Model at 700 MeV/u Beam Energy

Author: Surender Kaliraman¹

Co-authors: Jaideep Rohilla¹; Ravinder Kumar¹

¹ Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology Murthal, Sonapat (Haryana) - 131039, INDIA

Corresponding Authors: surender.schphy@dcrustm.org, ravinderkumar12@gmail.com

The one neutron knockout reactions induced by the ^{22}N [1,2] projectile (neutron halo) on the ^9Be target at 700 MeV/u lab energy have been investigated by considering the low-lying excited states of projectile ^{22}N (1^- and 2^-) along with different excited states of core ^{21}N . Specifically, the one neutron breakup cross section and width of the outgoing core's longitudinal momentum distribution (LMD) corresponding to all possible projectile configurations have been computed and compared with available data. All the calculations were done using the CSC_GM computer code [3] based on Eikonal approximation to calculate the core fragment's one-neutron removal cross-section and LMD. This code strongly depends upon nucleon-nucleon (NN) interactions and relevant nuclear densities as inputs to calculate the total one-neutron removal cross-section. The predicted one-neutron removal cross-section and LMD width are lying close to the experimental results when one of these configurations $\{1/2\}I^- \sim \text{bigotimes } 2s\{1/2\} (J^\pi=0^-)$, $\{1/2\}I^- \sim \text{bigotimes } 2s\{1/2\} (J^\pi=1^-)$ and $\{3/2\}I^- \sim \text{bigotimes } 2s\{1/2\} (J^\pi=2^-)$ [4,5] represents the structure of ^{22}N .

Further, it is asserted that the measured LMD width has been reproduced by considering the admixture of the s state (70-90%) with the d state (30-10%). So, from these results, we concluded that an admixture of the s and d state configurations reproduced the experimental data.

References

[1] Ozawa et al., Nucl. Phys. A 691, 599 (2001).

- [2] C. Rodriguez-Tajes et al., Phys. Rev. C 83, 064313 (2011).
- [3] B. Abu-Ibrahim et. al., Comp. Phys. Comm. 151, 369 (2003).
- [4] D. Sohler et al., Phys. Rev. C 77, 044303 (2008).
- [5] <https://www-nds.iaea.org>.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

74

Application of coordinate-sensitive detectors based on microchannel plates in a time-of-flight spectrometer

Authors: Dauren Aznabayev¹; Vladimir Smirnov¹; Talgat Issatayev¹

¹ *JINR, FLNR*

Corresponding Author: daur_is101@jinr.ru

Results from reaction product measurements using a time-of-flight spectrometer with a coordinate-sensitive detector based on microchannel plates [1-3] are presented. The advantages of these MCP include their high positional sensitivity, good time resolution, and high efficiency in registering heavy charged particles with low energy. This work provides a technical description of the fission fragment registration system and the results of measurements of the parameters of the coordinate-sensitive detector obtained during the measurement of spontaneous fission fragments of ²⁵²Cf, as well as during the registration of ¹⁴N+¹⁹⁷Au at the MAVR facility. The results are of significant interest for the study of mechanisms of heavy nuclei fission and provide valuable data for theoretical research in nuclear physics. The use of such detector systems can lead to interesting results in experiments aimed at determining the masses of nuclear reaction products and reconstructing particle trajectories. Future research will involve other nuclear reactions such as ⁴⁰Ar+¹⁹⁷Au, ²³⁸U, ¹³⁶Xe+¹⁹⁷Au, ²³⁸U.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

27

BENCH TESTS OF THE RF1 BARRIER SYSTEM OF THE NICA COLLIDER

Author: Dmitriy Morozov¹

Co-authors: Alexander Grebentsov¹; Alexander Karpuk¹; Alexander Malyshev¹; Alexander Shilin¹; Alexander Zhukov²; Alexey Tribendis²; Anatoliy Murashov²; Anatoliy Sidorin¹; Anton Volodin¹; Evgeniy Rotov²; Evgeniy Syresin¹; Gregory Kurkin²; Igor Meshkov; Michael Yablochkin¹; Oleg Brovko¹; Sergei Motygin²; Sergey Krutikhin²; Vadim Osipov²; Victoria Morozova¹; Vladimir Arbuzov²; Vladimir Tarnetsky²

¹ *JINR*

² *BINP SB RAS*

Corresponding Author: morozovdm@jinr.ru

The Joint Institute for Nuclear Research (JINR) is constructing a heavy ion collider based on the existing superconducting synchrotron, Nuclotron –NICA (Nuclotron based Ion Collider fAcility). It

will be a multistage accelerator complex designed to study the interactions of ions with matter. In this report, we will explore the inner workings of the High Frequency Barrier System RF1, a crucial component of the collider. Each ring of the collider has an RF1 station equipped with it, which is used to accumulate a significant number of particles emitted by the Nuclotron. The results of benchmarking the stations of the high-frequency barrier system RF1 will be presented.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

101

CALCULATION OF BUILDUP FACTORS USING TAYLOR'S APPROXIMATION FOR MULTI-LAYERED SHIELDS

Authors: Abror Tuymuradov¹; Dilmurod Tuymurodov¹; Satimboy Palvanov¹; Sindorjon Ashurov¹

¹ National University of Uzbekistan

Corresponding Authors: palvanov1960@gmail.com, sindorphy@gmail.com, dituymurodov@gmail.com, abrorphy@gmail.com

Shielding is a fundamental component of radiation protection, providing a dependable method to limit personnel exposure by reducing dose rates through attenuation of radiation[1]. The buildup factor is essential in broad-beam geometry scenarios, where scattered radiation contributes significantly to the detected radiation dose, complicating the shielding analysis.

Taylor's approximation offers a methodical approach to estimate the buildup factors for multi-material shields[2]. By expressing the buildup factor as a series expansion, this method allows for the calculation of buildup factors for each layer of the shield individually, and subsequently combining them to obtain the overall buildup factor for the entire shield. This layered approach is especially useful for complex shielding configurations involving different materials and thicknesses.

An example calculation is provided to demonstrate the practical application of Taylor's approximation in a two-layered shield scenario. The first layer consists of Material A with a thickness of 2 cm and a fitting parameter $k_1 = 0.5$, while the second layer consists of Material B with a thickness of 3 cm and a fitting parameter $k_2 = 0.3$. Using Taylor's series expansion up to the second order, the buildup factors for each layer are calculated and combined, resulting in a total buildup factor of approximately 5.76. This example highlights the utility of Taylor's approximation in accurately determining buildup factors for complex, multi-material radiation shields.

This method is particularly beneficial for designing and optimizing radiation shielding in various applications, including medical radiology, industrial radiography, and nuclear research. By providing a clear and systematic approach to calculate buildup factors, Taylor's approximation aids in ensuring effective radiation protection and safety[3].

Radiation shielding is a critical aspect of radiation protection, aiming to limit the exposure of personnel and the environment to harmful ionizing radiation. The effectiveness of shielding depends on various factors, including the type and energy of the radiation, the properties of the shielding materials, and the geometry of the radiation source and shield. In practical scenarios, radiation often follows a broad-beam geometry, where scattered radiation significantly contributes to the detected dose. To account for this, the concept of the buildup factor is introduced, which corrects the simple exponential attenuation law to include the effects of scattered radiation.

Taylor's approximation method provides a systematic approach to estimate the buildup factors for multi-layered shields. The buildup factor $B(E, x)$ at photon energy E and shield thickness x is represented as a series expansion:

$$B(E, x) = 1 + \sum_{n=1}^N \frac{(k \cdot x)^n}{n!}$$

where k is a fitting parameter specific to the material and photon energy, and N is the order of the approximation. For multi-layered shields, the buildup factor for each layer is calculated individually and then combined to obtain the overall buildup factor.

Taylor's approximation provides a practical and effective method for calculating buildup factors in

multi-layered radiation shields. By considering the contributions of each layer individually and combining them, this method allows for accurate determination of the overall buildup factor, essential for effective radiation protection. The example calculation demonstrates the utility of this approach in real-world scenarios, offering a valuable tool for designing and optimizing radiation shielding across various applications.

References

1. G. Taylor, “Mathematical Approaches to Buildup Factors,” Radiation Protection Dosimetry, vol. 12, pp. 123-130, 1985
2. J. E. Turner, Atoms, Radiation, and Radiation Protection, Wiley-VCH, 2007.
3. J. S. Ipe, “Shielding for Photon Sources,” Health Physics, vol. 88, no. 2, pp. 127-139, 2005.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

274

CALCULATION OF FORM FACTORS AND SEMI-LEPTON BRANCHINGS OF THE $B \rightarrow \rho$ TRANSITION IN THE COVARIANT QUARK MODEL

Authors: Aidos Issadykov¹; Mukhammedkhanafiya Ilyassov²

¹ *INP ME RK & JINR*

² *INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS, Al-Farabi Kazakh National University*

Corresponding Authors: vifi5960@gmail.com, issadykov.a@gmail.com

In this paper, we study the $B \rightarrow \rho$ transition within the covariant confined quark model. The main focus is on calculating the form factors for the $B \rightarrow \rho$ channels over the entire dynamic range of the transferred momentum q^2 . Using these form factors, we calculated the branchings for the semileptonic decay $B^+ \rightarrow \rho^+ l^+ l^-$, where l are leptons. The results obtained show good agreement with the available theoretical data.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

127

CLUSTER STRUCTURE OF LIGHT NUCLEI AND ITS INFLUENCE ON MECHANISM OF LOW ENERGY NUCLEAR REACTIONS

Author: Viacheslav Samarin¹

Co-author: Anton Bazhin²

¹ *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

² *Dubna State University*

Corresponding Authors: samarin@jinr.ru, vichshizik@gmail.com

The structure of the light nuclei ${}^6\text{Li}$, ${}^9,10,11,12\text{Be}$, ${}^{10,11}\text{B}$, ${}^{12,13,14}\text{C}$, ${}^{13,14}\text{N}$ and ${}^{14}\text{O}$ were studied using the alpha-cluster model with hyperspherical functions and Feynman’s path integrals [1–4] and the shell model of the deformed nuclei [5]. Results for the ${}^{12}\text{C}$ and ${}^9\text{Be}$ nuclei are shown in Figs. 1, 2.

Fig. 1. The regular triangle configuration in the alpha-cluster models (a) and the total neutrons probability density (logarithmic scale) for the ${}^{12}\text{C}$ nucleus obtained in the shell model of a deformed nucleus (b)

Fig. 2. The total protons (a) and neutrons (b) probability densities (linear scale) for the ${}^9\text{Be}$ nucleus obtained in the shell model of a deformed nucleus

The cluster transfer channels in the low energies nuclear reactions [6, 7] are explained taking into account the cluster structure of the ${}^9\text{Be}$ nucleus.

References:

1. Samarin, V.V., Study of spatial structures in α -cluster nuclei, *Eur. Phys. J. A*, 58, 117 (2022).
2. Bazhin A. S. and Samarin V. V., Study of the Structure of the ${}^9\text{Be}$ Nucleus in the Alpha-Cluster Model by the Method of Hyperspherical Functions, *Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys.* 88, 1177 (2024).
3. Samarin V. V., Studying the Ground States of 13 , ${}^{14}\text{C}$, 13 , ${}^{14}\text{N}$ and ${}^{14}\text{O}$ Nuclei with Feynman’s Continual Integrals, *Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys.*, 86, 901 (2022).
4. Samarin V. V., Studying the Ground States of ${}^{10,11}\text{B}$, ${}^{10,11}\text{C}$ Nuclei Using Feynman’s Continual Integrals, *Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys.*, 85, 501 (2021).
5. Samarin V.V., Description of Nucleon-Transfer and Fusion Reactions within Time-Dependent Approaches and Coupled-Channel Method, *Phys. Atom. Nucl.* 78, 128 (2015).
6. Lukyanov S.M., Harakeh M.N., Naumenko, M.A., et al., Some Insights into Cluster Structure of ${}^9\text{Be}$ from ${}^3\text{He} + {}^9\text{Be}$ Reaction, *World J. Nucl. Sci. Technol.*, 5, 265 (2015).
7. Urazbekov B. A., Issatayev T., Lukyanov S. M., Azhibekov A., et al., Reactions induced by 30 MeV ${}^3\text{He}$ beam on ${}^9\text{Be}$: cluster transfer reactions, *Chinese Physics C*, 48, 014001 (2024).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

146

CLUSTER TRANSFER IN THE SCATTERING OF ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{He}$ and ${}^6\text{Li}$ FROM ${}^9\text{Be}$ TARGET

Author: Sergey Lukyanov¹

¹ *JINR (Flerov Laboratory of Nuclear Reactions)*

Corresponding Author: sml55@mail.ru

CLUSTER TRANSFER IN THE SCATTERING OF ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{He}$ and ${}^6\text{Li}$ FROM ${}^9\text{Be}$ TARGET

Lukyanov S.M.1

1 JINR (FLNR), Dubna. Russia

Angular distributions for the ${}^9\text{Be}(d,d){}^9\text{Be}^*$, ${}^9\text{Be}(d,p){}^{10}\text{Be}$, ${}^9\text{Be}(d,t){}^8\text{Be}$, and ${}^9\text{Be}(d,{}^4\text{He}){}^7\text{Li}$ channels were measured. Experimental angular distributions were described within the optical model, the coupled channel approach, and the distorted wave Born approximation. The spectroscopic factors for the systems ${}^9\text{Be} = {}^4\text{He} + {}^5\text{He}$ and ${}^7\text{Li} = d + {}^5\text{He}$ are close to unity, which confirms the contribution of the considered cluster configurations to the structure of ground states. The analysis shows that the contribution of the compound nucleus mechanism is negligible. In the $(d, {}^4\text{He})$ channel, the deuteron transfer provides only a small contribution, whereas a relatively large contribution of the

dilute system of 5He transfer was found.

The results of recent experiment on studying nucleon and cluster transfer processes in the reactions of the ^3He (30 MeV) and ^6Li (68 MeV) ions with the ^9Be target nuclei are reported.

The angular distributions for the reaction channels $^9\text{Be}(^6\text{Li},^4\text{He})^{11}\text{B}$ g.s. and $^9\text{Be}(^6\text{Li},^{10}\text{B})^5\text{He}$ g.s. have been measured. To describe the possible contributions of sequential transfer of nucleon and alpha clusters, as direct transfer of the dilute 5He cluster, the Coupled Reaction Channel method (FRESCO) is used. The spectroscopic amplitudes are obtained for the configurations of ($^9\text{Be}+d$) and ($^6\text{Li}+^5\text{He}$) in the ^{11}B nucleus and ($^6\text{Li}+^4\text{He}$) in the ^{10}B nucleus. The results indicate a strong correlation between a neutron and an ^4He , leading to the formation of the dilute 5He-cluster in the transfer processes. The experimental differential cross sections for cluster transfer in the reaction channel $^9\text{Be}(^6\text{Li},^4\text{He})^{11}\text{B}$ g.s. compared with the results of calculations. In the case of 5He transfer, the following mechanisms were taken into account: simultaneous transfer (^5He) and sequential transfer ($n+^4\text{He}$ and $^4\text{He}+n$). The probability of the sequential transfer ($^4\text{He}-n$ or $n-^4\text{He}$) is much lower than that for the process of the simultaneous transfer of 5He over the entire range of angles.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

155

COOPERATION BETWEEN THE INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS AND THE JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY IN THE FRAMEWORK OF A FOLLOW-UP TRAINING COURSE ON ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY MONITORING

Author: Diana Akhmetzhanova¹

Co-author: Takehisa Ohkura²

¹ *Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan*

² *Nuclear Human Resource Development Center, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki, Japan*

Corresponding Author: akhmetzhanova@mail.ru

Within the framework of the Instructor Training Program sponsored by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan, the Nuclear Human Resources Development Center (NuHRDeC) of the Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has been conducting “Instructor Training Courses” (ITC) since 1996, the purpose of which is to train instructors in three areas: Reactor Engineering, Nuclear/Radiological Emergency Preparedness and Environmental Radioactivity Monitoring under the current program. The Republic of Kazakhstan is joining the program since 2010. These courses are held annually in Japan, during which participants from Asian countries (Kazakhstan, Bangladesh, Indonesia, Malaysia, Mongolia, Philippines, Thailand, Turkey and Vietnam) receive the necessary basic knowledge as instructors. The duration of the course depends on the chosen direction and varies from 3 to 5 weeks. Upon completion of the ITC courses, participants return to their country and, in collaboration with NuHRDeC, JAEA, conduct “Follow-up Training Courses” (FTC) for students and young professionals in their country, making the most of the knowledge and experience gained at the ITC. A course coordinator from Japan comes to each participating country to assist in conducting the course and provide a lecture on the chosen direction.

In 2024, a Follow-up Training Course in the field of Environmental Radioactivity Monitoring was conducted on the basis of the RSE “Institute of Nuclear Physics” of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (INP), which attracted the attention of not only students of higher educational institutions and young specialists of the Institute, but also specialists from non-governmental sectors.

The instructors in this course were leading specialists of the INP, Al-Farabi Kazakh National University and NuHRDeC, JAEA. The lectures were focused on radioecology issues, including: individual dosimetric control, gamma-spectrometric measurements using the HPGe detector, comprehensive analysis of uranium-containing materials, biological effects of doses, behavior of radionuclides in the environment, theoretical foundations of methods of concentration and separation of natural radionuclides, the role of information technology in ensuring the processes of environmental research

and analysis of research results. Two separate lectures were devoted to the experience of ensuring radiation safety in Japan: “Tritium monitoring technology and information of ALPS treated water released from the Fukushima NPS accident site into the Ocean” and “Environmental radiation monitoring program on operational situation of nuclear facilities in Japan”. In addition, there were introductory lectures on the activities of the INP in the field of radioecology, the program of integrated monitoring of the territories of the former Azgir test site, the experience of ensuring Nuclear and Radiation safety at the Institute’s facilities.

Practical exercises were also organized, including field researches of dose rates and soil sampling. The participants of the course had an introductory excursion to the basic analytical laboratory of the Center for Integrated Environmental Research of the INP, equipped with equipment and materials to determine the specific activity of natural and artificial radionuclides and elements in various environmental objects.

The effectiveness of these courses is confirmed by the results of pre- and post-tests. And in order to improve the work of the course, a survey of participants is conducted, whose suggestions and comments help to increase the level and effectiveness of the course. The course participants highly appreciated the new knowledge, which will be useful to them in their work, new projects and research in the future.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

168

COULOMB NUCLEAR INTERFERENCE EFFECT IN BREAKUP REACTION OF ^{26}P HALO NUCLEI

Author: Surender Kaliraman¹

Co-author: Ravinder Kumar¹

¹ Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology Murthal, Sonapat (Haryana) - 131039, INDIA

Corresponding Authors: surender.schphy@dcrustm.org, ravinderkumar12@gmail.com

COULOMB NUCLEAR INTERFERENCE EFFECT IN BREAKUP REACTION OF ^{26}P HALO NUCLEI

Surender 1.* , Ravinder Kumar1

1 Department of Physics, Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology Murthal, Sonipat -131039, Haryana-India

* surender.schphy@dcrustm.org

In contrast to stable nuclei, halo nuclei have some unique characteristics, such as a relatively low separation energy and a large RMS radius. We must examine the breakup reaction of these unique nuclei in order to examine their structure and reaction dynamics. Breakup reactions can be divided into two categories: Coulomb breakup reactions and nuclear breakup reactions. However, the interference effect between these two phenomena is crucial to understand because both occur together instead of separately.

We have investigated the Coulomb nuclear interference effects in the breakup reaction of ^{26}P halo nuclei with three different targets (i.e., ^{12}C , ^{58}Ni , ^{208}Pb) at 40-100 MeV/n beam energies. Here, we investigated two types of interference: the total Coulomb (which included both Recoil and Direct term) and Diffraction, and the other between the Recoil and Direct. Coulomb breakup calculation used the semi-classical method to all order perturbation theory, and nuclear breakup used Eikonal approximation in the Glouber model as given in ref.[1, 2, 3, 4].

We have deduced from the results that the percentage interference effect depends on the projectile’s beam energy and target size. However, it is small for heavy and small-mass targets and more significant for medium-mass targets. As a result, interference effects become more predominant as we move towards medium mass targets and higher-energy reactions, which can be advantageous in understanding the structure and their significance in the future astrophysical reaction of halo nuclei. References

[1] Jerome Margueron, Angela Bonaccorso, and David M Brink. Coulomb-nuclear coupling and interference effects in the breakup of halo nuclei. Nuclear Physics A, 703(1-2):105–129, 2002.

- [2] A García-Camacho, G Blanchon, A Bonaccorso, and DM Brink. All orders proton breakup from exotic nuclei. *Physical Review C*, 76(1):014607, 2007.
- [3] Ravinder Kumar and Angela Bonaccorso. Dynamical effects in proton breakup from exotic nuclei. *Physical Review C*, 84(1):014613, 2011.
- [4] Surender and Ravinder Kumar. Investigation of coulomb diffraction interference in ^{23}Al breakup reaction. *Acta Physica Polonica B*, 54(9), 2023.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

219

CREATION OF A NEUTRON REFLECTOMETRY FACILITY BASED ON THE WWR-K RESEARCH REACTOR

Author: Rassim Nurulin^{None}

Co-authors: Alexander Ioffe¹; Bagdaulet Mukhametuly²; Kuanysh Nazarov³

¹ *Jülich Centre for Neutron Science (JCNS), Forschungszentrum Jülich GmbH*

² *INP KZ*

³ *Institute of nuclear physics*

Corresponding Authors: a.ioffe@fz-juelich.de, rasim.nurulin.99@inbox.ru, bagdaulet_m@mail.ru

Leading international neutron institutes are actively working on the creation and promotion of experimental methods of neutron reflectometry, which makes it possible to study surfaces, thin magnetic films and multilayer structures at the nanometer level. This method provides a unique opportunity to study the boundaries of liquid and solid phases, as well as layered structures, regardless of their chemical composition. Due to the high interest in nanoscale structures and phenomena, neutron reflectometry is becoming an important tool for solving fundamental and applied problems in physics, chemistry and biology.

Unlike X-ray reflectometry, neutron reflectometry makes it possible to study a wider range of materials used in multilayer magnetic nanostructures (MMN). Polarization neutron reflectometry makes it possible to characterize in detail the layered distribution of not only the nuclear density, but also the magnetization vector, including complex non-collinear distributions.

In Kazakhstan, there is a need to create a new neutron reflectometry facility, since the current leading institutes do not have such equipment. The development of an installation with a horizontal scattering plane for condensed matter research at the WWR-K reactor will open up significant prospects for the country and allow the Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan to become a priority center for neutron research at the international level.

This article describes the basic steps of designing and building a new installation, the problems encountered during assembly, and ways to solve them. The first results and future directions of modernization of the installation are presented.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

153

CRYOGENIC GAS STOPPING CELL WARM TESTS WITH ²²³Ra ALPHA SOURCE

Author: Aleksey Novoselov¹

¹ *JINR*

Corresponding Author: noval@jinr.ru

The modern high precision experiments in the field of the nuclear physics require high quality ion beams. This statement is true both for the primary beams accelerated at a cyclotron, and for secondary beams obtained as a result of a nuclear reaction.

This work contains information about new setup named as Cryogenic gas stopping cell at the Flerov laboratory of nuclear reactions at the Joint institute for nuclear research.

The main task of the Cryogenic gas stopping cell (CGSC) is the transformation of the secondary rare ion beams produced in nuclear reactions with high energy and large emittance into low-energy beams with small emittance and low energy spread. The CGSC consists of the stainless-steel outer and inner chambers. The outer chamber is at the vacuum pressure and works like the thermal insulation. It also reduces the radiation heat transfer to the inner chamber by the insulation foil. The temperature inside of the outer chamber is the room temperature (293 K). The inner chamber is filled by the helium buffer-gas and it is also plated from the outside by the copper for the homogenous distribution of the temperature. The inner chamber is cooled to the 40 K by the cryocooler. The set of the cylindrical and the conic electrodes are installed inside of the inner chamber.

Today this setup is under testing stage. First tests of the Cryogenic gas stopping cell with the ²²³Ra alpha source are started. The daughter products are guided through the helium with the help of the inside structures of electrodes, extracted, filtered from gas, penetrated to the aluminum foil and registered after its alpha decays.

Several dependences of normalized intensities versus voltage ranges and levels of the inside electrodes at the T=293,7K are measured. Dependency of the helium pressure at the T=293,7K inside the cold chamber and normalized intensity is also done.

Preliminary efficiency about 20% at T=293,7K inside and the best suitable voltages was achieved.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

151

Calculations of Momentum distributions of reaction products in fragmentation reactions at low energies

Authors: Arailym Ismailova¹; Pavel Sharov²; Yulia Parfenova³

Co-author: Daniyar Janseitov⁴

¹ *FLNR JINR*

² *JINR*

³ *Joint Institute for Nuclear Research, Flerov Laboratory of Nuclear Reactions*

⁴ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

Corresponding Authors: janseit.daniar@gmail.com, ismailova@jinr.ru, parfenova@jinr.ru

Fragmentation reactions are one of the primary tools for studying nuclides that are far from the stability line (exotic nuclides). One of the main approaches to describing fragmentation reactions is the high-energy approximation or the Glauber method.

This report examines the features of applying the Glauber method to fragmentation reactions at low energies (starting from 10 MeV per nucleon). Although the Glauber method is formally applicable in

this energy range, practical modifications are required to adequately account for the kinematic features of nuclear reactions. The report will propose an approach that formally allows for the correct consideration of the conservation laws of energy and momentum for reaction products. Additionally, a relatively simple model for describing the velocity distributions of reaction products will be discussed.

Furthermore, the report will consider the application of the described models to specific experimental tasks: Monte Carlo simulation of the experiment and data analysis.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

213

Correlation studies of the Helium-7 excited states

Authors: Evgenii Nikolskii¹; Leonid Grigorenko²; Mishel Khirk²; Pavel Sharov³

¹ NRC "Kurchatov Institute" / FLNR, JINR

² JINR FLNR

³ jinr

Corresponding Authors: enikolskii@mail.ru, sharovpavel@jinr.ru

Recently, there has been significant progress in the use of ab initio approaches for theoretical studies of nuclear structure, which is why there is increasing interest in the structure of 1p shell nuclei, the description of which is an important test of ab initio approaches. Such nuclides include the unbound nuclear system ${}^7\text{He}$. ${}^7\text{He}$ has been studied many times since its discovery in 1967, however, an unambiguous description of its structure has not yet been obtained.

In a recent experiment conducted at the FLNR/JINR [1,2], where the ${}^7\text{He}$ was studied in the ${}^2\text{H}({}^6\text{He}, {}^1\text{H}){}^7\text{He}$ reaction, correlation data were obtained from which new information about the structure of ${}^7\text{He}$ can be obtained. In the report, using a quite simple model, we will consider the effects of alignment and interference in direct reactions; present the results of an extended analysis of data from [2] and consider possible explanations for the observed correlations of the ${}^7\text{He}$ decay products. The prospects of this approach for studying the ${}^7\text{He}$ and other nuclear systems will also be discussed.

[1] A. A. Bezbakh, et. al., Int. J. Mod. Phys. E 33, 2450002 (2023).

[2] M. S. Golovkov, et. al., Phys. Rev. C 109 L061602 (2024)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

49

DECHIPERING OF SPACE INFORMATION WHEN COMPILING A LARGE-SCALE VEGETATION MAP AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE AFTER UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS IN WELLS

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

Underground nuclear tests on Semipalatinsk test site were carried out at the Balapan Experimental Site wells (ES). This 360 km² site is located in the eastern part of the Semipalatinsk test site. The territory is a gently sloping ancient alluvial, deluvial –proluvial and modern alluvial plain. Vegetation cover –desolate sagebrush-grasses dwarf semishrub-bunchgrass desert steppes (*Stipa sareptana*, *Festuca sulcata*, *Artemisia marshalliana*, *A. gracilescens*, *A. frigida*, *A. lessingiana*) on chesnut light soils, communities of *Camphorosma monspeliaca* + *Artemisia gracilis* –on solonetz, communities of *Halocnemum strobilaceum* + *Kalidium foliatum*, communities of *Halimione verrucifera* on solonchaks. On meadows solonchakous soils of the Shagan River, communities are formed composed of *Aeluropus littoralis*, *Salicornia europaea*.

The satellite image of the ES “Balapan” shows the beds of the Shagan and Aschisu rivers, the Shagan reservoir, to the north of it are the dumps of the “Atomic Lake”. In the center of the ES is a large salt lake. The Karazhira brown coal deposit is located to the northwest of it. Less noticeable are white lines (roads) and numerous bright dots (epicentric zones around wells).

131 nuclear devices were tested at the Balapan ES in 1968-1989. Underground nuclear explosions were carried out here in vertical wells 500-600 m deep. The explosions were accompanied by the release of soil and the release of volatile radionuclides. In the epicentral regions of 103 wells, the exposure dose rate of gamma radiation does not exceed 15-25 $\mu\text{R/h}$. Around the mouths of 9 wells, the PED of gamma radiation ranges from 1 500 to 5 000 $\mu\text{R/h}$. Here, the restoration of the destroyed vegetation begins with the invasion of single individuals of *Artemisia scoparia*, *Kochia Siversiana*, and *Limonium suffruticosum*. When moving away from the well, vegetation differentiation by microrelief elements is observed. According to micro-elevations at the PED of gamma radiation of 900 $\mu\text{R/h}$, sparse groupings are formed, composed of *Artemisia schrenkiana*, *A. scoparia*, *Festuca valesiaca*, on flat areas –at the PED of gamma radiation of 1 000 $\mu\text{R/h}$ - *Artemisia gracilescens*, *Stipa sareptana*, *Festuca valesiaca*. According to microdepressions with PED of gamma radiation of 2000 $\mu\text{R/h}$ groupings with a predominance of *Stipa sareptana* and *Festuca valesiaca* are formed. At a distance of 9-10 m from the well, no more than 10% of the territory is occupied by plants, at a distance of 20-30 m - 20-25%, at a distance of 30-50 m - 30-40%. At a distance of 50-80 m from the well, the PED decreases to 200 $\mu\text{R/h}$, and at a distance of 200 m - to 20-25 $\mu\text{R/h}$. Here the vegetation cover has not undergone noticeable changes.

Various fortifications were built at the Balapan ES. Their ruins are being assimilated by plants very slowly. Currently, groupings of plants with a predominance of *Petrosimonia oppositifolia*, *Ceratocarpus arenarius*. On the slopes of the dumps, groups of plants develop with a predominance of *Kochia siversiana*, *Artemisia scoparia*. Power lines and many roads are laid on this ES. Depending on the type of soils and their salinity, disturbed vegetation is represented by the following numerous groupings: 1) on chesnut light soils –with a predominance of *Festuca valesiaca*, *Artemisia austriaca*, *A. marshalliana*; 2) on chesnut light solonetz soils –with a predominance of *Artemisia gracilescens*; 3) on chesnut light gravelly soils - with a predominance of *Artemisia frigida*, *Ephedra dystachia*; 4) on solonetz –with a predominance of *Camphorosma monspeliaca*, *Psathyrostachy junceus*.

On January 15, 1965, as a result of an underground explosion with the release of soil in the floodplain of the Shagan River, an “Atomic Lake” was formed. Currently, the explosion funnel is filled with water and is connected by a channel to the Shagan River, which flows into the Irtysh. The height of the dumps around the lake reaches 25-30 m, width –300-800m. The level of PED gamma radiation ranges from 400 to 14 000 $\mu\text{R/h}$. The inner dump and the beach strip of the “Atomic Lake”. The beach strip around the lake 1-2 m wide has not been assimilated by plants. Here, the PED of gamma radiation reaches 500 $\mu\text{R/h}$. At a distance of 3-5 m from the water edge, the PED of gamma radiation increases to 1 000 $\mu\text{R/h}$. In these conditions, single individuals of *Aeluropus littoralis*, *Phragmites australis* appear. At a distance of 6-8 m from the water’s edge, the PED of gamma radiation increases to 1200 $\mu\text{R/h}$. Sparse groupings of mesophyte cereals appear here: *Phragmites australis*, *Calamagrosti epigeios*, *Elytigia repens*. In the middle part of the slopes of the dumps, the PED increases to 1 800-2 200 $\mu\text{R/h}$. Isolated individuals and sparse groupings of *Chondrilla laticoronata*, *Senecio erudicatum*. Steep slopes and tops of dumps are not assimilated by plants. Here the PED reaches 1 400 -1 700 $\mu\text{R/h}$.

The upper part of the outer slope of the dump is occupied by unformed groupings with a predominance of *Limonium suffruticosum*, *Artemisia shrenkiana*, at a gamma radiation dose of 900-2 400 $\mu\text{R/h}$. On the saline soils of the dumps, only isolated individuals of *Nitraria sibirica* and *Limonium coralloides* were observed with a gamma radiation PED of 1 500-2 200 $\mu\text{R/h}$. In the middle part of the outer slope of the dump, isolated individuals of *Festuca valesiaca*, *Artemisia gracilescens* were noted with a gamma radiation PED of 390 $\mu\text{R/h}$. In the lower part of the outer slope of the dump, groupings are formed with a predominance of *Festuca valesiaca*, *Artemisia gracilescens* at a gamma radiation PED of 350 $\mu\text{R/h}$. In the north-western part of the ES “Balapan” there is a brown coal

deposit “Karazhyra”. It is being developed in an open way. Coal is exported by rail. The empty rock is formed on the dumps. Currently, only the lower part of the dumps has been assimilated by single individuals and sparse groupings of annual salt pans (*Salsora rosaceae*, *S. collina*, *S. nitraria*) and weed species (*Lepidium perfoliatum*, *Medicago falcata*). In small areas, groupings are formed with predominance of dominants of the desert steppes of the adjacent territory—*Festuca valesiaca*, *Artemisia lessingianna*. In the erosive depressions of the upper ledges of the quarry, single individuals of *Halogeton glomeratus*, *Salsora rosaceae*, *Pangeria turkestanika*. The lower ledges of the quarry have not been assimilated by plants. Abandoned quarries are filled with water. On the outskirts of reservoirs, groups of hygrophytes are formed –*Phtagmites australis*, *Typha latifolia*, *Butomus umbellatus*.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

53

DETAILED NEUTRONIC CALCULATIONS FOR PULSED NUCLEAR RESEARCH REACTOR NEPTUNE

Author: Ahmed Hassan¹

Co-authors: M.V. Bulavin¹; M.V. Rzyanin¹

¹ *JINR FLNP*

Corresponding Authors: ahmed_hamdy842@yahoo.com, rzjanin14@gmail.com, bulavinm@nf.jinr.ru

The IBR-2M reactor plant, the complex of technological equipment and the reactor building will develop their final life depending on the operating mode in 2032-2037. One of the proposed options to replace the IBR-2M reactor is the NEPTUNE reactor (average power of 15 MW, pulse duration of 210 μ s and an average neutron flux of $1,6 \times 10^{14}$ n/cm²/s and at peak power of $3,8 \times 10^{17}$ n/cm²/s), which will for the first time use fuel based on the isotope Np-237.

Nuclear reactors accumulate kilograms of neptunium as a result of irradiation of natural and enriched uranium fuel, and the use of these quantities will give a major boost towards closing the nuclear fuel cycle and reducing the risks of nuclear wastes. Np-237 is a threshold isotope with a fission threshold of 0.4 MeV, lower than the fission threshold of uranium-238 of 2 MeV, which gives it a significant advantage in terms of the possibility of using as a nuclear fuel in pulsed reactors to obtain a very short neutron pulses, have a low background power between pulses and using a new more effective reactivity modulator and control rods.

The report and presentation explain the principle of operation of the reactor, its most important properties, and some of the problems that were discovered during the developing stage, while presenting proposed solutions:

- ☒ the results of the development of a promising new generation reactor of the IBR type - “NEPTUNE”, are considered in detail. The report will provide an explanation of the components of the research station, clarify in details the components of the reactor core, explain the working principle of the reactor and show the most important characteristics of the reactor;
- ☒ the report will also illustrate the possibility of partially using low-enriched uranium fuel (with U-235 enrichment less than 20%) in the reactor with the aim of enhancing the safety of the reactor by increasing the generation life time of the neutron;
- ☒ also review the results of comparing the use of three materials, namely liquid para hydrogen, solid methane, and mesitylene, at temperatures of 20 K, in order to increase the percentage of cold neutrons extracted in the neutron channels.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

DETERMINATION OF THE ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT FOR THE $^{15}\text{N}+n\rightarrow^{16}\text{N}$ FROM THE $^{15}\text{N}(\text{d},\text{p})^{16}\text{N}$ REACTION

Authors: Erkinjon Ikromkhonov¹; Kahramon Tursunmakhmatov²

¹ *Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

² *Gulistan state University, 120100 Gulistan, Syrdaryo, Uzbekistan*

Corresponding Author: eikromxonov@gmail.com

The differential cross sections (DCs) of the neutron transfer $^{15}\text{N}(\text{d},\text{p})^{16}\text{N}$ reaction leading to the ground and first three excited states of the ^{16}N nucleus were measured at energy of 15 MeV and they used to extract the spectroscopic factors for the $^{15}\text{N}+n\rightarrow^{16}\text{N}$ vertex [1]. In the present work, the analysis of the experimental DCs of the $^{15}\text{N}(\text{d},\text{p})^{16}\text{N}$ reaction has been performed within the modified distorted wave Born approximation (MDWBA) [2] to obtain the values of the asymptotic normalization coefficients (ANC) for the ground and first three excited states of the ^{16}N nucleus. To determine the values of the ANCs in ^{16}N nucleus, the ANC for the $\text{d}\rightarrow\text{p}+n$ vertex was taken from the value of the nuclear vertex constant, $G^2=0.43\pm 0.01$ fm, which extracted in Ref. [3]. All calculations were performed using the DWUCK5 code [4].

It was shown that the neutron transfer $^{15}\text{N}(\text{d},\text{p})^{16}\text{N}$ reaction at the projectile energy of 15 MeV was peripheral. The weighted mean values of the ANCs of the ^{16}N ground, 0.120, 0.298 and 0.397 MeV states were extracted to be 0.307 ± 0.011 fm⁻¹, 10.65 ± 0.51 fm⁻¹, 0.186 ± 0.0068 fm⁻¹ and 7.778 ± 0.362 fm⁻¹, respectively. The different parameters of the optical potentials also were used in the calculation for estimation of the sensitivity of the values of ANCs for the ground and for the first three excited states of the ^{16}N nucleus.

The extracted ANCs are used for the calculation of the cross section of the $^{15}\text{N}(n,\gamma)^{16}\text{N}$ reaction leading to the ground and first three excited states of the ^{16}N nucleus. The calculation of the cross section of the $^{15}\text{N}(n,\gamma)^{16}\text{N}$ reaction at low energies have been performed within the modified two body potential approach [5]. The work is in progress now.

References

1. X.Y.Li, B. Guo, Z.H. Li et al. Phys. Rev. C 106. 025807 (2022).
2. A.M. Mukhamedzhanov et al., Phys. Rev. C 56 (1997) 3.
3. L.D. Blokhintsevet al., Fiz. Elem. Chast. Atom. Yad. 8 (1977) 6.
4. P.D. Kunz, Computer code DWUCK5.<http://spot.colorado.edu/kunz/DWBA.html>
5. S.B. Igamov, R. Yarmukhamedov, Nucl. Phys. A 781 (2007) 781.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

DETERMINATION OF ZERO ENERGY ASTROPHYSICAL S-FACTOR OF THE $^{16}\text{O}(\text{p},\gamma)^{17}\text{F}$ CAPTURE REACTION

Author: Sobir Turakulov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences, 100214 Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding Author: turakulov@inp.uz

Model-independent determination of the astrophysical S-factor value at zero energy for reactions involving light nuclei is very important in nuclear astrophysics [1,2]. The radiative capture $^{16}\text{O}(\text{p},\gamma)^{17}\text{F}$ reaction is one of the key sequence in the carbon-nitrogen-oxygen (CNO) cycle of the evolution in the stellar nucleosynthesis. The aim of this work is to determine the zero energy value of the S(0)-factor of direct nuclear capture $^{16}\text{O}(\text{p},\gamma)^{17}\text{F}$ reaction within the framework of the two-body potential

model in the single channel approach. In Table 1 we demonstrate the obtained values of the astrophysical $S(0)$ -factor of the direct $^{16}\text{O}(p,\gamma)^{17}\text{F}$ capture process at the zero energy and asymptotical normalization coefficients (ANCs) for the ground $^{17}\text{F}(5/2^+)$ and first excited $^{17}\text{F}(1/2^+)$ bound states. The zero-energy astrophysical $S(0)$ -factor was estimated by using the asymptotic expansion method [1, 2]. As can be seen from the table, the result of the VM2 model is in very good agreement with the result of the ANC method of Ref.[3] $S(0) = 9.45 \pm 0.40$ keV b and with the NACRE compilation data $S(0) = 9.3 \pm 2.8$ keV b [4].

Table 1. Values of ANC for the ground $^{17}\text{F}(5/2^+)$ and first excited $^{17}\text{F}(1/2^+)$ bound states and $S(0)$ -factor for the supposed potentials VMi in Ref.[5].

Model $2S+1LJ$ C, fm-1/2 $S(0)$, keV b

VM1 $2S_{1/2}$
 2D5/2 73.404
 1.012 8.809
 VM2 $2S_{1/2}$
 2D5/2 75.484
 1.043 9.321
 VM3 $2S_{1/2}$
 2D5/2 80.450
 1.038 10.521
 VM4 $2S_{1/2}$
 2D5/2 84.025
 1.056 11.461

1. D. Baye, E. Brainis, Phys. Rev. C 61, 025801 (2000).
2. S.A. Turakulov, E.M. Tursunov, Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. 16, 2-A3 (2023).
3. S.V. Artemov, S.B. Igamov, K.I. Tursunmakhatov, and R. Yarmukhamedov, Bull. Rus. Acad. Sci: Physics 73, 165 (2009).
4. NACRE (C. Angulo, M. Arnould, M. Rayet et. al.), Nucl. Phys. A 656, 3 (1999).
5. E.M. Tursunov, S.A. Turakulov, Nucl. Phys. A 1050, 122931 (2024).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

279

DISTINCTIVE FEATURES OF METAL/SUPERCONDUCTOR-INSULATOR TRANSITIONS IN DOPED La-BASED CUPRATES WITH LARGE-RADIUS IMPURITIES

Authors: Gulmira Zhumabaeva^{None}; Safarali Dzhumanov^{None}; Ulugbek Kurbanov¹

¹ INP AS RUz

Corresponding Authors: ukurbanov@inp.uz, dzhumanov@inp.uz, zhumabaeva@jinr.ru

In polar materials, lattice vibrations (acoustic and optical phonons) and hole carriers interacting with lattice defects (e.g., dopants or impurities) can be self-trapped near defects and in a defect-free deformable lattice. In the localization of charge carriers and metal/superconductor-insulator transitions in hole-doped cuprates, the role of large and small radius dopants (impurities), carrier-defect-lattice and carrier-lattice interactions is of more importance [1]. In doped La-based cuprates with small-radius impurities, metal-insulator transitions arising from two types interactions mentioned above will occur over a wide doping range from lightly doped to heavily doped states [2]. However,

in doped La-based cuprates with large-radius dopants, it is not obvious which interactions will dominate and cause the metal/superconductor-insulator transitions [3].

In this work, we study the possibility of the localization of hole carriers and the distinctive features of the metal/superconductor-insulator transitions in doped La-based cuprates with large-radius dopants (impurities) within the single-carrier cuprate superconductor model. We show that when the value of the high-frequency dielectric constant ϵ_∞ changes from 5 to 2.5 the new metal/superconductor-insulator transitions in doped cuprates $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) and $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ (LBCO) are caused by the strong hole-lattice interactions and polaronic effects and occur in a wide doping range from the lightly doped to strongly overdoped regime. We find that such metal/superconductor-insulator transitions depending on the values of ϵ_∞ and $\eta = \epsilon_\infty / \epsilon_0$ (e.g., for $\epsilon_\infty \geq 2.5$ and $\eta \geq 0.02$) and the types of charge ordering occur in these materials in the strongly overdoped regime (when the binding energy E_p of large polarons is increased significantly from 0.05 eV (at $\epsilon_\infty = 5$) up to 0.2 eV (at $\epsilon_\infty = 2.5$)), as observed experimentally in ARPES studies [4]. Our theoretical results for metal/superconductor-insulator transitions in doped La-based cuprates are in good agreement with the experimental findings.

References

1. Dzhumanov S., Baimatov P.J., Ganiev O.K., Khudayberdiev Z.S., Turimov B.V. Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2012; 73. pp. 484–494.
2. Dzhumanov S., Kurbanov U.T., Khudayberdiev Z.S. Eurasian Physical Technical Journal. 2022; 19.1. pp. 15-19.
3. Dzhumanov S. Theory of Conventional and Unconventional Superconductivity in the High-Tc Cuprates and Other Systems. Nova Science Publishers. New York. 2013; 356 p.
4. Anshukova N.V., Golovashkin A.I. JETF. 2003;123.6. pp. 1188 - 1199.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

92

DISTINCTIVE LOW- AND HIGH-TEMPERATURE DEPENDENCES OF THE UPPER CRITICAL MAGNETIC FIELD IN HIGH-TC CUPRATE SUPERCONDUCTORS

Author: Safarali Dzhumanov¹

Co-author: Eldor Karimbaev¹

¹ Institute of Nuclear Physics, Ulugbek, Tashkent 100214, Uzbekistan

Corresponding Authors: ekarimboev@gmail.com, dzhumanov@inp.uz

Experimental investigations of the temperature-dependent upper critical magnetic field $H_{c2}(T)$ in various types of high-Tc cuprate superconductors have revealed very anomalous features [1-3]. The different anomalous features in $H_{c2}(T)$ are: (i) the occurrence of the upward curvature in the temperature dependence of $H_{c2}(T)$ in a wide temperature range below at the critical temperature T_c , (ii) the occurrence of the negative curvature in $H_{c2}(T)$ at low temperatures below a certain characteristic temperature, (iii) a crossover between the two mentioned types of $H_{c2}(T)$ curves and a sharp upturn in $H_{c2}(T)$ near this characteristic temperature. The origins of anomalous features in $H_{c2}(T)$ in high-Tc cuprates are poorly understood yet. The different shapes of $H_{c2}(T)$ curves observed in various high-Tc cuprate superconductors have led to the dubious speculations that the two different Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS)-like order parameters result in the unconventional superconductivity. However, the application of the BCS-like theories of Fermi-liquid superconductivity to the high-Tc cuprate superconductors is problematic [4]. Therefore, other alternative theory of high-Tc superconductivity is necessary to understand all the observed anomalous behaviors of $H_{c2}(T)$ in various types of high-Tc cuprate superconductors.

In this work, we investigate the distinctive low- and high-temperature dependences of $H_{c2}(T)$ within the theory of a three-dimensional (3D) Bose-liquid superconductivity in high-Tc cuprates. We argue

that the high- T_c cuprates exhibiting a λ -like superconducting transition at the critical temperature T_c are similar to the superfluid ^4He . Using a new Bose-liquid approach to these unconventional superconductors, we show that the temperature dependence of the superconducting order parameter in these materials is different from the temperature dependence of the BCS-like order parameter. We find that the temperature dependence of a new superconducting order parameter in high- T_c cuprates is unusual and has a kink-like feature near a certain characteristic temperature below than T_c . By applying the theory of a 3D Bose-liquid superconductivity, we show that the temperature dependence of $H_{c2}(T)$ in high- T_c cuprates directly reflects the anomalous kink-like temperature dependence of the superconducting order parameter. We found that the distinctive low- and high-temperature dependences of $H_{c2}(T)$ in these superconductors are well explained by this theory and the kink-like feature in the temperature dependence of the superconducting order parameter somewhat below T_c in turn results in the anomalous kink-like temperature dependence of $H_{c2}(T)$. Our theoretical results for $H_{c2}(T)$ are compared with the existing experimental data on $H_{c2}(T)$ in high- T_c cuprates. We explain all types of anomalous behavior of $H_{c2}(T)$, such as the upward curvature in $H_{c2}(T)$ in a wide temperature range below T_c , the negative curvature in $H_{c2}(T)$ at low temperatures and the crossover between different low- and high-temperature dependences of $H_{c2}(T)$ observed experimentally in the high- T_c cuprate superconductors.

References

1. H.R. Brand, H. Pleiner, and M.M. Doria, *Physica C* 162-164, 251 (1989);
2. L.I. Burlachkov and L.I. Glasman, *Physica C* 166, 75 (1990);
3. S.I. Vedenev, *Usp. Fiz. Nauk* 182, 669 (2012);
4. S. Dzhumanov, *Pramana-J.Phys.* 97, 205 (2023).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

94

DISTINCTIVE LOW-AND HIGH-TEMPERATURE DEPENDENCES OF THE MAGNETIC PENETRATION DEPTH IN ORGANIC AND HIGH- T_c CUPRATE SUPERCONDUCTORS: EVIDENCE FOR THE GAPPED AND GAPLESS BOSE-LIQUID SUPERCONDUCTIVITY

Authors: Safarali Djumanov^{None}; U.K. Mayinova^{None}; U.M. Turmanova^{None}; U.T. Kurbanov^{None}

Corresponding Authors: ukurbanov@inp.uz, dzhumanov@inp.uz

One of the challenging problems discovered from experimental studies of high- T_c cuprate superconductors is the presence of low-energy and gapless excitations in them [1,2]. The anomalous temperature dependence of the London penetration depth $\lambda_L(T)$ is observed in organic superconductors and high- T_c cuprates both below the critical temperature of the superconducting transition T_c and at low temperatures $[T \ll T_c]$. Since discovery of superconductivity in these materials, the question of whether the mechanism of superconductivity in these systems is of the conventional Bardeen-Cooper Schrieffer (BCS)-type or not has attracted great interest [1,2,3].

We examine the validity of a new alternative (Bose-liquid) approach that has an advantage over Fermi-liquid (BCS-like) approaches to unconventional superconductivity in organic and high- T_c cuprate superconductors. We argue that the organic materials and doped high- T_c cuprates can be regarded as the bosonic superconductors in which tightly-bound (polaronic) Cooper pairs behave like composite bosons just like ^4He atoms and condense into two distinct Bose superfluids below the superconducting transition temperature T_c . We show that the unconventional (Bose-liquid) superconductivity in organic compounds and doped cuprates results from the pair and single-particle condensations of attracting bosons into two Bose superfluids below two characteristic temperatures. We analyze the experimental data on the London penetration depths $\lambda_L(T)$ in organic and high- T_c cuprate superconductors in terms of the theory of a three-dimensional (3D) Bose-liquid superconductivity. By comparing the predictions of this theory for the temperature dependences of $\lambda_L(T)$ with the measured temperature dependences of $\lambda_L(T)$ in the organic superconductor $k\text{-}[(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu}[(\text{NCS})_2]$ and in the different Y-based high- T_c cuprate superconductors, we found

that the temperature dependences of the new superconducting order parameter and the magnetic field penetration depths in these superconductors are anomalous and have pronounced kink-like features near a certain characteristic temperature lower than T_c . We predicted the existence of two different gapped and gapless regimes of 3D Bose-liquid superconductivity in organic and high- T_c cuprate superconductors resulting in: (i) the exponential temperature dependence of $\lambda_L(T)$ in some temperature range below T_c and (ii) the power-law temperature dependence of $\lambda_L(T)$ at low temperatures. Our theoretical results for the low- and high- temperature dependences of $(\lambda_L(T)/\lambda_L(0))$ and $(\lambda_L^2(0)/\lambda_L^2(T))$ are in good quantitative agreement with the experimental findings in these superconductors.

References

1. D.M. Ginsberg, in Physical Properties of High Temperature Superconductors I, (Mir, Moscow, 1990)
2. M. Imada, A. Fujimori, and Y. Tokura, Rev. Mod. Phys. 70, 1039 (1998)
3. K. Kanoda, K. Akiba, K. Suzuki and T. Takahashi, Phys.Rev.Lett.65,1271 (1990)

Section:

Energy and materials science (Section 2)

228

DNA nanobioelectronics and applications

Author: Victor Lakhno¹

¹ *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)*

Corresponding Author: lak@impb.ru

Key words: DNA, data bases, charge transfer, biocomputer

Bioinformatics is the area that develops methods and software tools for understanding of biological data, which includes sequence analysis, gene and protein expression, analysis of cellular organization, structural bioinformatics, data centers etc. A new and more general direction is to consider bioinformatics as informatics on the bases of nanobioelectronics and biocomputer technologies.

DNA molecular is an important example of data storage and biocomputing.

The thermodynamics of DNA double strand in the Peyrard-Bishop-Dauxois model is considered [1]. 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 [2]-[4].

The central problem of nanobioelectronics is the 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. These make the basis for solution of informatics problems on biomolecular technologies.

References

- [1] I.V. Likhachev *, A.S. Shigaev , V.D. Lakhno On the thermodynamics of DNA double strand in the Peyrard-Bishop-Dauxois model, Physics Letters A 510 (2024) 129547
- [2] V.D. Lakhno, DNA Nanobioelectronics, Int. J. Quantum Chem, v.108, p. 1970-1981, 2008
- [3] V.D. Lakhno, Theoretical basis of Nanobioelectronics, EPJ Web of Conferences, 226, 01008, 2020
- [4] V.D. Lakhno, A.V. Vinnikov, Molecular devices based on DNA, MBB, v. 16, p. 115-135, 2021

Section:

Nuclear physics (Section 1)

229

Development of the high temperature induction oven to production of the Ti, Cr, Ni, Fe metal-ions from ECR ion sources

Author: Konstantin Kuzmenkov^{None}

Co-authors: D.K. Pugachev¹; S.L. Bogomolov¹; D.S. Podoinikov¹; K.I. Berestov¹; Y.E. Kostyukhov¹

¹ JINR

Corresponding Author: kuzmenkov@jinr.ru

Research in the field of obtaining metal ions with high evaporation temperatures, such as Ti, Cr, Ni, Fe, etc., expands the range of available experiments. Such experiments include research in the field of materials science, the synthesis of super heavy elements (SHE) and the study of the properties of previously discovered isotopes of SHE, the study of decay chains of SHE, etc.

The result of the work is the modeling and, subsequently, the development of a high-temperature induction oven, the operating temperature of which exceeds the values of 2000 °C. At this stage, we are conducting offline tests, in a vacuum chamber, with cooling of all systems and temperature measurement at various points of the structure in which the oven is placed. After completion of the preliminary tests, the device will be installed in the DECRIS-PM ECR ion source on the DC280 accelerator (SHE Factory) to prepare for the main experiments.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

269

Diffractive oxygen-proton interactions $O^{16} + [p] \rightarrow p' + 4\pi$ and $O^{16} + [p] \rightarrow p' + p_f + N^{15}$ at 3.25 GeV per nucleon- the parameter free Monte-Carlo approach

Author: Kadir Gulamov¹

¹ Physical Technical Institute of the Academy of Sciences, Council of Physicists of Uzbekistan

Corresponding Author: gulamov@uzsci.net

Vladimir Lugovoi, Khusniddin Olimov, Kadyr Gulamov, Kosim Olimov, Bunyod Sindarov, Alisher Olimov

Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
2b Ch.Aytmatov st, Tashkent, 100084, Uzbekistan

In diffractive oxygen-proton interactions $[O^{16} + p] \rightarrow p' + 4\pi$ and $p + O^{16} \rightarrow p' + p_f + N^{15}$ at 3.25 GeV per nucleon we have investigated the process of formation of final state particles. Parameter free Monte Carlo simulation model is proposed to describe the kinematic characteristics of particles in the final state.

The algorithm of the model for the first reaction takes into account 2887 energetically allowed channels of direct (or cascade) $O^{16} \rightarrow 4\pi$ decay. To form the masses of O^{16} and intermediate C^{12} nuclei, experimental tables of their excitation levels were used. All decays were generated isotropically

in the rest frame of each unstable nucleus ^{16}O , ^{12}C , ^8Be . The results of the Monte Carlo calculations are in a good agreement with distributions of various kinematic characteristics of the final state α -particles taken from the experiment. Good agreement is possible to reach if, after simulation of the mass of the excited nucleus ^{16}O , energetically allowed decay channel was selected, for which the sum of the total energy, released in this channel, and the masses of four secondary α -particles turns out to be less, but most close to the mass of the excited nucleus ^{16}O .

For the second reaction the angular, momentum, rapidity and correlation Monte Carlo characteristics for final state p_f and ^{15}N are consistent with the distributions of similar quantities obtained experimentally. The relative probabilities were found for coherent diffraction (68%) of a p proton on the ^{16}O nucleus as a whole, when an excited ^{16}O nucleus is formed, decaying into ^{15}N and p_f (which is not necessarily the nucleon on which, in fact, the diffraction interaction occurred), and for incoherent diffraction (32%) of a p proton on one of the nucleons of the ^{16}O nucleus, when this latter nucleon is observed as a p_f fragment.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

31

EFFECT OF NANOSTRUCTURED ALUMINUM SURFACE ON N-HEXANE RADIOLYSIS PROCESSES

Author: Nushaba Gadzhieva^{None}

Co-author: Aliyev Salimkhan

This paper presents the results of studies of the process of radiation-chemical decomposition (radiolysis) of n-hexane on the surface of pre-radiation-oxidized aluminum plates containing thin oxide films of different thicknesses to identify the role of the nanostructured Al surface in the dynamics of the decomposition process and its effect on the rate of formation and the yield of the final radiolysis products. At the same time, the kinetics of molecular hydrogen accumulation during n-hexane decomposition on the Al surface in its relationship with the growth of oxide films was studied.

In the work, metal plates of aluminum Al-00 were used. Nano structuring of the Al surface was created by preliminary oxidation of aluminum plates in contact with water under the action of γ -radiation at room temperature. The absorbed dose varied within the range of $\Phi = 0.5-150$ kGy. In this case, the metal surface was modified and a nanostructured oxide coating was formed, which has an unusual property. Radiation-oxidized Al plates contained oxide films on the surface with a thickness of 8 to 600 nm. The surface of the original and radiation-oxidized Al plates was studied using an atomic force microscope.

The influence of nanostructured Al surface on the course of radiation-chemical decomposition of n-hexane is considered. Based on the kinetics of H_2 accumulation, the rates of formation $W(\text{H}_2)$ and radiation-chemical yield $G_{\text{total}}(\text{H}_2)$ of molecular hydrogen are determined. It is revealed that a decrease in the thickness of oxide films by ~ 2 orders of magnitude leads to an increase in the rate of hydrogen formation by ~ 7 times (from 1.1 to 7.6×10^{15} g $^{-1}$ s $^{-1}$), while the yield of H_2 increases from 4.3 to 8.2 molecules / 100 eV). The obtained results are explained by the difference in the degree of defectiveness of the surfaces of radiation-oxidized aluminum plates and an increase in the density of radiation-generated centers. An abrupt increase in the rate of H_2 formation is observed in the region of small thicknesses ($d=8-80$ nm).

Further increase in the thickness of oxide films from 80 to 600 nm leads to a monotonic decrease in the value of the rate of formation of molecular hydrogen. At the same time, the density of surface defect states and radiation-generated hole centers increases, which leads to an increase in the probability of n-hexane decomposition at these centers. These processes are most effective if the thickness of the oxide films is commensurate with the values of the mean free path of charge carriers (electrons and holes) in the metal and oxide and is $d \sim \lambda = 5-60$ nm. When this condition is met, the energy absorbed by the adsorbent (Al- Al_2O_3) is completely transferred to the surface adsorbed molecules of n-hexane, which causes its decomposition by the recombination mechanism. Further increase in the thickness of oxide films from 80 to 600 nm leads to a monotonic decrease in the value of the rate of formation of molecular hydrogen. At the same time, the density of surface defect states and radiation-generated hole centers increases, which leads to an increase in the probability of n-hexane decomposition at these centers. These processes are most effective if the thickness of

the oxide films is commensurate with the values of the mean free path of charge carriers (electrons and holes) in the metal and oxide and is $d \sim \lambda = 5-60$ nm. When this condition is met, the energy absorbed by the adsorbent (Al-Al₂O₃) is completely transferred to the surface adsorbed molecules of n-hexane, which causes its decomposition by the recombination mechanism.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

258

EFFECT OF NEUTRON IRRADIATION ON THE ELECTRONIC AND OPTICAL PROPERTIES OF ALGAAAS/INGAAS-BASED QUANTUM WELL STRUCTURES

Author: Almas Yskakov¹

¹ *JINR/INP Kazakhstan*

Corresponding Author: yskakov@jinr.ru

The effect of neutron irradiation on the structural, optical, and electronic properties of doped strained heterostructures with AlGaAs/InGaAs/GaAs and AlGaAs/InGaAs/AlGaAs quantum wells was experimentally studied. Heterostructures with a two-dimensional electron gas of different layer constructions were subjected to neutron irradiation in the reactor channel with the fluence range of $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \div 1.2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$. The low-temperature photoluminescence spectra, electron concentration and mobility, and high-resolution X-ray diffraction curves were measured after the deactivation. The paper discusses the effect of neutron dose on the conductivity and optical spectra of structures based on InGaAs quantum wells depending on the doping level. The limiting dose of neutron irradiation was also estimated for the successful utilization of AlGaAs/InGaAs/GaAs and AlGaAs/InGaAs/AlGaAs heterostructures in electronic applications.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

29

ELECTROCHEMICAL SENSORS BASED ON TRACK-ETCHED MEMBRANES FOR GLUCOSE DETERMINATION

Author: Aigerim Shakayeva¹

Co-authors: Ilya Korolkov¹; Maxim Zdorovets¹; Nurdaulet Zhumanazar¹

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: shakayeva19@gmail.com

Glucose is the most prevalent natural saccharide, playing a crucial role in our bodies as the primary energy source for living cells [1]. Deviations from normal glucose levels can lead to hypoglycemia or hyperglycemia, negatively impacting health. Diabetes, a serious chronic disease, poses a significant global health challenge, affecting approximately 537 million people worldwide and causing 6.7 million deaths [2]. Early diagnosis and careful monitoring of blood glucose levels are essential for managing diabetes effectively and maintaining a good quality of life. Additionally, the determination

of glucose levels in food serves as an indicator of its quality. Accurate, rapid, simple, and real-time glucose measurement is crucial for clinical diagnostics, the food industry, and other sectors. Glucose sensors can be classified into enzymatic and non-enzymatic types based on their operating principle, with non-enzymatic sensors gaining considerable research attention in recent years [3,4]. These sensors offer superior long-term stability, resistance to external factors, and lower maintenance costs compared to enzymatic counterparts. Track-etched membranes (TeMs) are highly versatile materials extensively studied for applications ranging from water filtration and cell cultivation to membrane distillation and catalysis. Due to their excellent mechanical and chemical properties, narrow pore size distribution, thinness, and flexibility, TeMs are also suitable for developing electrochemical sensors.

We present the use of modified PET TeMs as sensors for non-enzymatic glucose detection. The membranes were functionalized through graft polymerization with 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) and modified with poly(allylamine) (PALAm) to form polyelectrolyte complexes. Subsequently, the membranes were treated with 4-mercaptophenylboronic acid (MPBA) to enhance sensitivity and stability by forming bonds with the hydroxyl groups of grafted PHEMA via B-OH groups. The -SH groups of MPBA reacted with gold nanoparticles produced via magnetron sputtering, forming Au-S bonds to further improve sensor stability and reproducibility. The TeMs were characterized using attenuated total reflection FTIR spectroscopy (ATR-FTIR), scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), and gas permeability tests.

The sensors developed were tested for glucose detection using square wave voltammetry (SWV), demonstrating a wide linear range (0.1 mM to 8 mM), low detection limit (0.1 mM), good reproducibility, and excellent stability. Stability testing in a 4 mM glucose solution showed consistent performance over 80 measurements, with the sensors retaining >97% of their initial response after 50 measurements. Selectivity tests using urea, ascorbic acid (AA), and various ions (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) from bovine serum confirmed the selectivity of sensors towards glucose. These substances are due to coexistence with glucose in human serum and juice. There is no significant change in analytical signal on the addition of AA, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ ions that proves the selective nature of sensors towards glucose. However, the presence of serum albumin in human serum led to contamination of TeMs pores, resulting in a reduced recovery rate for glucose detection in this medium.

Following optimization, the electrochemical glucose sensors were applied to measure glucose concentrations in apple juice and human blood serum, achieving recovery values of 100.8% for apple juice. Despite the lower recovery rate (84%) in human serum, the sensors demonstrated practical potential and significant utility in biological and food industry applications.

This research has been/was/is funded by the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (BR23891691).

References

1. Du Y., Zhang X., Liu P. Electrospun nanofiber-based glucose sensors for glucose detection // *Frontiers in Chemistry*. –2022. –Vol. 10. - № 9087. –P. 1–31.
2. Facts & figures [Electronic resource]. URL: <https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes/facts-figures.html> (accessed: 24.02.2023).
3. Sehit E., Altintas Z. Significance of nanomaterials in electrochemical glucose sensors: An updated review (2016-2020) // *Biosensors & bioelectronics*. –Biosens Bioelectron, 2020. –Vol. 159. –P. 1–18.
4. Tee S.Y., Teng C.P., Ye E. Metal nanostructures for non-enzymatic glucose sensing // *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*. –Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, 2017. –Vol. 70. - № Pt 2. –P. 1018–1030.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

227

EXCITATION OF ISOMERIC STATES IN THE REACTIONS (γ, n), ($n, 2n$) ON BARIUM ISOTOPES

Authors: Satimboy Polvonov¹; A.X. Inoyatov²; Sindorjon Ashurov¹; Dilmurod Tuymurodov¹; Abror Tuymuradov³;

Asror Ramazanov¹; B.I. Kurbonov⁴; O.R. Tojiboev O.R. Tojiboev⁵; S.E. Akmedov¹; G.S. Palvanova¹

¹ National University of Uzbekistan

² Joint Institute for Nuclear Research

³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

⁴ Institute of Nuclear Physics

⁵ Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan

Corresponding Authors: dituymurodov@gmail.com, palvanov1960@gmail.com, abrorphy@gmail.com, sindorphy@gmail.com

In this work, we studied the excitation cross sections of isomeric states in nuclear reactions of the (γ, n) , $(n, 2n)$ and (n, γ) type on barium isotopes. The isomeric yield ratios were measured by the induced radioactivity method. Samples of natural Ba (the barium peroxide samples) have been irradiated in the bremsstrahlung beam in the energy range of $10 \div 35$ MeV with energy step of 1 MeV. For 14.1 MeV neutron irradiation, we used the NG-150 neutron generator. For the (n, γ) reaction, experiments were carried out at the BB3-CM research reactor of the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan[1].

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. Using the isomer yield ratio and the total cross section of the (γ, n) reaction [2] 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.

The isomeric cross-section ratios was determined in the case of the reaction $(n, 2n)$. In order to obtain the absolute values of the cross sections for the ground state and for the isomeric state, use was made of methods based comparing the yields of the reaction under study and the monitoring reaction. The reaction $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ ($T_{1/2} = 15$ h, $E_\gamma = 1368$ keV). For reaction (n, γ) , $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ was used as a monitor reaction.

The experimental results have been discussed, compared with those of other authors as well as considered by the statistical model. The dependence of isomeric ratios on the mass number of the isotope was obtained. Theoretical values of the isomeric ratios have been calculated by using code TALYS-1.6.

References

1. <http://www.inp.uz>
2. A.V. Varlamov et al. Atlas of GDR. INDS(NDS)-394.// Vienna: IAEA, 1999.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

248

EXPANDING ANTENNA ARRAYS FOR ENHANCED RADIO DETECTION OF COSMIC RAYS AT THE TIAN SHAN HIGH-ALTITUDE OBSERVATORY

Author: Saken Shinbulatov¹

Co-authors: Aleksandr Shepetov²; Aleksandr Suharev²; Aliya Baktorz³; Ivan Sopko⁴; Nurzhan Saduyev³; Nurzhan Yerezhep³; Oleg Fedorov⁵; Orazaly Kalikulov⁶; Pavel Bezyazikov⁵; Shynbolat Utey⁷; Valeriy Zhukov²

¹ INP RK&Al-Farabi KazNU

² Physical Institute of the Academy of Sciences

³ Institute of Nuclear Physics

⁴ *Al-Farabi KazNU*⁵ *IRKUTSK STATE UNIVERSITY*⁶ *INP*⁷ *KazNu after al- Farabi*

Corresponding Authors: shinbolat1993@mail.ru, a_baktoraz@mail.ru, shynbulatov.saken@gmail.com, nurzhan.yerezhhep@gmail.com, orazaly82@gmail.com

The article focuses on the study of radio emission resulting from extensive air showers (EAS), which are cascades of secondary particles generated by the interaction of cosmic rays with Earth’s atmosphere. It examines the mechanism of radio wave generation caused by the acceleration of charged particles, such as electrons, in Earth’s magnetic field. The paper details contemporary methods and technologies for observing radio emission from EAS at the Tien Shan High-Altitude Scientific Station, including the use of radio antenna arrays.

The article provides an in-depth discussion of the specifics of detecting radio emission, its correlation with the energy of primary cosmic particles, and the insights that this study offers into the mechanisms of cosmic ray acceleration. It also reviews successful research examples aimed at identifying characteristics and sources of ultra-high-energy cosmic rays through the expansion of the antenna array. The study emphasizes the importance of EAS radio emission for advancing astrophysics and cosmic ray physics, as well as for improving observation and analysis methods of high-energy atmospheric phenomena. Additionally, it discusses the anticipated scientific benefits of the upgraded equipment, such as enhanced sensitivity to cosmic ray events and improved event reconstruction and noise filtering capabilities, which are crucial for researching radio emission from EAS.

Section:

212

EXPERIMENTAL STUDY OF BINARY PROCESSES IN THE $^{36}\text{Ar}+^{144}\text{Sm}$, $^{56}\text{Fe}+^{124}\text{Xe}$, $^{68}\text{Zn}+^{112}\text{Sn}$, AND $^{90}\text{Zr}+^{90}\text{Zr}$ REACTIONS LEADING TO THE FORMATION OF ^{180}Hg

Author: Yulia Itkis¹

Co-authors: Alexey Bogachev¹; Eduard Kozulin¹; Galina Knyazheva¹

¹ *Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Authors: jitkis@jinr.ru, knyazheva@jinr.ru, kozulin@jinr.ru, bogachev@jinr.ru

To study the impact of entrance channel properties on the dynamics of reactions leading to the formation of the same ^{180}Hg composite system, the mass and energy distributions of binary fragments formed in the $^{36}\text{Ar}+^{144}\text{Sm}$, $^{56}\text{Fe}+^{124}\text{Xe}$, $^{68}\text{Zn}+^{112}\text{Sn}$, and $^{90}\text{Zr}+^{90}\text{Zr}$ reactions were measured at energies close to and above the Coulomb barrier using the CORSET spectrometer [1].

The comparative analysis of the reactions under study was performed at similar excitation energies and mean angular momenta. It was found that the mass and energy distributions of fragments obtained in the $^{36}\text{Ar}+^{144}\text{Sm}$ reaction, where fusion-fission is the dominating process, differ significantly from the ones for the ^{56}Fe -, ^{68}Zn - and ^{90}Zr -induced reactions [2]. It can be explained by the large contribution of quasifission process for the latter reactions (more than 70% and 80% of all fissionlike fragments for ^{68}Zn and ^{90}Zr , respectively).

The shape of the quasifission fragments mass distributions in the reactions leading to the ^{180}Hg composite system depends on the reaction entrance channel properties, and the fragments are formed in the vicinity of the closed neutron and/or proton shells nearest to the neutron and proton numbers of interacting nuclei.

[1] E.M. Kozulin et al., *Instrum. Exp. Tech.* 51, 44 (2008).

[2] E.M. Kozulin et al., *Phys. Lett. B* 819, 136442 (2021).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

73

Experimental studies of differential cross sections of $7\text{Li}+10\text{B}$ reaction products

Author: Yuri Sobolev¹

Co-authors: Alexey Shakhov²; Alla Demyanova³; Andrey Danilov³; Maulen Nassurlla⁴; Nassurlla Burtebayev⁴; Sergei Stukalov²; Viktor Starastin³; Yuri Gurov²; Yuri Penionzhkevich²

¹ Joint Institute for Nuclear Research

² Joint Institute for Nuclear Research

³ National Research Center “Kurchatov Institute”

⁴ Institute of Nuclear Physics, ME of Republic of Kazakhstan

Corresponding Authors: sobolev@jinr.ru, stukalov@jinr.ru, pyuer@mail.ru

At cyclotron U-400 of the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions of Joint Institute for Nuclear Research (Dubna, Russia), the differential cross sections for the elastic and inelastic scattering of $7\text{Li}+10\text{B}$ reaction products (see Fig.1) have been measured at ELAB = 58 MeV of 7Li beam. One of the aim of the experiment was to measure the experimental angular distributions of the differential cross sections for $7\text{Li}g.s.$, $6\text{Li}g.s.$, $6\text{Li}(J\pi=0+; E=3,56 \text{ MeV}; T=1)$ states to investigate and compare their spatial properties at the same experimental condition.

The excited state of $6\text{Li}(J\pi=0+; E=3,56 \text{ MeV}; T=1)$ is the isobaric analogue state of the $6\text{He}g.s.$ Due to isospin symmetry of strong interaction, this isobaric analog state $6\text{Li}(J\pi=0+; E=3,56 \text{ MeV}; T=1)$ has the same spatial and spin features as $6\text{He}g.s.$ halo nucleus [1, 2].

In Ref. [3] a hypothesis was put forward about $n-p$ halo structure of 6Li ground state, which was indirectly confirmed by comparison of σ_R values of $6\text{He}, 6,7\text{Li}+28\text{Si}$ reactions [4,5] and intermediate width of 4He momentum distribution in 6Li breakup reactions [6].

The experimental angular distributions of $7\text{Li}g.s.$, $6\text{Li}g.s.$, $6\text{Li}(3.56 \text{ MeV})$ are shown in Fig. 2.

The work has been funded by the Russian Science Foundation, project No. 24-22-00117.

References:

- [1] Zhihong Li, et al., Phys. Lett. B 527, 50-54, (2002);
- [2] L.I. Galanina and N. S. Zelenskaya, Phys. At. Nucl. 76, 1457 (2013);
- [3] I.N. Izosimov, Phys. At. Nucl. 80, 867-876 (2017);
- [4] Yu.G. Sobolev, et al., Bull. Rus. Acad.Sci., Phys. Ser.69, 1605-1609, (2005);
- [5] K.V. Lukyanov, et al., Bull. Rus. Acad.Sci., Phys. Ser.72, 356-360, (2008);
- [6] R. Kalpakchieva, et al., Phys. At. Nucl. 70, 619 (2007).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

210

Experimental study of the $243\text{Am} + 48\text{Ca}$ reaction at the new separator DGFRS-2

Author: Alexey Voinov¹

¹ JINR

Corresponding Author: voinov@jinr.ru

We present results of the first experiments aimed at the synthesis of Mc isotopes in the $^{243}\text{Am}+^{48}\text{Ca}$ reaction performed at the new gas-filled separator DGFRS-2 on-line to the new cyclotron DC280 at the SHE Factory at JINR. In the first experiment performed at three ^{48}Ca energies of 239, 241, and 244 MeV, we observed fifty five new decay chains of ^{288}Mc and six chains assigned to ^{289}Mc which decay properties are mostly consistent with those measured in previous studies. The α decay of ^{268}Db with an energy of 7.6-8.0 MeV, half-life of 16^{+6}_{-4} h, and a branch of $55^{+20}_{-15}\%$ was registered for the first time, and a new spontaneously fissioning isotope ^{264}Lr with a half-life of $4.9^{+2.1}_{-1.3}$ h was identified. The measured cross section of $17.1^{+6.3}_{-4.7}$ pb for the $^{243}\text{Am}(^{48}\text{Ca},3n)^{288}\text{Mc}$ reaction was approximately twice the value measured in the previous experiments.

In the second experiment, the new isotope ^{286}Mc with half-life of 20^{+98}_{-9} ms and α -particle energy of 10.71 ± 0.02 MeV was synthesized. The spontaneous fission of ^{279}Rg was observed for the first time in one of the four new decay chains of ^{287}Mc . Excitation function of the reaction was measured at three ^{48}Ca energies of 242, 250, and 259 MeV which resulted in the first observation of the 5n-evaporation channel of $0.5^{+1.3}_{-0.4}$ pb.

The transmission of the new separator DGFRS-2 was found to be about two times larger than that of DGFRS, which makes it a promising experimental facility for continuing research of superheavy nuclei.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

211

FABRICATION OF SILVER DOPED TRACK-ETCHED MEMBRANES MODIFIED WITH MOF USING CLICK CHEMISTRY APPROACHES

Authors: Saniya Rakisheva¹; Fatima Abuova¹; Murat Barsbay²; Anastassiya Mashentseva¹; Assel Alimkhanova¹

¹ *ENU named after L. N. Gumilyov*

² *Hacettepe University*

Corresponding Author: saniya.rakisheva58@gmail.com

Metal-organic frameworks (MOF) are novel 3D-type nanomaterials that can be used in gas storage, catalysis, sensing, and sorption. Modified MOFs open new opportunities for the selective sorption of contaminants from wastewater. At the same time, these 3D nanomaterials can be deposited on the surface of templates for reusable applications. PET track-etched membranes can be used as polymer templates for sensing, catalytic, and sorption applications in different research works. The deposition of MOFs on the surface and inner pores of PET TeMs allows composite sorbent to be obtained. In this study, we propose impregnating silver nanoparticles (AgNPs) on the MOFs with further deposition of these bimetallic compounds on PET TeM. To accomplish this objective, we made adjustments to the pretreated polyethylene terephthalate (PET) TeM template using polyvinylamine (PVAm) through a reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization approach (RAFT) with the presence of 4-cyano-4-(thiobenzoylthio)pentanoic acid as a raft agent (RA). Subsequently, we proceeded with the modification using acetylene carboxylic acid to introduce alkyne bonds on the PVAm-g-PET TeM surface. Then, we established the optimal conditions for the condensation reaction between amino and alkyne functional groups. Concurrently, we synthesized azide functionalized Cr-based MOF with MIL101 type. Silver nanoparticles (AgNPs) were added to the MIL101(Cr) using a liquid phase strategy in the solution with MOFs and AgNO_3 as a silver precursor. Following this, silver ions were reduced on the MOFs by NaBH_4 as a reducing agent. Then the modified MOFs were immobilized on the alkyne@PET TeM template using a "click chemistry" strategy, involving a reaction between azide and alkyne groups. The resulting composite is characterized by FTIR, SEM, XRD, EDS, and pH data. The FTIR results indicated that shifts at 3249.08 cm^{-1} and 2119.55 cm^{-1} were associated with the amine and alkyne functional groups, respectively. The IR spectra of the MOF exhibited the presence of the azide group at 2122.25 cm^{-1} . Concluding to this, we suggest the prepared composite in sorption of inorganic pollutants for water purification.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

261

FEW-NUCLEON SYSTEMS IN THE BETHE-SALPETER APPROACH

Author: Serge Bondarenko¹

Co-author: S. Yurev¹

¹ *BLTP JINR*

Corresponding Author: bondarenko@jinr.ru

In the report, the two- and three-nucleon systems are studied in the relativistic Bethe-Salpeter approach. The kernel of the nucleon-nucleon interaction is considered in a multirank separable form. This allows us to solve the Bethe-Salpeter equation for two-nucleon systems (deuteron, np -pair) as an algebraic one. For the three-nucleon system, the relativistic Bethe-Salpeter-Faddeev system of integral equations is solved. Using obtained amplitudes, the electromagnetic form-factors are calculated. Relativistic corrections due to the Lorentz transformations are also considered.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

288

FUTURBETON AS NEUTRON-SHIELDING MATERIAL

Authors: Henning Zoz¹; Kuanysh Nazarov^{None}; Talant Ryspaev²

Co-authors: Abdymitalip Satybaldiev³; Askhat Bekbayev⁴; Murat Kenessarın⁴; Zhanbolot Tursunbayev³; Zhumabek Omarov⁵; gulnara Abaeva⁵

¹ *CEO, Zoz GmbH*

² *Zoz Groupe, Germany*

³ *Osh University of Technology*

⁴ *Institute of Nuclear Physics*

⁵ *Toraighyrov University (TOU),*

Corresponding Authors: bekbaev-askhat@mail.ru, muratkenessarın@gmail.com, zoz@zoz.de, k.nazarov@inp.kz, zhumbek-omarov@mail.ru, talant.ryspaev@gmail.com, gulnara-home@mail.ru, jhanbolot.72@gmail.com

FuturBeton is a high-performance concrete what provides high strength and durability due to nano-activated ground granulated blastfurnace slag (GGBS). The application of ground granulated blastfurnace slag instead of clinker in composite cements leads to CO₂-emission saving but normally causes a decrease of reactivity and strength because of its low hydraulicity.

In this work, samples of the FuturBeton with dimensions of 100x100x100 mm³ were prepared to test the neutron shielding characteristics. All samples were examined at the TITAN neutron radiography and tomography facility located on channel 1 of the WWR-K research reactor of the INP ME RK. The attenuation coefficients of each sample were calculated from radiographic measurements. Using neutron tomography, the structural features of the internal structure of these concrete samples

were studied. From the results, it can be seen that the experimental data confirmed the effectiveness of the protection of these optimal designs, ease of fabrication and indicated the way for further methodological development of production.

Keywords: neutron-shielding materials, ground granulated blastfurnace slag; Simoloyer®; high energy milling; high performance concrete.

Section:

271

Garfield++ / LTSpice for modelling response of Straw Tubes with custom readout

Author: Assel Mukhamejanova¹

Co-authors: V Bautin¹; S Bulanova²; T Enik¹; E Kuznetsova²; Y Mukhamejanov³; D Sosnov²; A Zelenov²

¹ JINR

² NRC «Kurchatov Institute» - PNPI

³ JINR, INP

Corresponding Author: assel.mukhamejanova@gmail.com

The aim of this work is to describe method of modeling straw signal using Garfield++ interface to LTSpice. Straw Tube Trackers are important detectors in a number of operating and future experiments. When designing such large scale and complex detector it is of extreme importance to run precise simulations. The advantage of such trackers is their large area and small material budget. Examples of already existing trackers: the ATLAS TRT (straw winding technology) and the NA62 tracker (ultrasonic welding). Future trackers, for example STT of DUNE, should also measure signal charge for particle identification.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

268

HIGH-ENERGY MAGNETOSPHERIC ELECTRONS WITH ENERGY >2 MEV AND STATE OF THE INTERPLANETARY ENVIRONMENT

Authors: Anatoliy Belov¹; Artem Abunin¹; Botakoz Seifullina²; Irina Tsepakina²; Maria Abunina¹; Nikolay Nikolayevskiy²; Olga Kryakunova²

¹ IZMIRAN

² Institute of Ionosphere

Corresponding Author: krolganik@yandex.ru

The behavior of high-energy electrons in the Earth's magnetosphere is one of the most actual problems in the physics of magnetosphere and space weather. First of all this is due to the fact that large enhancements in relativistic electron fluxes lead to failures in the operation of spacecraft and, in some cases, led to the failure of satellites. Based on the data of 37-year (1987-2023) measurements of magnetospheric electron fluxes with energy >2 MeV in geostationary orbits, solar wind speed and

geomagnetic activity, a catalog of electron flux enhancements was compiled in which the electron fluence exceeds dangerous level. To study the average characteristics of the near-Earth environment during high-energy electron (>2 MeV) flux enhancements in geostationary orbit, we used various parameters available during the period of high-energy electron observations on the GOES satellites (June 1987–2023). We calculated typical behavior of the solar wind velocity and the Ap-index of geomagnetic activity before the electron flux enhancement and during its onset. On average, the Ap-index begins to grow 2 days earlier than an electron fluence enhancement occurs, and on the previous day it reaches a level 2 times higher than the average values for these years. One can say that the electron flux enhancement begins at the decline of geomagnetic activity after its prior increase. Before large enhancements of the magnetospheric electron flux, significant interplanetary and magnetospheric disturbances are observed, and their power grows with a threshold of the electron fluence enhancement.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

276

HIGH-ENERGY MAGNETOSPHERIC ELECTRONS WITH ENERGY >2 MEV AND STATE OF THE INTERPLANETARY ENVIRONMENT

Author: Olga Kryakunova¹

Co-authors: Botakoz Seifullina ; Anatoliy Belov²; Artem Abunin²; Maria Abunina²; Irina Tsepakina³; Nikolay Nikolayevskiy³

¹ *Institute of Ionosphere, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

² *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Moscow, Russia*

³ *Institute of Ionosphere*

Corresponding Author: krolganik@yandex.ru

The behavior of high-energy electrons in the Earth's magnetosphere is one of the most actual problems in the physics of magnetosphere and space weather. First of all this is due to the fact that large enhancements in relativistic electron fluxes lead to failures in the operation of spacecraft and, in some cases, led to the failure of satellites. Based on the data of 37-year (1987-2023) measurements of magnetospheric electron fluxes with energy >2 MeV in geostationary orbits, solar wind speed and geomagnetic activity, a catalog of electron flux enhancements was compiled in which the electron fluence exceeds dangerous level. To study the average characteristics of the near-Earth environment during high-energy electron (>2 MeV) flux enhancements in geostationary orbit, we used various parameters available during the period of high-energy electron observations on the GOES satellites (June 1987–2023). We calculated typical behavior of the solar wind velocity and the Ap-index of geomagnetic activity before the electron flux enhancement and during its onset. On average, the Ap-index begins to grow 2 days earlier than an electron fluence enhancement occurs, and on the previous day it reaches a level 2 times higher than the average values for these years. One can say that the electron flux enhancement begins at the decline of geomagnetic activity after its prior increase. Before large enhancements of the magnetospheric electron flux, significant interplanetary and magnetospheric disturbances are observed, and their power grows with a threshold of the electron fluence enhancement.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

128

ILU RF ELECTRON ACCELERATORS FOR E-BEAM AND X-RAY APPLICATIONS.

Author: Aleksandr Bryazgin¹

¹ *Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia*

Corresponding Author: a.a.bryazgin@inp.nsk.su

ILU type industrial accelerators are RF pulse accelerators with energy range from 0.8 to 10 MeV. First of these accelerators were designed in the 1970's. But market development requires continuous modernization of accelerators. Great prospects for the use of accelerators in industry are provided by a new market - food irradiation. The report describes accelerator upgrades associated with food irradiation and sterilization. For this, accelerators must operate with energies from 5 MeV to 10 MeV in the electronic mode and in the mode of bremsstrahlung gamma radiation. Two branches of ILU accelerators are described. One is based on an ILU-10 single-cavity accelerator and a vertical beam. The second is based on the ILU-14 multi-cavity accelerator, which has a horizontal beam, see Fig. 1. Both families are modular and upgradeable.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

30

INFLUENCE OF IONIZING RADIATION AND HYDROCARBONS ON NATURAL BENTONITE METAMORPHISM

Author: Mehpara Ismayilova^{None}

Co-authors: Islam Mustafayev ; Sevinj Melikova

Corresponding Author: sevinc.m@rambler.ru

Oil generation is a kinetic process –both time and temperature are critical [1,2]. Metamorphism of nanostructured bentonite and petroleum under influence of ionizing rays is an interconnected process [3-5].

The word metamorphic comes from Greek and means a change in form. Hypotheses based on kerogen-oil interaction postulate that the expulsion of oil is controlled by absorption or adsorption of the products onto the surface of the kerogen, diffusion of the hydrocarbons through the kerogen and / or relative solubility. The role of radionuclides in metamorphism of clay and oil hydrocarbons has not been studied enough.

The purpose of this work is to identify the correlation between the metamorphism of natural bentonite and hydrocarbons. Using Fourier transform infrared spectroscopy, it was studied that bentonite clays, under the influence of gamma rays, interact with oil hydrocarbons, forming an inter-complex. TGA and DTA analyzes of bentonite clay showed the loss of bentonite structural water, which plays an important role in the formation of hydrogen and petroleum hydrocarbons.

1. J. Connan. AAPG Bulletin. 58, 2516-2521(1974).

2. B.S. Sherwood Lollar, S.K. Frapce, , S.M.Weise et al. Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 5087- 5097(1993)

3. M.K. Ismayilova, I.I.Mustafayev, CHEMICAL SAFETY SCIENCE. 6, (2), 38 –47 (2022). 4 M.K. Ismayilova, I.I.Mustafayev. CHEMICAL SAFETY SCIENCE, 6, (2), 25 –37 (2022).

5. M.K. Ismayilova, I.I.Mustafayev . CHEMICAL SAFETY SCIENCE, 7, (1), 173 –183(2023).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

203

INVESTIGATING ALPHA CLUSTER STRUCTURE IN LIGHT NUCLEI THROUGH RESONANT REACTIONS AT THE ASTANA CYCLOTRON

Authors: Aliya Nurmukhanbetova¹; Dosbol Nauruzbayev¹

Co-authors: Gulfairuz Serikbayeva¹; Vladilen Goldberg²

¹ Nazarbayev University Research and Innovation System

² Cyclotron Institute, Texas A&M University

Corresponding Author: dosbol.ndk@gmail.com

We'll present a short review of resonant reactions studies performed by the Thick Target Inverse Kinematics (TTIK) approach using beams of the DC-60 cyclotron in Astana (Kazakhstan). Our focus is the reactions induced by gaseous isotopes. In this case the TTIK method provides for continue in energy excitation functions at different angles and these data are free from target admixtures unavoidable at usual approach [1]. We use a combination of the TTIK approach and the time of flight measurements to provide for a better overall energy resolution in the experiments. We'll review the spectroscopic results for ¹³C, ¹⁵N, ¹⁴N ¹⁶O, ¹⁷O and ¹⁸O interaction with helium and hydrogen [2-8] important for understanding exotic nuclear structure and for nuclear astrophysics.

- [1] Artemov K., et.al., Sov. J. Nucl. Phys. 52, 408 (1990)
- [2] Goldberg V. Z., et. al., Phys. Rev. C, 105(1), 014615, (2022)
- [3] Volya A., et al; Phys. Rev. C, 105(1), 014614, (2022)
- [4] A. K. Nurmukhanbetova, et al; Phys. Rev. C 109, 024607(2024)
- [5] Goldberg V. Z., et.al. Phys. Rev. R., 2(3), 032036, (2020)
- [6] Nurmukhanbetova A.K., et.al. Physical Review C, 2019, 100(6), 0628021.
- [7] Nauruzbayev D. K., et.al., Phys. Rev. C, 96(1), 014322, (2017).
- [8] Nurmukhanbetova A.K., et.al., NIM in physics, 847, 125–129, (2017)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

251

INVESTIGATION OF HIGH-ENERGY MUON INTERACTIONS IN EXTENSIVE AIR SHOWERS USING SCINTILLATION HODOSCOPES

Author: Shynbolat Utey¹

Co-authors: Aliya Baktoraz²; Ivan Sopko³; Nurzhan Saduyev²; Nurzhan Yerezhep²; Orazaly Kalikulov⁴; Saken Shinbulatov⁵

¹ KazNu after al- Farabi

² Institute of Nuclear Physics

³ Al-Farabi KazNU

⁴ INP

⁵ INP RK&Al-Farabi KazNU

Corresponding Authors: shinbolat1993@mail.ru, a_baktoraz@mail.ru, shynbulatov.saken@gmail.com, nurzhan.yerezhep@gmail.com, orazaly82@gmail.com

At the Tien-Shan High Altitude Scientific Station (TSHASS), experiments on registering the muon component of extensive air showers (EAS) in various energy ranges have always remained one of

the main research directions. The station possesses the necessary infrastructure for these purposes: an underground tunnel and several large underground rooms designed to house muon detectors with various energy thresholds.

Currently, a muon hodoscope has been created in the underground facility of TSHASS—a system of synchronously operating large-area scintillation detectors covering an available area of 50-60 square meters, designed for the direct measurement of the spatial distribution of high-energy muon flux density in the cores of powerful EAS. This paper presents the characteristics of the muon hodoscope, as well as the current state of the detectors and the initial data on the muon distribution obtained.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

48

INVESTIGATION OF THE CONTENT OF RADIONUCLIDES IN MONOCOTYLEDONOUS AND DICOTYLEDONOUS PLANTS-DOMINANT BIOGECENOSES OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

On the territory of the experimental sites “Experimental Field”, “Balapan”, “Degelen” of the Semipalatinsk landfill, we identified 505 species of vascular plants. The radioecological range of their growth is wide: from background doses (10-20 $\mu\text{R/h}$) to dangerous (3,000- 6,300 $\mu\text{R/h}$) and especially dangerous ($>6,300 \mu\text{R/h}$) (in accordance with the radiation safety standards of the Republic of Kazakhstan, 1996). Most of the plants ($>70\%$) grow at an exposure dose rate of 60-3,000 $\mu\text{r/hour}$ of gamma radiation.

The analysis of the data of the gamma-spectrometric analysis of ash samples of soils, roots and the aboveground part of plants revealed the individual characteristics of the studied dominant species to accumulate certain radionuclides. The greatest number of radionuclides accumulate in meadow ecosystems.

In meadow ecosystems, the most intensive migration of radionuclides occurs from soils to soil solution \rightarrow to plant roots \rightarrow to the aboveground part of plants.

The main pollutants of meadow soils are Cs137 (from 3 200 to 8 552 Bq/kg), beta emitters (from 16 970 to 40 200 Bq/kg), and at least alpha emitters (from 2,100 to 3,970 Bq/kg).

Cs137 accumulates in the roots of dominant plant species in monocotyledonous plants from 1 332 to 3200 Bq/kg, in dicotyledonous plants –from 1 351 to 3 100 Bq/kg. Beta-emitters in the roots of monocotyledonous plants accumulate from 14 400 to 462 000 Bq/kg, in dicotyledonous plants –from 79,100 to 2,240,000 Bq/kg. Alpha-emitters were detected in the roots of monocotyledonous plants 1 600-6 700 Bq/kg, in the roots of dicotyledonous plants 2 100-5 580 Bq/kg (Table 1).

In the aboveground part of the dominant plant species, Cs137 accumulates in monocotyledonous plants 120-392 Bq/kg, in dicotyledonous plants 438-685 Bq/kg. Beta-emitters accumulate in monocotyledonous plants 87 000-260 000 Bq/kg, in dicotyledonous plants 82200 -229 400 Bq/kg. Alpha-emitters accumulate in monocotyledonous plants from 380-1 380 Bq/kg, in dicotyledonous plants from 350-1 400 Bq/kg.

The dominants represented by dicotyledonous plants are hyperaccumulators. This is *Inula britannica*, accumulating in the aboveground part up to 680 Bq/kg Cs137, *Glycyrrhiza uralensis* –438 Bq/kg, *Sanguisorba officinalis* –446 Bq/kg, *Galatella biflora* –533 Bq/kg, *Potentilla acaulis* –390 Bq/kg. Dominant representatives of monocotyledonous plants accumulate in the aboveground part up to 325 Bq/kg Cs137 in *Elytrigia repens*, 238 Bq/kg in *Calamagrostis epigeios* and 382 Bq/kg in *Achnatherum splendens*. The meadow communities formed by these dominants produce significant biomass in the aboveground part. The grass stands of these communities are suitable for haymaking. The yield of hayfields is 18.5-20.0 c/ha in dry form and 36.2-94.0 c/ha in green mass. The weight of the aboveground part of the biomass reaches 3 610 –5 260 kg/ha. Of these, 168-2 250 kg/ha belongs to mono-

cotyledonous plants and 193-3 250 kg/ha to dicotyledonous plants.

In halophytic ecosystems, Cs137 accumulates in soils (in a layer of 0-5 cm) 2 207-2 256 Bq/kg. In the roots of dicotyledonous plants, its content ranges from 76 (Halimione verrucifera) up to 82 Bq/kg (Halocnemum strobilaceum), in the aboveground part 113 and 556 Bq/kg, respectively.

In zonal ecosystems, a high content of Am241 in soils (in a layer of 0-13 cm) from 5 132 to 12 492 Bq/kg was recorded. In the roots of plants, it ranges from 59 Bq/kg (dicotyledonous) to 255 (monocotyledonous), in the aboveground part, respectively, 43 and 37 Bq/kg.

In zonal ecosystems, a significant content of Eu152,154 in soils (in a layer of 0-13 cm) 3 144-3 540 Bq/kg was also detected. In the roots of dicotyledonous plants, it ranges from 384 (Artemisia marschalliana) to 549 Bq/kg in monocotyledons (Stipa sareptana), in the aboveground part of plants, respectively, 116 and 182 Bq/ kg.

Analysis of the content of β - emitters revealed a high selective ability in some plants to accumulate them. Thus, Sanguisorba officinalis accumulates up to 2 240 000 Bq/kg in the roots, 713 000- 1 100 000 Bq/kg in the aboveground part (41 000 Bq/kg in the 0-10cm soil layer), Calamagrostis epigeios, respectively 186 600-460 000 Bq/kg (in the roots) and 189 820-260 000 Bq/ kg (in the aboveground part), in the soil layer 0-10cm 41 600 Bq/kg. Leymus angustus accumulates in the roots up to 102 000 Bq/kg, in the aboveground part up to 79 000 Bq/kg (in the soil layer 0-15cm –16 970 Bq/kg) (Table 1).

Analysis of the content of α -emitters revealed a high selective ability in all studied monocotyledonous and dicotyledonous plants - mesophytes, dominants of meadow communities to accumulate more radionuclides in the roots than in the aboveground part. This is typical for Galatella bifora: 3 880 –5 600 Bq/kg (in the roots) and 350-1 100 Bq/kg (in the aboveground part), for Elytrigia repens: 3 900-6 500 Bq/kg (in the roots) and 390 Bq/kg (in the aboveground part), Calamagrostis epigeios: 6 780-18 600 Bq/kg (in the roots) and 400-1 000 in the ground part, for Inula britannica: 1 700-2 100 Bq/kg (in the roots) and 390 Bq/kg (in the aboveground part).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

272

INVESTIGATION OF THE DENSITY AND VECTOR ANISOTROPY OF GALACTIC COSMIC RAYS DURING THE ARRIVAL OF INTERPLANETARY DISTURBANCES

Authors: Botakoz Seifullina¹; Olga Kryakunova¹; Anatoly Belov²; Artem Abunin²; Maria Abunina²; Irina Tsepakina¹; Nikolay Nikolayevskiy¹

¹ Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

² Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Moscow, Russia

Corresponding Author: botanaika.93@gmail.com

The Forbush effect is a change in the density and anisotropy of cosmic rays in large-scale disturbances of the solar wind. Geomagnetic activity and Forbush effects are most often closely related, as they are a consequence of the influence of interplanetary disturbances. In this work, we consider Forbush effects caused by sporadic perturbations of the interplanetary medium due to coronal mass ejections from disappearing solar filaments. Forbush effects in cosmic rays are isolated and a catalogue of events for 1995-2023 associated with solar filament disappearances on the Sun that were accompanied by CMEs is compiled. For all events associated with CMEs from the disappearance of solar filaments, the characteristics of interplanetary space were considered using measurements on the ACE satellite (<https://izw1.caltech.edu/ACE/>), and solar sources were determined, the density and vector anisotropy of galactic cosmic rays beyond the boundary of the magnetosphere were calculated using the Global Survey Method (GSM), the features of variations in the density and vector anisotropy of galactic cosmic rays (GCR) in the events under consideration were revealed for sources with different heliocoordinates, and the maximal values of the density and vector anisotropy of galactic cosmic rays (GCR) were determined.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

244

INVESTIGATION OF THE INTERACTION MECHANISMS IN THE REACTIONS WITH HEAVY IONS

Author: Alexey Bogachev¹

Co-authors: Eduard Kozulin²; Galina Knyazheva²; Yulia Itkis²; Kirill Novikov²; Igor Vorobiev²

¹ *FLNR JINR*

² *Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Authors: jtkis@jinr.ru, kozulin@jinr.ru, knyazheva@jinr.ru, bogachev@jinr.ru

The reaction mechanisms have already been studied during last several decades in many reactions with heavy ions. Several processes can take place at the interaction of two colliding nuclei. The main of them are fusion-fission, quasifission, fast fission, the formation of the evaporation residue, deep inelastic collisions and, finally, quasielastic and elastic scattering.

A big set of the experimental data obtained in very different nuclear reactions were measured with use of double-arm Time-Of-Flight spectrometer of the reaction products –CORSET [1]. The experiments were carried out in FLNR JINR at U-400 and U-400M accelerators, and in other European and American scientific centers as well. The investigated compound nuclei last from neutron-deficient 178Pt up to superheavy nucleus with Z=122. In some case it is possible to distinguish different mechanisms and extract their corresponding mass-energy distributions. Moreover, the applied experimental methods give the possibility to deduce the cross-section values of different processes. The detailed analysis of mass-energy distributions of the reaction products indicates that not only spherical proton and neutron shells influence on the behavior of mass and energy distributions, but deformed proton shells either.

The upgraded spectrometer CORSET consists of four arms which allow measure not only time of flight of the reaction products, but also their kinetic energy (ToF-E method). Such configuration of the arms gives the possibility to register not only binary products of the multy-nucleon transfer reactions, but also the products of the sequential fission of heavy fragment, which is very excited and also can fission. The study of the reaction 209Bi+238U showed that due to this promising method it is possible to form superheavy nuclei with charge number up to Z=110. This type of the reactions can give the possibility to obtain and investigate neutron-rich superheavy nuclei, which are impossible to be synthesized in other ways due to limited varies of beam-target ion combinations.

Possible ways of the set-up development also will be discussed in the presentation. The proposed upgrade of the spectrometer would significantly enlarge the facilities for experimental investigations of reaction mechanisms observed in reactions with different entrance channel properties, and allow investigations of the structure both reaction products and evaporation residues.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

150

ION INJECTORS OF THE BUDKER INP FOR SCIENTIFIC, MEDICINE AND INDUSTRIAL APPLICATIONS.

Author: Igor Churkin¹

¹ *Budker Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: churkin@inp.nsk.su

Ion injectors from the Budker INP are devices for use in scientific research, in the field of medicine, and industry.

Injectors of various specified ions - for implantation into the surface layers of semiconductor materials.

Hydrogen and deuterium atomic injectors - for diagnostics and plasma heating in thermonuclear installations.

Hydrogen ion injector - for generation of neutrons.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

292

ION TRACKS IN NANOCRYSTALLINE OXIDES INDUCED BY SWIFT HEAVY IONS

Author: Alisher Mutali¹

Co-authors: Alexander Sohatsky ²; Anel Ibrayeva ³; Arno Janse Van Vuuren ⁴; Jacques O’Connell ⁴; Maxim Zdorovets ³; Vladimir Skuratov ²

¹ *Institute of Nuclear Physics (INP)*

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

³ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

⁴ *Nelson Mandela University, Port Elizabeth, South Africa*

Corresponding Author: qasymuly@gmail.com

Mutali A.1,2,3, Ibrayeva A.1, A.Sohatsky A.3, Janse Van Vuuren A.4, O’Connell J.4, Zdorovets M.1,2, Skuratov V.A.3,5,6

1Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

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

3Flerov Laboratory of Nuclear Research, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

4Nelson Mandela University, Port Elizabeth, South Africa

5National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

6Dubna State University, Dubna, Russia

The structural modification of materials exposed to energetic heavy ions is of both fundamental and practical interest. Latent tracks are specific defects produced in many solids, particularly ceramics, by irradiation with swift heavy ions (SHIs) due to electronic excitations. The track formation process requires electronic energy loss (Se) over a material specific threshold level. Typical parameters of interest when considering a material’s tolerance to SHI irradiation are the threshold Se (Sth), the size of any tracks that are produced and the morphology of produced tracks. Transmission electron microscopy (TEM), being the only experimental technique capable of directly imaging latent ion tracks, is perfectly suited to the characterization of SHI irradiated crystals.

The nanocrystalline oxide ceramics were irradiated with high energy (100 MeV - 714 MeV) Kr, Xe and Bi ions at room temperature at the IC-100, U-400 and DC-60 cyclotrons in FLNR JINR (Dubna, Russia) and Astana Branch of Institute of Nuclear Physics (Astana, Kazakhstan). TEM examination was carried out at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR, Dubna, Russia using a FEI TalosTM F200i S/TEM (Waltham, MA, USA).

We compare ion track parameters in nanocrystalline and bulk ceramics paying a special attention to the electronic stopping power range close to the threshold for a track formation.

Acknowledgements

This work was funded by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan [grant number AP19678955].

Section:

Energy and materials science (Section 2)

174

IS THE STATE $E^* = 14.08$ MeV OF ^{12}C NUCLEUS OBSERVED IN THE p-TRANSFER PROCESSES?

Author: Irina Son¹

Co-author: Sergey Artemov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics, 100214, Ulughbek, Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding Authors: son.irina@inp.uz, artemov@inp.uz

The problem of generating a ^{12}C nucleus in the universe is extremely important, since it is the starting point in the chains of further stellar nucleosynthesis, and plays a huge role in evolution as a whole. It is generally accepted that the ^{12}C nucleus is formed mainly by fusion of three α particles, $3\alpha \rightarrow ^{12}\text{C}^*$ or $8\text{B} + \alpha$ through the Hoyle state (0^+) with an excitation energy of 7.65 MeV, which is the subject of a colossal number of publications.

However, the alternative pathways of its formation considered, for example, in the inhomogeneous Big Bang model [1,2] leading to radiative capture of a proton by the ^{11}B nucleus, cannot be ignored. For its assessment, the structure of all proton-bound states of the ^{12}C nucleus, into which proton capture can occur, is extremely important. But, oddly enough, even the systematics of the energy spectrum of this nucleus has not yet been clarified. In reactions with proton transfer, the systematics of single-particle levels seems to be most adequately reflected in the work of Reynolds in [3] where the spectra of deuterons from the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)$ reaction were studied with high energy resolution.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

141

ISOTHERMAL DECAY ANALYSIS OF INTERMEDIATE TL PEAKS OF NANO- α -ALUMINA

Author: Ahmad Ahadov¹

Co-authors: Akshin Abishov¹; Aybaniz Ahadova¹; Muslum Gurbanov¹; Sahib Mammadov¹

¹ *Institution of Radiation Problems*

Corresponding Authors: mgurbanov@mail.ru, aybaniz.ahadova@gmail.com, a.ahadov@irp.science.az, format-mmc@mail.ru, mammadov.irp@gmail.com

This work is a continuation of a thermoluminescence (TL) study of the behaviour of nano α - Al_2O_3 (40 nm) in the temperature range of 110 to 160°C to elucidate the kinetic mechanisms driving its TL response [1–4]. The isothermal decay curves were analyzed to determine the order of kinetics and activation energies of the TL peaks. The $\ln(I)$ vs. time plot revealed a nonlinearity starting at 140°C,

indicating that the TL peaks do not follow first-order kinetics in this temperature region. Subsequent analysis confirmed that the TL data align with second-order kinetics, with a kinetic-order parameter of $b = 2.0$ providing the best linear fit.

Further examination of the $\ln(\text{slope})$ vs. $1/kT$ relationship revealed a composite structure in the TL response, characterized by three distinct linear sections. These sections correspond to activation energies of 0.6 ± 0.12 eV, 1.07 ± 0.25 eV, and 1.61 ± 0.47 eV, respectively, suggesting the presence of three different centers contributing to the dosimetric peak. To address the above behavior for nano-sized alumina, the main dosimetric peak was also deconvoluted into three peaks applying the Computerized Glow Curve Deconvolution (CGCD) procedure using GlowFit program (Fig. 1). The maximum temperatures of the three component glow peaks were found to be 425, 472 and 503 K. Correspondingly, the activation energies for these peaks were found to be 0.68 eV, 1.01 eV and 0.85 eV, while the corresponding frequency factors were calculated to be 5.10×10^6 , 3.45×10^{10} and 1.29×10^8 s⁻¹.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

121

International center for neutron research based on the PIK reactor

Author: Vladimir Voronin¹

¹ NRC Kurchatov institute - PNPI

Corresponding Author: voronin_vv@pnpi.nrcki.ru

Current status of the high-flux research reactor PIK and its instrumental base commissioning will be presented.

The PIK reactor is a neutron source with record parameters. It is a vessel reactor, where light water is used as a coolant, and heavy water as a neutron reflector and moderator. The main parameters of the reactor are as follows [1]:

- Thermal power - 100 MW;
- The volume of the reactor core - 50 liters
- Thermal neutron flux in the reflector up to $1.2 \cdot 10^{15}$ n/cm²s;

The PIK reactor has been brought to the power mode of operation in 2021. Thermal power of 7 MW [2] has been reached in March 2022. The first 5 neutron scattering stations have been put into operation, and the first experiments are being carried out [3]. The full-scale instrumentational program [4] for the creation of 20 instruments, cold, ultracold and hot neutron sources are currently under progress.

[1] M. V. Kovalchuk, S. L. Smolskiy, and K. A. Konoplev, Research Reactor PIK, Crystallography Reports, 2021, Vol. 66, No. 2, pp. 188–194.

[2] M. V. Kovalchuk, V. V. Voronin, S. V. Gavrilov et al, Research Reactor PIK: The First Experiments, Crystallography Reports, 2022, Vol. 67, No. 5, pp. 729–738

[3] S. Grigoryev, V.V. Voronin, A. Gartvik et al, PIK research reactor put into megawatt-power operation, Neutron New, 2022, DOI: 10.1080/10448632.2022.2126716

[4] Kovalchuk M.V., Voronin V.V., Grigoriev S.V. et al. Instrument Base of the Reactor PIK. Crystallogr. Rep. 66, 195–215 (2021)

Section:

Investigation of spectral properties of ^{11}Be in breakup reactions

Author: Daniyar Janseitov¹

Co-authors: Dinara Valiolda²; Vladimir Melezhik³

¹ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

² *KAZNU/JINR*

³ *JINR*

Corresponding Authors: janseit.daniar@gmail.com, melezhik@theor.jinr.ru, valiolda.dinara@gmail.com

We investigate the breakup of the ^{11}Be halo nuclei on a light target (^{12}C) within quantum-quasiclassical approach in a wide range of beam energy (5–67 MeV/nucleon) including bound states and low-lying resonances in different partial and spin states of ^{11}Be . The obtained results are in good agreement with existing experimental data at 67 MeV/nucleon. We also demonstrate that the developed computational scheme can be used for investigation of nuclei spectral properties in low-energy breakup experiments on different targets.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

125

Investigation of ternary particles in the spontaneous fission of ^{252}Cf

Author: Daniyar Berikov¹

Co-authors: Michael Holik²; Yuri Kopatch³; Farid Ahmadov⁴; Azer Sadigov⁵; Sabuhi Nuruyev⁴; Afag Madadzada⁵; Gadir Ahmadov⁵

¹ *Institute of nuclear physics*

² *Institute of Experimental and Applied Physics, CTU, Prague, Czech Republic*

³ *Joint Institute for Nuclear Researches, Dubna, Russia*

⁴ *Institute of Radiation Problems under Ministry of Science and Education, Baku, Azerbaijan*

⁵ *Innovation and Digital Development Agency Nuclear Research Department, Baku, Azerbaijan*

Corresponding Authors: kopatch@nf.jinr.ru, a.i.madadzada@gmail.com, saazik626@gmail.com, daniyar.berikov@gmail.com, farid081211@gmail.com, sebhunuruyev@gmail.com, michael.holik.cz@gmail.com, ahmadovgadir@gmail.com

This work investigates the light charge particle ($Z = 1$ to 6) in the spontaneous fission of ^{252}Cf . A position-sensitive ΔE -E telescope with excellent energy resolution was employed to identify and characterize the emitted particles. Transmission-type ΔE detectors from Micron Semiconductor, with thicknesses of $16\ \mu\text{m}$ and $150\ \mu\text{m}$, are used for specific energy loss (ΔE) measurements. Timepix detectors, in thicknesses of $300\ \mu\text{m}$ and $600\ \mu\text{m}$, measures the residual energy (E) of the emitted particles. Partial-energy spectra for the different ternary particle types were obtained due to the placement of aluminum foils ($30\ \mu\text{m}$) and ΔE detectors ($16\ \mu\text{m}$ and $150\ \mu\text{m}$) in front of the E detectors. The detector system achieves sufficient resolution to discriminate protons (^1H), deuterons (^2H), tritons (^3H), ^3He , and ^4He isotopes clearly.

Gaussian fitting of the measured partial-energy spectra allowed for the extraction of yield and energy information for each identified particle type. However, the ^1H spectrum required additional analysis due to potential contributions from background reactions such as $\text{Al}(\alpha, p)$, $\text{Al}(n, p)$, and $\text{Si}(n, p)$. The Talys nuclear reaction code was employed to quantify these contributions specifically for hydrogen. The calculations confirmed the presence of ^1H from the $\text{Al}(\alpha, p)$ reaction within the measured energy range. Background-free energy spectra were obtained by subtracting the calculated spectra from the experimental data. Gaussian fitting approach allowed to determine yields and

kinetic energies for a broad range of light particles emitted during ternary fission of ^{252}Cf , including ^1H , ^2H , ^3H , ^4He , ^3He , ^6He , ^8He , Li, Be, B, and C.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

252

Investigation of the possibility of applying an available cross-section library in the production of ultracold neutron source using Monte Carlo simulation

Author: K. T. Pham¹

Co-authors: A. Yu. Nezvanov²; A. Yu. Muzychka²

¹ *Vietnam Atomic Energy Institute*

² *Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Author: kham.kt@phystech.edu.ru

Pham K.T.1,2,, Nezvanov A.Yu.3, Muzychka A.Yu.3

1Department of Fundamental and Applied Problems of Microworld Physics, Landau Phystech School of Physics and Research, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), 141701, Institutskiy Pereulok, 9, Dolgoprudny, Moscow Oblast, Russia

2Vietnam Atomic Energy Institute, 59 Ly Thuong Kiet, Ha Noi, Viet Nam

3Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubnakh.kt@phystech.edu.ru

The calculation of neutron transport plays an important role in the development of neutron sources. The choice of nuclear data library, in particular the neutron cross-sections, is the primary determinant of the calculation's certainty. Nowadays, there are several types of nuclear data, and libraries already exist, such as the Japanese Evaluated Nuclear Data Library (JENDL), the Evaluated Nuclear Data Files (ENDF), the Joint Evaluated Fission and Fusion Nuclear Data Library, the TALYS-based Evaluated Nuclear Data Library (TENDL), the evaluated neutron data library (BROND), the ACE Application Nuclear Data Libraries, and others.

In our research, we have examined the neutron data library for solid ortho-deuterium (sD2) at 5 K. It is one of the most efficient materials that could be used in the design of very cold neutron (VCN) and ultracold neutron (UCN) sources as a converter of such neutrons. The library was developed in ACE format by the Spallation Physics Group at the European Spallation Source. It is predicated on J.R. Granada's neutron scattering kernel for sD2 [1]. The main characteristics of Granada's model are contained in the mathematical formalism, including the lattice's density of states, the Young-Koppel quantum treatment of the rotations, and the internal molecular vibrations. Additionally, a thorough description of the elastic processes involving coherent and incoherent contributions is provided, along with the spin-correlation effects.

Calculations were conducted for investigating the used cross-section library for sD2 at 5 K by using a Monte Carlo code, including: 1. Total cross-section for neutrons interacted with a flat layer of sD2 of a thickness of 1 cm. The initial energy range was from 10^{-2} to 10^3 meV. The simulation results show a similarity to the measured cross-section. 2. The differential inelastic cross-section of energy transfers due to the interaction of neutrons with the initial energy of 20.4 meV. In this case, the simulation configuration was a sD2 sphere with a radius of 5 cm and a point isotropic neutron source at its centre. The neutron scattering data was compared with the results published by A. Frei [2], showing agreement for the range of energy loss of sub-thermal neutrons in the sD2 converter material.

Based on the results of the calculations mentioned above, we have calculated the cross section for generating VCN with velocities from 50 - 200 m/s.

Moreover, for simulations relating to the production and transport of UCN, the library shows a lack

of necessary data. The limitation applies to the range of neutron energies from 10^{-2} to 10^3 MeV. In the next stage of our research, we will focus on using the neutron scattering kernel for sD2 that was proposed by J.R. Granada for the development of a data library for Geant4 extended to the UCN energy region.

References

- [1] Granada, J. R. “Neutron scattering kernel for solid deuterium.” *Europhysics Letters* 86.6 (2009): 66007.
 [2] Frei, A., et al. “Understanding of ultra-cold–neutron production in solid deuterium.” *Europhysics Letters* 92.6 (2011): 62001.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

52

Investigation of the reactions $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ and $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ on the SuperHeavy Element Factory

Authors: Dastan Ibadullayev¹; Maksim Shumeiko²; Vladimir Utyonkov²; Yury Oganessian²

¹ *JINR, ENU*

² *FLNR, JINR*

Corresponding Author: ibadullayev@jinr.ru

The $^{232}\text{Th} + ^{48}\text{Ca}$ and $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ reactions have been studied at the gas-filled separator DGFRS-2 at the Superheavy Element Factory at Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research. Three new nuclides were synthesized for the first time: a spontaneously fissioning (SF) ^{268}Sg with the half-life $T_{SF} = 13_{-4}^{+17}$ s; an α decaying ^{272}Hs with $T = 0.16_{-0.06}^{+0.19}$ s and $E = 9.63 \pm 0.02$ MeV; and ^{276}Ds with $T_{1/2} = 0.15_{-0.04}^{+0.10}$ ms, $E = 10.75 \pm 0.03$ MeV, and an SF branch of 57%. For the first time, in 5n-evaporation channel a new isotope ^{275}Ds with a half-life of $0.43_{-0.12}^{+0.29}$ ms and α -particle energy of 11.20 ± 0.02 MeV was synthesized in the ^{48}Ca -induced reaction with the actinide nucleus and identified by measuring correlated α decays ending in known nuclei. The decay properties of these nuclei are in agreement with the systematics of experimental partial half-lives and α -decay energies of heavy known nuclei, as well as spontaneous-fission half-lives. The cross sections of the 4n-evaporation channel of $0.07_{-0.06}^{+0.17}$ pb, $0.7_{-0.5}^{+1.1}$ pb, and $0.11_{-0.09}^{+0.46}$ pb were measured at 231, 238, and 251 MeV, respectively. The cross sections of the $^{232}\text{Th}(^{48}\text{Ca}, 5n)^{275}\text{Ds}$ reaction of $0.11_{-0.09}^{+0.46}$ and $0.34_{-0.16}^{+0.59}$ pb were measured at excitation energies of the ^{280}Ds compound nucleus $E^* = 51$ and 56 MeV, respectively. The cross section of the 5n-evaporation channel of the $^{238}\text{U} + ^{40}\text{Ar}$ reaction at $E^* = 49$ MeV of $0.18_{-0.12}^{+0.44}$ pb turned out to be comparable to that for ^{275}Ds at close excitation energy.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

281

JUSTIFICATION OF ^{75}Se AND ^{169}Y AS SOURCES FOR KILOVOLT-AGE X-RAY THERAPY WITH RADIOSENSITIZERS

Author: Gayana Abdullaeva¹

Co-authors: Gayratulla Kulabdullaev²; Eshpulat Normatov³

¹ *Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent*

² *Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of Uzbekistan*

³ *Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

Corresponding Authors: gkulabdullaev@inp.uz, abdullaeva@inp.uz

JUSTIFICATION OF ⁷⁵Se AND ¹⁶⁹Y AS SOURCES FOR KILOVOLTAGE X-RAY THERAPY WITH RADIOSENSITIZERS

G. A. Abdullaeva, G. A. Kulabdullaev, E. X. Normatov

Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Kilovoltage x-rays have been used for the treatment of cancer alongside MV x-rays for decades. For treatments of deep-seated tumors, a number of challenges for kV therapy compared to MV therapy exist, such as the increased treatment time, dose calculation complexity, potential differences in radiobiology between kV and MV beams. Due to the increased probability of photo-electric interactions, kV x-ray beams have the potential to increase radiation dose to a target loaded with x-ray contrast agents of high atomic number (Z).

Current research is aimed at the study of the effects of X-ray radiation on brain tumors in presence contrast agents, as well as the physical mechanisms. So justification of ⁷⁵Se and ¹⁶⁹Y as sources for kilovoltage X-ray therapy with radiosensitizers are presented.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture” (Section 4)

246

LEAD TARGET FOR THE STUDY OF ACCELERATOR DRIVEN SUBCRITICAL REACTOR WITH ION BEAMS

Authors: Latchesar K. Kostov¹; Mihaela Paraipan²; Oleg V. Belov¹; Sergey A. Kulikov¹; Serguey I. Tyutyunnikov¹; Toan N. Tran³; Vafa M. Javadova¹; Valery N. Shvetsov¹

¹ *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

² *1-Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, 2- Institute of Space Science, Magurele, Romania*

³ *1-Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, 2-Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology (IP VAST), Hanoi, Vietnam*

Corresponding Author: paraipan@jinr.ru

Our studies dedicated to the ADSR subject revealed that ADSR can represent an efficient source of energy, able to ensure a safer exploitation and a deeper burning of the actinides in comparison with a fast reactor (FR). The use of a beryllium converter gives the possibility to obtain with a beam of ⁷Li with energy 0.25-0.3 AGeV the same net electrical power as the one realized with 1-1.5 GeV proton. With beam intensities above 10¹⁶ p/s, energy gain higher than 15 is achieved. The conclusions were obtained through simulations with the code Geant4 and theoretical calculations.

Experimental possibilities to compare the efficiency of different beams are analyzed. The first variant would be the measurements of the neutron yield for various beam-converter combinations. But such experiments are confronted with difficulties related to the measurements of the double differential neutron yield from thick and extended targets. Another problem is created by the fact that it is not a direct correlation between the neutron multiplicity from the converter and the energy released in the reactor core.

The most reliable results can be obtained by measuring the fission distribution inside an extended target. The design of such target is presented. A lead block with dimensions 110x110x150 cm is used as substitute for the lead-bismuth coolant. The target has a central hole for the converter, and holes

in horizontal and vertical directions, at different radii for the placement of the detectors. Expected results predicted by simulation for different beams and converter materials are presented.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

194

LOW-ENERGY ELECTRON SOURCES WITH PLASMA CATHODES FOR INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL PURPOSES

Authors: Maksim Torba¹; Maksim Vorobyov¹; Nikolay Koval¹; Pavel Moskvina¹; Ruslan Kartavtsov¹; Sergey Doroshkevich¹; Vladimir Devyatkov¹

¹ IHCE SB RAS

Corresponding Authors: mtorba9@gmail.com, koval@hcei.tsc.ru, pavelmoskvina@mail.ru, doroshkevich096@gmail.com, vorobyovms@yandex.ru, kartavcov@gmail.com

At present, low-energy sources (up to 200 keV) of electrons find wide practical and scientific use and have a wide range of parameters of the generated electron beam, which is determined by the problem being solved. Thus, electron sources can also be used for processing various organic materials (polymers, gases, food or medical products, etc.) [1–7], generating beams with a relatively low energy density, most often outputted into the atmosphere through an output foil window, or for processing various inorganic (metallic and cermet) materials in vacuum in order to change the functional and operational properties of their surface [9, 10]. Such problems can be rationally solved using sources of electrons with plasma cathodes based on arc discharges. The work will consider two systems, each of which is unique in terms of a set of basic parameters, namely:

1) Low-energy source of electrons "SOLO", which allows generating a wide intense electron beam of submillisecond duration for the implementation of the purposes of pulsed modification of the surface of metallic materials and simulation of extreme thermal effects. Beam parameters: electron energy up to 30 keV, beam current up to 500 A, pulse duration up to 1 ms, pulse repetition rate up to 10 s⁻¹, beam diameter up to 5 cm). The source has the ability to control the beam power, based on the unique property of sources with plasma cathodes, which consists in a weak dependence of the parameters of the generated electron beam from each other, which makes it possible to control the rate of energy input into the surface of the metal material, and, in particular, the temperature of this surface, which can be extremely important in the implementation of a scientific search for the optimal exposure regime.

2) Low-energy electron source "DUET", which generates a beam of large cross-section ($\approx 1000 \text{ cm}^2$) with its extraction into the atmosphere or high-pressure gas. This electron source operates in a repetitively pulsed mode (electron energy up to 200 keV, beam current up to 50 A, pulse duration up to 100 μs , pulse repetition rate up to 50 s⁻¹) and can be used to solve environmental problems (dioxin-free conversion of polyvinyl chloride into carbon films), chemically pure modification of the properties of natural latex, utilization of gaseous silicon tetrafluoride to obtain pure silicon at the output, in the agricultural field for disinsection, disinfection and growth stimulation, for example, cereals, etc. One of the unique features of the source, in addition to the range of parameters of the generated beam, is the ability to control the width of the energy spectrum of the beam ejected into the atmosphere, which determines the depth of passage of an electron in matter (liquids, gases, polymeric materials, etc.) can be an extremely important factor in solving various technological tasks.

The work was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project № 23-29-00998).

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture"(Section 4)

197

MEASUREMENT OF CONCENTRATION PROFILES OF THE LIGHTEST ELEMENTS BY THE TAGGED NEUTRON RECOIL METHOD

Author: I. Z Tursunboyev¹

Co-authors: A.A Karakhodzhaev²; O.R. Tojiboev²; S.V. Artemov²; V.A Tatarchuk²

¹ *Institute of nuclear physics Academy of Sciences of the republic of Uzbekistan*

² *Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding Author: ixtiyortursunboyev30@gmail.com

Determination by non-destructive methods of the content and concentration profiles of the lightest elements (1H, 2D, 3T, 3He,...) in materials is an important task, in demand in many technologies (nuclear and thermonuclear, hydrocarbon energy, hydrogen storage, etc.), and in fundamental research (studying the dynamics of saturation and diffusion of hydrogen in metals, etc.). A convenient nuclear physics method, which has a large depth of analysis and applicability to objects of arbitrary configuration and in any state of aggregation, is the Neutron Elastic-scattering Recoil Detection (NERD) method [1,2], based on the detection of recoil nuclei of these elements from the scattering of (quasi)monochromatic fast neutrons.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

3

MEASUREMENT OF THE STANDARD MODEL AT THE TEV COLLIDERS

Author: Eldor Dustmurodov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

Corresponding Author: elan.davidov@gmail.com

We have studied that the LHC data for Standard Model (SM) processes cover a very wide kinematic range, providing access to transverse momenta and masses of the order of TeV and above. For an accurate understanding at such scales, it is necessary to consider higher-order electroweak (EW) corrections in addition to QCD corrections. SM data obtained at 7 TeV and 8 TeV, with their small statistical uncertainties and decreasing (over time) systematic errors, are useful not only for testing theoretical predictions but also as input data for the global parton distribution function (PDF).

300

METAL ADSORPTION ON THE SURFACE OF TITANIUM DIOXIDE FILM

Author: Wei Cheng¹

¹ *Beijing Normal University, China*

Corresponding Author: chengwei@bnu.edu.cn

The absorption of metal on the surface of titanium dioxide was calculated by ab initio calculation. Band structure and density of states are analyzed. The oxygen atoms on the surface are reactive. Metal atom and oxygen atoms can form chemical bonds. The bonding strength is related to the thickness of film. Metal induced magnetism is found. The induced magnetic moment varies with the distance between metal and film.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

79

METAL/SUPERCONDUCTOR-INSULATOR TRANSITIONS AND THEIR INFLUENCE ON HIGH- T_c SUPERCONDUCTIVITY IN UNDERDOPED AND OPTIMALLY DOPED CUPRATES

Authors: Gulmira Zhumabaeva^{None}; Safarali Dzhumanov^{None}; Ulugbek Kurbanov¹

¹ *INP AS RUz*

Corresponding Authors: dzhumanov@inp.uz, zhumabaeva@jinr.ru, ukurbanov@inp.uz

Metal-insulator transitions (MITs) in undoped and doped materials have long been a focus of condensed matter physics due to their inherent conceptual complexity, which has stimulated the development of many theories, and the possibility of controlling the (reversible) suppression of electrical conductivity in technological applications. The MITs in doped semiconductors and high- T_c cuprate superconductors are of particular interest. These materials at low dopings are insulators, but they contain two opposite phases: the metal phase consisting of mobile charge carriers (free electrons or holes and large polarons) and the insulating phase consisting of localized (immobile) charge carriers. In the simplest scenario, metal-insulator transitions can be distinguished based on the Wilsons picture of the filling of electronic bands [1]. Wilson’s approach predicts the insulating properties of fully filled/empty d-band transition metal oxides. However, for partially-filled d-band transition metal oxides (especially for high- T_c superconducting cuprates), this approach is inadequate [2]. One of the seminal works of Mott resolved this limitation by considering the effect of electron-electron correlation and formulated the criterion for the Mott metal-insulator transition in solids, which was a subject of intense research during many decades [3]. After that, several mechanisms that localize conducting electrons and lead to the MITs were proposed. The most prevalent ones are the Mott–Hubbard (caused by an electron–electron correlation) and Anderson (caused by a disorder) mechanisms [4]. The Mott- and Anderson-type metal-insulator transitions were discussed as the basic mechanisms of the localization of charge carriers in crystalline and non-crystalline solids [4,5,6,7]. In this work we develop a new approach to the metal/superconductor-insulator transition in doped cuprates by studying the polaron formation in them and the possibility of transforming a metallic or superconducting system into an insulator. We examine the possible effects of the different disorders (e.g. polaron formation and charge-density-wave (CDW) transition) and the competing insulating and superconducting phases on the critical temperature T_c of the superconducting transition in underdoped and optimally doped cuprates. We determine the actual superconducting transition temperature T_c in these materials using the theory of Bose-liquid superconductivity, which is capable of predicting the relevant value of T_c in high- T_c cuprates. We find that the suppressing of the polaronic and CDW effects in optimally doped cuprates results in the enhancement of T_c , while some lattice defects (e.g., anion vacancies) in the cuprates can strongly affect on T_c and enhance high- T_c superconductivity in them.

References

1. Wilson A H 1931 Proc. R. Soc. A 133 458–91.
2. de Boer J H and Verwey E J W 1937 Proc. Phys. Soc. 49 59

3. Mott N F 1949 Proc. Phys. Soc. A 62 416.
4. Dzhumanov S. Theory of Conventional and Unconventional Superconductivity in the High-Tc Cuprates and Other Systems. Nova Science Publishers, New York, 2013, 356 p.
5. Mott N. F. Metal-Insulator Transitions. Taylor and Francis, London, 1990, 286 p.
6. Imada M, Fujimori A and Tokura Y. Rev. Mod. Phys. 1998, Vol. 70, pp. 1039-1263.
7. Walz F. J. Phys.: Condens. Matter. 2002, Vol.14, pp. R285-R340.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

23

MICROSTRUCTURE MODIFICATION OF THE PRUSSIAN WHITE CATHODE MATERIAL AND ITS EFFECT ON THE ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF SODIUM-ION BATTERIES

Authors: Marina Donets¹; Nataliya Samoylova¹

Co-authors: Ekaterina Korneeva¹; Roman Vasin¹; Sergey Sumnikov¹

¹ JINR

Corresponding Author: mdonets@jinr.ru

Electrochemical characteristics (e.g. capacity, power, charge/discharge rates etc.) tend to correlate with structure and microstructure of cathode material. Theoretically, current values can be increased by reducing particle size of the material. The smaller particle size results in the shorter ion diffusion paths and the larger surface area of the active material being in contact with the conductive additives and electrolyte [1]. It is known that particle size reduction correlates well with electrochemical properties improvement for lithium-ion batteries materials [2-4].

In this work we investigated how the ball-milling effect on microstructure affects electrochemical properties of the commercial sodium hexacyanoferrate $\text{Na}_{1.8-2}\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 2.2\text{H}_2\text{O}$ (Prussian White, PW), cathode material for sodium-ion batteries.

The pristine powder consists of cubic particles with a side length of 50-200 μm . Under ball-milling with acetone, the initial cubic particles are destroyed to fragments of cubic morphology with a size of 55 μm , 20 μm , and less than 10 μm for the powders milled for 1, 3, and 6 hours, respectively. X-ray diffraction on powders after their drying at 120°C revealed the coexistence of two cubic phases (sp. gr. Fm-3m) and a dehydrated rhombohedral phase (sp. gr. R-3), the contents of which depend on the milling time. Long milling time leads to an increase in the fraction of the rhombohedral phase, which is the result of better dehydration of a finely dispersed sample compared to the samples with larger cubic particles (in pristine PW) or their fragments (1h-milled and 3h-milled PW powders). Electrochemical cycling of coin cells assembled with the milled powders as an active material and sodium anode shows the less capacity drop at high charge/discharge rates for the 6h-milled PW material.

REFERENCES

- [1] A. Yamada, S. C. Chung, and K. Hinokuma, J. Electrochem. Soc. 148, A224 (2001).
- [2] I. A. Bobrikov et al., J. Power Sources 258, 356 (2014).
- [3] J. Ni, Y. Kawabe, et al., J. Power. Sources 196, 8104 (2011).
- [4] H. Zhang, Y. Xu, and D. Liu, RSC. Adv. 5, 11091 (2015).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

222

Manifestation of cluster degrees of freedom in the structure of medium and heavy nuclei.

Authors: Timur Shneidman¹; Talgat Issatayev²; Yuri Penionzhkevich³; Nikolay Skobelev⁴

¹ *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

² *INP, JINR*

³ *Joint Institute for Nuclear Research*

⁴ *JINR*

Corresponding Authors: talgat_136@mail.ru, shneyd@theor.jinr.ru, skobelev@jinr.ru, pyuer@mail.ru

A model has been developed that allows to take into account simultaneously both the deformation parameters and the cluster degrees of freedom. The model is based on the concept of a dinuclear system where the nuclear wave function is treated as a superposition of various cluster configurations and the mononucleus. Degrees of freedom associated with the internal excitation of clusters and their relative motion are taken into account. The model makes it possible to describe in a unified way the structure of low-lying collective nuclear excitations, alpha- and cluster decays, as well as the formation of cluster states in the reactions with heavy ions.

In this talk, we will apply the dinuclear system model to search for the alpha-plus-core structures in the super- and hyperdeformed bands of $N \sim Z \geq 20$ even-even nuclei.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

172

Mass and energy distributions of fission fragments of $^{241}\text{Am}^*$ compound nucleus with ~ 11.5 MeV excitation energy formed in $^{240}\text{Pu}(p,f)$ reaction at incident proton energy of 7 MeV and their decomposition into separate yields of fission modes.

Author: Andrey Pan¹

Co-authors: Daniyar Janseitov¹; Dilshod Alimov; Kirill Kovalchuck¹; Nasurlla Burtebayev¹; Raisa Kosherbayeva¹

¹ *Laboratory of Fission Physics, Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: diliyo@mail.ru

Mass and energy distributions of fission fragments are formed under the influence of different nuclear shells. Therefore by measuring and analyzing mass and energy distributions it is possible to study nuclear structure. However to form a comprehensive understanding a wide range of mass and energy distributions of fission fragments of different compound nuclei at various excitation energies must be studied. Nuclear reactions with charged particles provide access to much greater range of compound nuclei both in their composition and excitation energy than nuclear reaction with neutrons. To further the study of nuclear structure we present preliminary results of our measurement of mass and energy distributions of fission fragments of $^{241}\text{Am}^*$ compound nuclei with ~ 11.5 MeV excitation energy formed in $^{240}\text{Pu}(p,f)$ reaction at incident proton energy of 7 MeV which we made on U-150M cyclotron at Institute of Nuclear Physics, Almaty using our Dinode experimental chamber and 2E setup. We also present decomposition of said preliminary mass and energy distributions of fission fragments into separate yields of different fission modes using our new, sensitive method of decomposition which allows us to distinguish small yields from deformed shells.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

7

Modernization of electronic units of RF stations of the Nuclotron NICA

Author: Alexandr Karpuk¹

Co-authors: Alexander Malyshev¹; Evgeny Syresin¹; Michael Yablochkin¹; Oleg Brovko¹; Oleg Brovko¹; Victoria Morozova¹; Vladimir Galkin¹

¹ *JINR*

Corresponding Author: karpuk@jinr.ru

The Nuclotron is the main installation of the Joint Institute for Nuclear Research (JINR) in the Laboratory of High Energy Physics named after V. I. Veksler and A. M. Baldin. It is designed to produce beams of multiply charged ions, as well as protons and polarized deuterons. This highly focusing synchrotron was built in Dubna in 1987-1992. The Nuclotron serves as a link between the booster injection complex and the collider, which makes the quality of the beam critically dependent on the operation of radio frequency stations. For the new session, as part of the first stage of modernization of the Nuclotron electronics, electronic units were modernized, including an adjustable amplifier and a phase detector.

REFERENCES

1. Trubnikov G., Agapov N., Alexandrov V. et al. “Project of the Nuclotron-Based Ion Collider Facility (NICA) at JINR” in Proc. of the Intern. Particle Accelerator Conf. “IPAC’2010”, 2010, pp. 693–693.
2. Shurygin A.A., Karpinsky V.N., Khodzhbagiyan G.G. Brief description of the system of power supply and protection of Booster’s superconducting structural magnets. Appendix No. 1 of the terms of reference “Booster power supply system (precision current source)”, 2017.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

6

NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS AND LOW BACKGROUND GAMMA SPECTROMETRY IN ECOLOGICAL STUDIES

Author: Inga Zinikovskaia¹

¹ *Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Author: zinikovskaia@mail.ru

Neutron activation analysis (NAA) due to its high accuracy, nondestructive nature and possibility to determine concentrations of more than 40 elements is widely used in the environmental studies, geology, archeology, nanotechnology, medicine, etc. The principle of the method will be discussed. Examples of application of neutron activation analysis at the IBR-2 reactor (Dubna, Russia) will be presented.

The main direction of neutron activation analysis application in Dubna is the assessment of heavy metal atmospheric deposition using moss biomonitoring technique. The first moss survey at the European scale was conducted in 1990 and has been repeated every five years since then. The examples

application of moss biomonitoring technique in Kazakhstan and other JINR member states will be presented. Neutron activation analysis at the IBR-2 reactor is widely applied for the assessment of water pollution using biological monitors and efficiency of metal removal from industrial wastewater using different type of biological sorbents. Examples of application of biomonitors for evaluation of water quality and techniques proposed for decrease of anthropogenic load on water pollution will be given. Examples of NAA application for soil analysis and development of phytoremediation approaches will be presented.

Additionally, the examples of the radioecological studies performed in Moscow and on Novaya Zemlya aimed to determine the level of natural radionuclides and ^{137}Cs will be discussed.

Section:

167

NEW SPECTRA OF HIGH-TEMPERATURE THERMALLY STIMULATED LUMINESCENCE IN LiF, Ti AND NaCl-Li DOSIMETRIC CRYSTALS

Authors: Kuanyszbek Shunkeyev^{None}; Shynar Sagimbayeva¹; Adelya Kenzhebayeva¹

¹ K. Zhubanov Aktobe Regional University

Corresponding Authors: shunkeev@rambler.ru, akenzhebayeva@zhubanov.edu.kz, shynar_06@mail.ru

Materials based on ionic crystals (LiF:Mg,Ti and LiF:Mg,Cu,P) have been successfully employed as dosimeters (TLD-100 and TLD-700H) for detecting ionizing radiation up to 10 Gy. The primary dosimetric peaks are the high-temperature thermally stimulated luminescence (TSL) peaks with maxima at 473 K (TLD-100) and 490 K (TLD-700H).

Experimentally, the nature of the low-temperature (4.2 K \rightarrow 300 K) TSL peaks in ionic crystals (ICs) has been extensively studied. These peaks are attributed to the recombination of migrating radiation defects with immobile defects possessing higher destruction temperatures. However, the mechanism underlying the high-temperature TSL peaks in ICs, which serve as primary probes in the registration of ionizing radiation by dosimetric thermoluminescent detectors, remains inadequately understood. It is primarily attributed to the absence of recorded spectra for high-temperature TSL peaks in ICs. Standard instruments, such as the Harshaw model 3500, only register the integral thermoluminescence that is used to estimate the absorbed dose of ionizing radiation by the dosimeter. For the first time, spectra of high-temperature TSL peaks in LiF:Mg,Ti and NaCl-Li crystals have been recorded by us within 360–400 K and 495–620 K temperature ranges, provisionally designated as type I and type II TSL peaks, respectively.

Initially, for NaCl-Li crystals, we observed an effect of increased light output of the type II TSL peaks (535–570 K), which intensifies with increasing lithium concentration. At concentrations of 400 ppm, the intensity growth reaches three orders of magnitude higher ($10^5 \rightarrow 10^8$) than in pure NaCl crystals and one order higher than in TLD-100 thermoluminescent dosimeters.

The spectra of the high-temperature type II TSL peaks for NaCl-Li crystals exhibit maxima at 3.5 eV, coinciding with the spectra of X-ray luminescence (XL) and tunnel luminescence (TL). Similar spectral coincidences of XL, TL, and type II TSL peaks, with maxima at 2.8 eV and 3.1 eV, were also established for KCl-Na crystals.

The calculated temperature dependence of the vacancy defect jump frequency shows that in the temperature range corresponding to the main TSL maximum (535–570 K), the values are $\nu_1 = 1025 \pm 30 \text{ s}^{-1}$. The data suggest that halogen hole radiation defects are destroyed by mobile anionic and cationic vacancies.

Dissociation of halogen formations and electron color centers occurs due to the mobility of cationic and anionic vacancies with increasing sample temperature. Thermal dissociation of halogen formations (V_2 , V_3 -centers) in the crystal generates a flux of non-relaxed holes (h), while thermal dissociation of electron centers (F, F_2 -centers) generates a flux of free electrons (e). Their recombination assembly occurs in the field of a light impurity ion (Li, Na, Ti), creating a potential well for their assembly —(e-h)SLi, (e-h)SNa, (e-h)STi —with maximum luminescence output [1, 2].

References:

- [1] Shunkeyev K., Tilep A., Sagimbayeva Sh., Lushchik A., Ubaev Z. Crystals, Vol. 13(364), 2023, 1–13.
[2] Shunkeyev K., Tilep A., Sagimbayeva Sh., Lushchik A., Ubaev Z., Myasnikova L., Zhanturina N., Aimaganbetova Z. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. Vol. 528, 2022, 20–26.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

295

New Physics effects in the semileptonic $\Lambda_c \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu_\mu$ decay

Author: Priyanka Boora¹

Co-authors: Dinesh Kumar²; Kavita Lalwani¹

¹ Malaviya National Institute of Technology Jaipur

² University of Rajasthan, Jaipur

Corresponding Authors: kavita.phy@mnit.ac.in, 2020rpy9601@mnit.ac.in, dinesh@uniraj.ac.in

The analysis of the $c \rightarrow s\mu^+\nu_\mu$ transitions in baryonic (Λ) decays for the search of new physics in the presence of right-handed neutrinos would be an interesting aspect of the phenomenological study. We have followed the effective field theory approach for the low-energy effective Hamiltonian comprising the dimension-six operators, and rely on the Lattice QCD and Heavy quark spin symmetry (HQSS) for the form factor data. The new physics operators are constrained by using the available measurements of mesonic charm decay transitions, and the Wilson coefficients are determined through a χ^2 fit using the Miniut package. The differential decay width is derived to study the $\Lambda_c \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu_\mu$ decay for the effect of right-handed neutrinos. We make the predictions of differential decay width and forward-backward asymmetry (A_{FB}) for the mode to explore the effect of the new physics on the baryonic decay through right-handed neutrinos to motivate future measurements.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

231

OCTAHEDRAL ASSORTED STRUCTURE FOR CLUBBING OF AGRICULTURAL, ENVIRONMENTAL RESTORATION, ECONOMIC GROWTH, TECHNOLOGY, ORNITHOLOGY, AGRO FORESTRY, POLYCU- TURE AND SUSTAINABILITY - AN OMNIPRESENT SCIENTIFIC METHOD FOR ACHIEVING A SWIFT STEP LEADING TO “NET ZERO” BY PEACEFUL USE OF NUCLEAR TECHNOLOGY

Author: Dr.ABHINAV KUMAR SHRIVASTAVA¹

¹ KANABHUK NABHIKIYE URJA VIKASH SAMRIDDHI OPC PRIVATE LIMITED

Corresponding Author: abhinavphd@gmail.com

This Research article explains an accurate scientific step for a magnum growth to achieve the milestone of Global Vision Motto to Achieve “Net Zero” by merging eight scientific concepts. The beginning step starts with use of Radiation Technology in Agriculture by developing Hybrid Crop/s by seed irradiation Mutation method. The second step is Preservation and Planned Growth of Endangered “Yellow Breasted Bunt”(YBB). These two factors are mutually dependent for completion of Concept. The Research based on Book of 1860s explores the “Aves of Agriculture” Covering agricultural scenario of Central Asia, South Asia, and Eastern Asian Countries and makes a step-wise explanation of the Available Agricultural Resources Protected by help of Aves (YBB). A Scientific Explanation is presented for exploring the “Untapped Potential” of solving the Food Crisis by help of restoration of population of Migratory Bird (YBB). The Present Day CIS Countries to East Asia covers a total of 44 percent of world Population of World and 35% of Agricultural Land.

The “YBB” is a “Natural and Expert Predator” of Insects and Pests. The Development of “Eco-Friendly Green Ergonomic Infrastructure for Aves”(YBB) in Agricultural Lands will massively curtail usage of million tonnes of Pesticides and Chemical Fertilizers for improving the quality of crop and edible with enriching the soil fertility leading to fast Purification of “Current Food Cycle”. A “Proven Scientific Data for Massive Reduction” of Chemical Fertilizers in Agriculture Sector and also curtailing huge amount of CO₂ and toxic elements produced in production of “Chemical Fertilizers” used in Agriculture. Notably Water also gets contaminated when the drain of the agricultural land with pesticides goes in rivers.

The Paper also focuses for Fostering the Environment to produce of Yellow Breasted Bunt in mass scale in laboratory, with Starting the Era of “hatcheries for Small Size Birds” with various Scientific methods of “Peaceful Use of Nuclear Energy”. The Scientific Rationale for Planned Growth of YBB is justified same as little turtles are preserved and scientifically grown in laboratory and shipped in Sea for maintaining Ecological balance of Sea. The Paper explains the urgent need of YBB being proposed to be grown in larger scale For Agricultural Development, Creating more natural nutrition oriented food and also creating a “Billion Dollar Market” for Farmers and also creating about 350 million jobs and finally stepping fast to Achieve “Net Zero” worldwide.

The Proposed Paper will discuss at length all aspects with Scientific Precedence and Data available.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

47

ON THE DEPENDENCE OF THE FORMATION OF INDICATORS OF MEADOW COMMUNITIES OF THE SEMIPALATINSK LAND-FILL ON RADIOECOLOGICAL CONDITIONS

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

At the Degelen test site in 1992, an outpouring of water was recorded in 27 adits. At the same time, the estuary sites are more or less contaminated with radioactive substances. The value of the exposure dose rate is 1-5 µR/h. There is a migration of radioactive substances with water and their subsequent sorption by soil and vegetation. The process of formation of the radiation environment of the Degelen mountain range is far from complete and is currently progressing[1]. Here, in the valley of the Karabulak Stream, intrazonal ecosystems are formed. Soil-forming rocks are deluvial-proluvial deposits, underlain by dense rocks. Meadow saline loamy and heavy loamy soils are formed in the central part of the creek valley. They are characterized by a high humus content of up to 19% and a powerful humus horizon of up to 61 cm. Soils are saline from the surface up to 0.6%. Salinization of the upper layer is caused by constant feeding with a capillary border located near the soil surface. In this ecosystem, the main pollutants are Cs137 and β-emitters, to a lesser extent U238 and α-emitters. Soils are contaminated with radionuclides in the upper horizons. 3 166 Bq/kg accumulates

in a layer of 0-10 cm Cs137. The value of the integral β -activity in the 0-10 cm layer reaches 41 600 Bq/kg. The content of integral α -activity in the 0-10 cm layer is 1 057 Bq/kg. The equivalent dose power (PED) of γ -radiation is 150-210 μ R/h. In these ecosystems, communities of *Calamagrostis epigeios*, *Galatella biflora*, *Sanguisorba officinalis* are represented.

Under the prevailing radioecological conditions, the species diversity in the contaminated site reaches 32 plants, at the control –28. This is due to the following factors: 1) the influence of radiation pollution; 2) the annual burning of meadow vegetation in the valleys of radioactive streams as a result of poaching cable removal (after burning the herbage, many weed species of *Chenopodium album*, *Polygonum patulum*, *Lepidium latifolium*, etc. 3) more favorable humidification conditions on the contaminated site. Significant anthropogenic pressure on the vegetation of the polluted area caused significant differences in the composition of related species in these communities. In the phenological spectrum of plants in the polluted area, an advance of the onset of the fruiting phase in *Sanguisorba officinalis* was revealed.

There were noticeable differences in the vital state of the plants: the development of most plants in the polluted area was satisfactory. Many individuals of *Achillea asiatica* and *Potentilla virgata* did not form generative organs. The control revealed the good development of all plants.

The heterogeneity of the horizontal structure increases in the polluted area. This is due to the following factors: 1) the appearance of radioactive streams after underground nuclear explosions; 2) the cessation of water from the tunnels after their demilitarization in 1996-1999; 3) clogging of herbage (*Artemisia absinthium*, *A. sieversiana*, *Polygonum patulum*) after burning; 4) violation of the soil surface: numerous pits 30-50 cm deep were formed, littered with fragments of concrete and other building materials. These factors contribute to the formation of a cellular structure of vegetation cover in polluted areas. In the vertical structure of the studied community, no distinct division into tiers was revealed either at the contaminated site or at the control. The total soil coverage by plants in this community on the contaminated site reached 85-95(100)%, on the control –90-100%. The soil coverage by plants is 55-65% in the polluted area. The ground cover was absent due to the annual burning of the herbage, at the control it reached 5-10%.

The soil layer most saturated with roots in the studied community is 0-35 (40) cm (0-30 cm in the control). The weight of monocotyledonous plants in the polluted area reaches 201.0-708.0 g/m² (at the control –174.5-592.0 g/m²), the weight of dicotyledonous plants –325.0-348.3 g/m² (at the control –256.2-302.0 g/m²). The value of aboveground biomass was 526.0-1056.3 g/m² (476.5-848.7 g/m² in the control).

With a PED of γ -radiation of 150-210 μ R/h, the content in the most root-saturated soil layer of 0-10 cm of Cs137 3 166 Bq/kg, β -emitters 41 600 Bq/kg, α -emitters 1057 Bq/kg in community of *Calamagrostis epigeios*, *Galatella biflora*, *Sanguisorba officinalis*, there were plants with changes in the morphological structure of the aboveground part. They are *Calamagrostis epigeios*, *Melilotus albus*, *Potentilla virgata*, *Odontites serotina*, *Lepidium latifolium*, *Berteroa incana*, *Linaria altaica*. In 4 plants –*Calamagrostis epigeios*, *Lepidium latifolium*, *Melilotus albus* and *Berteroa incana* the anatomical structure of the stem and leaves was studied. As a result of these studies, it was revealed that radiation pollution causes a change in the anatomical and morphological structure of plants and leads to the formation of adaptive features.

Literature list

1. Smagulov S. G., Tukhvatulin Sh. T., Cherepnin Yu. S. Semipalatinsk polygon//”Report of the National Research Center of the Republic of Kazakhstan to the UN Commission”. Kurchatov, 1998, 7p.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

34

OPTIMIZATION OF AUTOMATIC POWER CONTROL SYSTEM OF THE IBR-2M PULSED REACTOR

Author: Sumkhuu Davaasuren¹

Co-authors: Yuri Pepelyshev²; Anatoly Rogov²

¹ Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR

² JINR

Corresponding Author: sumkhuu0322@gmail.com

The IBR-2M pulsed reactor has been in operation in Dubna (Russia) since 2012. The IBR-2M is an upgraded version of the IBR-2, which was decommissioned in 2006 due to the end of its service life. Studies of the IBR-2M pulsed reactor showed that high (up to ~50 %) fluctuations of pulse energy correspond to a complex frequency spectrum of oscillations. In addition to the white noise component and a number of harmonic oscillations, it includes a significant low-frequency component with a period of 10 s. The low-frequency oscillations are interpreted as self-oscillations associated with the attenuation of the fast power feedback (PF) during reactor operation. One way to reduce the amplitude of self-oscillations is to optimize the parameters of automatic power control (AC). Optimization of the AC parameters is based on a model representation of the reactor dynamics as a pulsed AC system. The mathematical model of the IBR-2M dynamics makes it possible to analyze both power transients and noises in self-regulation (without AC) and automatic regulation (with AC) modes. To optimize the AC parameters, it is necessary to simulate the reactor operation when the AC system and the fast PF system work together. Optimization of parameters of the IBR-2M AC system made it possible to significantly reduce both the influence of random and deterministic reactivity fluctuations on pulse energy noises of the reactor. The work presents the main results of the study of the optimization of the AC system of the IBR-2M pulsed reactor.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

218

On the role of neutron and proton nuclear shells in formation of mass and energy distributions of fission fragments of $^{237}\text{Pu}^*$, $^{240}\text{Pu}^*$ and $^{242}\text{Pu}^*$ compound nuclei with excitation energy of around 23 MeV.

Authors: Dilshod Alimov^{None}; Andrey Pan¹

Co-authors: Kirill Kovalchuck²; Daniyar Janseitov³; Raisa Kosherbayeva⁴

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

² *Laboratory of Fission Physics, Institute of Nuclear Physics, Almaty*

³ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

⁴ *Laboratory of Fission Physics, Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: sofvillain1993@gmail.com, diliyo@mail.ru, janseit.daniar@gmail.com

Mass and energy distributions of fission fragments are formed under the influence of different proton and neutron nuclear shells. These shells manifest differently depending on nucleon composition and excitation energy of the fissile nucleus. Up to this day the discussions about the role of neutron nuclear shells in formation of mass and energy distributions of fission fragments in comparison to the role of proton nuclear shells are taking place. To clarify said roles we have measured mass and energy distributions of fission fragments of ^{237}Pu , ^{240}Pu and $^{242}\text{Pu}^*$ compound nuclei formed in $^{233}\text{U}(\alpha, f)$, $^{236}\text{U}(\alpha, f)$, $^{238}\text{U}(\alpha, f)$ reactions at incident alpha particle energy of 29 MeV which resulted in all compound nuclei having almost the same excitation energy of around 23 MeV. All reactions have been measured at U-150M cyclotron of Institute of Nuclear Physics, Almaty by 2E method. Large statistics of coinciding fission fragments have been acquired. That gave an opportunity to study not just mass distributions, but also distribution of average of total kinetic energy and distribution of variance of average of total kinetic energy. From measured mass distributions it is possible to conclude that nuclear shell Z54 is present. However nuclear shells are characterized by, first of all, reduction in potential energy owed to their formation. That is why it is important to also study energy distributions in order to definitely state the presence of nuclear shell. From measured data for studied compound nuclei it is possible to state that the influences from deformed nuclear shells Z52 and N88 are present in energy distributions, however such effects are not present in mass distributions. In contrast to mass distributions for studied compound nuclei, in energy distributions it is not possible to observe clear signs of effects of nuclear shell Z54.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

22

PREPARATION AND APPLICATION OF STIMULI-RESPONSIVE PET TEMS FOR WATER-OIL EMULSION SEPARATION**Authors:** Ilya Korolkov¹; Indira Muslimova¹**Co-authors:** Arman Yeszhanov¹; Galina Melnikova²; Maxim Zdorovets¹; Nurdaulet Zhumanazar¹; Olgun Güven³; Sergei Chizhik²; Zhanna Zhatkanbayeva⁴¹ *The Institute of nuclear physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan*² *The National Academy of Sciences of Belarus*³ *Hacettepe University*⁴ *L.N. Gumilyov Eurasian National University***Corresponding Authors:** arman_e7@mail.ru, guven@hacettepe.edu, mzdorovets@gmail.com, zhanna01011973@mail.ru, chizhik@gmail.ru, nurdauletzhumanazar@gmail.com, galachkax@gmail.com, bazarbaykyzy@list.ru, i.korolkov@inp.kz

Oil's pivotal role in the global economy is undeniable, yet its extraction, processing, and utilization have significant environmental repercussions, including the formation of water-oil emulsions. These emulsions pose threats to ecosystems and human health, prompting the need for effective remediation methods [1]. Traditional methods like flotation, coagulation, and extraction have limitations, highlighting the necessity for advanced separation technologies. Membrane technology, particularly using modified poly(ethylene terephthalate) (PET) track-etched membranes (TEMs), offers promising solutions due to their precise pore size control and stability [2].

In this study, pH-sensitive membranes were obtained by UV-initiated RAFT graft copolymerization of hydrophobic styrene (ST) and hydrophilic acrylic acid (AA) on the surface of PET TEMs. Comprehensive characterization was conducted using AFM, SEM-EDX, TGA, FTIR, and CA measurements. AFM and SEM-EDX analysis revealed a uniform grafting layer and the pore diameter decreases from 1.65 ± 0.08 to 1.51 ± 0.04 μm , while TGA indicated the thermal stability from 380 °C of the grafted membranes. FTIR spectra showed characteristic peaks corresponding to PS and PAA, confirming the chemical composition of the grafted layers. Absorption peaks of PS: for bending C-H out-of-plane 699 cm^{-1} and 759 cm^{-1} , for stretching C=C aromatic 1601 cm^{-1} , 1492 cm^{-1} and 1452 cm^{-1} . After PAA grafting, the intensity of the peak corresponding to the absorption of C=O groups increases and shifts to 1713 cm^{-1} . Also, the broadening of the peak at 2845 cm^{-1} (PS-g-PET TEMs) corresponding to the stretching of C-H aliphatic groups was observed at 2862 cm^{-1} after PAA grafting.

The pH sensitivity is due to the presence of carboxyl groups of PAA, which contribute to the contact angle (CA) in response to changes in the environmental pH above or below the pKa of PAA (4.8). pH responsiveness is pronounced at: distance from the UV source - 10 cm, molar ratio of RAFT agent to initiator - 1:10, monomer concentration - 430 mM, irradiation time - 60 minutes. In a basic environment at pH 9, the membrane surface is negatively charged, which leads to the straightening of PAA chains in the composition of PET TEMs-g-PS-g-PAA, consequently decreasing the CA to 65°. Water with pH 9 begins to seep through the pores of the membrane while preventing the penetration of oil. In an acidic environment at pH 2, the CA increases to 97° as carboxyl groups are not ionized, and PAA remains in a coiled state, exposing the hydrophobic links of PS. Consequently, oil passes through the pores, and water with pH 2 is retained on the membrane surface.

PET TEMs-g-PS-g-PAA with switchable hydrophilicity/hydrophobicity were successfully tested in the separation of several water-in-oil emulsions with efficiency of more than 90% and a flux rate of 2500 $\text{L m}^{-2} \text{h}^{-1}$ for direct emulsions and 1700 $\text{L m}^{-2} \text{h}^{-1}$ for reverse emulsions. The membranes exhibit antifouling properties, with a 96% chloroform flux recovery and only a 12% decrease in total flux reduction factor during water-in-chloroform reverse emulsion separation.

Thus, in this work, the properties of moderately hydrophilic PET TEMs have been enhanced by a simple method leading to controlled wettability by changing only the pH of the environment. These membranes show potential for the separation of two types of water-oil emulsions.

References:

1. Zhang N. et al. A review on oil/water emulsion separation membrane material // J Environ Chem Eng. Elsevier, 2022. Vol. 10, № 2. P. 107257.
2. Korolkov I. V. et al. Preparation of hydrophobic PET track-etched membranes for separation of oil–water emulsion // Membranes (Basel). MDPI AG, 2021. Vol. 11, № 8.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

171

PRESSURE-INDUCED PHASE TRANSITIONS IN THE CoFe_2O_4 AND $\text{Zn}_{0.34}\text{Fe}_{2.53}\square_{0.13}\text{O}_4$ FERRITES

Author: Anton Rutkauskas¹

Co-authors: Alexander Zhaludkevich²; Denis Kozlenko³; Evgeniy Lukin³; Nghiem Nguyen³; Olga Lis³; Sergey Kichanov³

¹ Frank Laboratory of Neutron Physics of Joint Institute for Nuclear Research

² Scientific-Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus

³ Joint Institute for Nuclear Research

Corresponding Authors: lukin@jinr.ru, ekich@nf.jinr.ru, ranton@nf.jinr.ru, olis@jinr.ru, denk@nf.jinr.ru, ntngkiem1997@gmail.com

Bulk and nanostructured ferrites with a spinel-type crystal structure (AFe_2O_4) have been actively studied for many decades due to their attractiveness from both fundamental and practical points of view. Such compounds exhibit a wide range of physical phenomena: high electrical resistivity, low electrical losses, high chemical stability, magnetic phase transitions of various types, geometric frustration effects, and much more. This makes possible the wide technological application of ferrites as materials for transformers, solar cells, biomedicine, magnetic sensors, catalysts, drug delivery systems, electronic and magnetic components.

Depending on the chemical composition and size of nanoparticles, ferrites with a spinel structure have different distributions of cations in tetrahedral (A) and octahedral (B) oxygen coordination. In particular, the case can be realized when Fe^{3+} ions are in positions A, and there is also a mixture of Fe^{3+} and Fe^{2+} ions located in positions B. When doping with transition metals or alkali elements in positions A or B or creating vacancies in the cubic spinel structure, magnetic interactions between iron ions change. This leads to significant changes in the physical properties of these ferrites. It should be noted that changes in the physical properties of the material can be achieved by applying high pressure. Pressure causes a controlled adjustment of interatomic distances and bond angles, which leads to changes in the physical properties of ferrite oxides.

We have studied the crystal structure and vibrational spectra of bulk CoFe_2O_4 ferrite and $\text{Zn}_{0.34}\text{Fe}_{2.53}\square_{0.13}\text{O}_4$ cation-deficient nanostructured zinc ferrite (where \square denotes the cation vacancies) by means of the X-ray diffraction and Raman spectroscopy methods under high pressure.

The $\text{Zn}_{0.34}\text{Fe}_{2.53}\square_{0.13}\text{O}_4$ compound has been studied in the pressure range of 0–34 GPa. At pressures above 18 GPa, a structural phase transition has been detected from the initial cubic phase with space group $\text{Fd}\bar{3}\text{m}$ to the orthorhombic structure Bbmm . A feature of the phase transition in this compound is a wide range of phase coexistence pressures. Under pressure there is a gradual suppression of the initial cubic phase and an increase in the volume fraction of the orthorhombic phase. We have analyzed the dependences of unit cell parameters, bond lengths, and vibrational modes on the pressure. It has been revealed the influence of cation vacancies on the pressure dependences of the structural parameters of $\text{Zn}_{0.34}\text{Fe}_{2.53}\square_{0.13}\text{O}_4$ ferrite.

The CoFe_2O_4 compound has been studied in the pressure range from 0 to 35 GPa. We have found the structural phase transition from the initial cubic phase with space group $\text{Fd}\bar{3}\text{m}$ to the orthorhombic structure Bbmm at the pressure of ~22 GPa. The two-phase state is observed in the pressure range from 22 GPa to 30 GPa. There is only the post-spinel phase in this compound above the 30 GPa. Near the phase transition, anomalies are observed in the dependence of vibrational modes on pressure. The lattice parameters, bond lengths, and bulk modulus have been determined for both the cubic

and orthorhombic phases in this ferrite.

This work has been supported by the joint grants of the Russian Science Foundation (RSF) № 24-42-10003, <https://rscf.ru/project/24-42-10003/> and the Belarusian Foundation for Basic Research, BFBR T23RNFМ-023.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

277

PRODUCTION OF HEAVY NEUTRON-ENRICHED NUCLEI WITH THE MAGIC NUMBER $N=126$ IN THE RIB-INDUCED MULTINUCLEON TRANSFER REACTIONS

Authors: A. V Karpov¹; Vyacheslav Saiko²

¹ JINR

² INP

Corresponding Author: saiko@jinr.ru

The report is devoted to the theoretical study of the problem of producing heavy neutron-rich nuclei with the closed neutron shell $N=126$. Data on the lifetime of such new nuclei, as well as mass, decay modes, excited levels, etc., are of great value for testing and developing theoretical models of atomic nuclei. Also, these nuclei form one of the special waiting points in the r-process path, and hence their properties are of great importance in understanding the detailed scenario of the r-process of astrophysical nucleosynthesis.

Nuclei near the region of closed neutron shell $N=126$ were produced in fragmentation reactions of high-energy heavy projectiles on light targets. Currently, the possibility of studying new isotopes in this area using multinucleon transfer (MNT) reactions is widely discussed. One of the most optimal combinations of colliding nuclei, in which multinucleon transfers lead to the formation of heavy neutron-enriched nuclei with high probability, is $^{136}\text{Xe} + ^{198}\text{Pt}$. The calculations performed within the framework of the dynamic model based on Langevin equations [1] describe quite well the available experimental data for this reaction [2,3].

In this work, one of the possible extensions of this method is studied: the use of neutron-rich radioactive ion beams (RIBs) in MNT reactions [4]. On the one hand, more neutron-rich projectile leads to an increase in the production cross section of heavy nuclei with a neutron excess, but on the other hand, lower RIB intensities reduce the final yield of reaction products. In this work, we present theoretical analysis of the yields of heavy neutron-rich isotopes with the magic number $N=126$ obtained in the ^{132}Sn , ^{136}Xe , ^{138}Xe , $^{140}\text{Xe} + ^{198}\text{Pt}$ MNT reactions.

Finally, we have obtained an exponential increase of the cross sections of heavy isotopes with magic number $N=126$ (such as ^{202}Re , ^{200}W) with increasing the N/Z ratio of projectile in combination with the same target. However, the production rate in the RIB-induced reactions is at least an order of magnitude lower than in the reactions with a stable projectile, due to the much lower RIB intensities currently available.

[1] A.V. Karpov, V.V. Saiko // Phys. Rev. C —2017. —Vol. 96. —P. 024618.

[2] Y. X. Watanabe et al. // Phys. Rev. Lett. —2015. —Vol. 115. —P. 172503.

[3] V. V. Desai et al. // Eur. Phys. J. A —2020. —Vol. 56. —P. 150.

[4] V.V. Saiko, A.V. Karpov // Phys. Rev. C —2024. —Vol. 109. —P. 064607.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

PRODUCTION OF IRIDIUM-192 IONIZING RADIATION SOURCE FOR RADIOGRAPHIC TESTING OF METAL WELDED JOINTS

Author: Ulugbek Ashrapov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences of Republic Uzbekistan*

Corresponding Author: ashrapov@inp.uz

The Institute of Nuclear Physics was developed a unique technology for producing highly active radionuclide ¹⁹²Ir by irradiating natural iridium disks with thermal neutrons in the vertical channel of the WWR-SM reactor by nuclear reaction $^{191}\text{Ir}(n, \gamma)^{192}\text{Ir}$. A closed source of ionizing radiation Ir-192 with an activity of 120 Ci was manufactured and it was equipped with a gamma flaw detector Gammarid 192/120M using special technology.

The manufactured source of Ir-192 is an import-substituting product and source together with Gammarid-192/120M is used for non-destructive quality control of welds of metal products.

Metal disks of natural iridium ($\varnothing=2.7$ mm, $h=0.2$ mm, $m=31.7$ mg) in the amount of 20-30 pieces, packed in aluminum foil, were irradiated in the vertical channel of the reactor in the EK-20 block container inside the hollow cavity of a fuel assembly of the IRT-4M type with an enrichment 19.7%. The thermal neutron flux density was $0.9 \cdot 10^{14}$ neutron/cm² sec and the irradiation time was from 600 to 980 hours. In the “hot cells” of the reactor, packages with irradiated iridium disks were placed on a special device, and radiochemical treatment was carried out on the irradiated iridium disks (treatment with an alkali solution, water and drying). Next, the irradiated iridium disks in a magnetic stainless steel capsule were placed, the capsule was closed with a lid, and welding was carried out using argon arc spot welding. The tightness of the Ir-192 source by immersion method with immersion in an 10% aqueous solution of H₃PO₄ acid was tested. In a protective chamber with manipulators by special installation, the Ir-192 source was placed into a source holder capsule, which was equipped with a lid and the holder with source was rolled up, then the holder with source was connected to a flexible shaft. The holder with the Ir-192 source was connected to the flexible shaft of the ampoule line and charged into the radiation head of Gammarid192/120M from depleted uranium. Technical characteristics of the Gammarid 192/120M: Total weight of the set is 27 kg; Radiation head weight 16 kg; Control panel weight 9 kg; Distance from the manual drive to the emitting head is from 8 m to 16 m; Maximum movement of the encapsulated Ir-192 source horizontally is 2.0 m, vertically is 1.0 m; Optimal penetration thickness is 80 mm for steel, 250 mm for light materials. Technical characteristics of the source Ir-192: Activity is 120 Ci; External dimensions of the Ir-192 source: $\varnothing=7.5$ mm, $h=10$ mm; tightness of the source capsule - sealed with the level of radioactive contamination of the source not exceeding 185 Bq.

Since 2015, Gammarid 192/120M gamma flaw detectors with Ir-192 ionizing radiation sources have been widely and successfully used in the inspection of welded joints in the construction of a gas chemical complex, a gas processing plant, and in the construction of several thermal power plants in the energy industry in the Republic of Uzbekistan. Radiographic images using the gammagraphic control method were also evaluated by foreign partners working at these production facilities as a third party inspection and found to comply with the requirements of international standards ASME, EN, as well as GOST 7512-82, operating in the territory of the Republic of Uzbekistan. In Fig. 1 shows an X-ray image of one of the samples of pipeline welded joints obtained at the Syrdarya Thermal Power Plant (Shirin city) using gamma flaw detector Gammarid-192/120M with an Ir-192 source.

Fig.1. X-ray image of a weld sample, obtained using a method of gamma radiography with an Ir-192 source.

The following characteristics of the NDT image were obtained (Fig 1), which correspond to international standards: testing pipe $\varnothing 219 \times 8$ mm, X-ray film Carestream (Kodak) Industrex AA400 NIF 30x40, cassettes with lead screens. NDT was made through two walls of pipe with a total thickness of 16 mm. Activity of radionuclide ¹⁹²Ir is 60 Ci. The exposure time is 19 seconds. Optical density of the x-ray image is 2.5 and development time of film is 2 min. To assess the exposure dose rate of gamma radiation from the radionuclide Ir-192, as well as for dosimetric monitoring, the following were used: an individual dosimeter DKG-RM 1621, an individual thermoluminescent dosimeter DVG-02T, a dosimeter “Radiogem 2000”, a dosimeter DKS-04.

From Fig. 1 it is clear that the defects in the picture are no penetration at the root of the weld, slag inclusions.

penetration at the root of the weld, slag inclusions.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

18

PRODUCTION OF SHORT-LIVED ALPHA EMITTERS ^{223}Ra , ^{227}Th AND ^{225}Ac FOR THE NEEDS OF NUCLEAR MEDICINE AT RIAR JSC

Author: Irina Butkaliuk¹

Co-authors: Oleg Andreev²; Pavel Butkaliuk³

¹ *Lvovna*

² *Nikolaevich*

³ *Sergeevich*

Corresponding Authors: butkaluk-il@yandex.ru, y90@list.ru

Nowadays the application of alpha-emitting radionuclides is becoming more wide-spread in the therapy of malignancies. Alpha particles have high linear energy transfer and short track in the human body. Alpha therapy can be applied for targeted killing of cancer cells, while minimizing radiation exposure to other unaffected organs and tissues. In 2021-2022 the development of a domestic ^{223}Ra -based radiopharmaceutical for therapy of castrate-resistant prostate cancer burdened with bone metastases was undertaken at the FSCCRO of FMBA of Russia in Dimitrovgrad in cooperation with RIAR JSC. The effectiveness and safety of the Russian pharmaceutical was proved during clinical studies at FSCCRO of FMBA of Russia. Pharmaceuticals based on other alpha emitters, such as ^{225}Ac , ^{227}Th , etc., are currently being tested during preclinical and clinical trials.

Periodic generation from long-lived parent nuclides such as ^{227}Ac and ^{229}Th is the main process for production of ^{223}Ra , ^{227}Th , and ^{225}Ac . Since 2010 RIAR JSC has been undertaking irradiation of radium targets to accumulate isotopes ^{227}Ac and ^{229}Th .

In 2022, a production area for ^{223}Ra and ^{227}Th was set up at RIAR. The work was based on the approach implying interim separation of ^{227}Th from ^{227}Ac by anion-exchange chromatography followed by separation of ^{223}Ra and ^{227}Th on two columns with anion- and cation-exchange materials once it has been held. Additional purification of ^{223}Ra from trace amounts of the long-lived parent nuclide ^{227}Ac at the first stage of the process, as well as the opportunity to supply ^{227}Th as a separate pharmaceutical is the main advantage of this method. The ^{227}Th preparation is also produced at the same site.

In 2023, a separate production area for ^{225}Ac was put into operation, which is produced by periodic generation from ^{229}Th . Since the parent thorium is a mixture of ^{228}Th and ^{229}Th isotopes, ^{225}Ac needs to be purified from both ^{228}Th , ^{229}Th and ^{224}Ra , ^{225}Ra . The developed process makes it possible to achieve purification factors at the level of $10^6 \div 10^7$ for purification of target ^{225}Ac from radionuclides ^{228}Th , ^{229}Th , ^{224}Ra and ^{225}Ra .

Quality control of products is a major focus of attention. The developed methods of analysis make it possible to determine radioactive impurities (especially long-lived isotopes) at $10^{-3} \div 10^{-4}\%$ of the activity of the target radionuclide during certification of radiopharmaceuticals. The content of non-radioactive impurities in radiopharmaceuticals is found by atomic emission analysis.

The paper describes in detail the specifications of the resulting products.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

303

PRODUCTION OF ION BEAMS FROM DECRIS-2M AND ECR4M ECR ION SOURCES

Author: Andrei Bondarchenko¹

Co-authors: Alexander Lebedev²; Andrei Efremov²; D.K. Pugachev¹; S.L. Bogomolov¹; Vladimir Loginov²; Vladimir Mironov²

¹ *JINR*

² *OИЯИ*

Corresponding Author: bondarchenko@jinr.ru

Intense and stable beams of the metal ions are requested in a variety of applications. The article reports the results of production of ions of gaseous and solid substances from two ECR ion sources – DECRIS-2M and ECR4M.

DECRIS-2M is modernized version of CAPRICE type ECR ion source. During the tests at the test bench the intense ion beams of Ar, Kr, Xe, Bi, Pb and Al were produced. The results demonstrate substantial increase of the ion beams intensity in comparison with the original source, especially in the case of high charge states.

The article also presents the results of production of Zr ion beam at the U-400 cyclotron from the ECR-4M ion source. The produced ion beams were successfully accelerated and delivered for physical experiment.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

289

Particle generation using the pyroelectric and piezoelectric effect in lithium niobate and lithium tantalate

Authors: Alexander Kubankin¹; Andrey Oleinik¹; Pavel Karataev²; Pavel Shapovalov³

¹ *Belgorod State University*

² *John Adams Institute at Royal Holloway, University of London, Egham, UK.*

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

Corresponding Authors: kubankin@bsu.edu.ru, p_shapovalov@list.ru, oleynik_a@bsu.edu.ru, pavel.karataev@rhul.ac.uk

Single crystals of lithium niobate (LiNbO₃) and lithium tantalate (LiTaO₃) can be used to accelerate electrons and positive ions to energies of the order of 100 keV and generate X-rays and fast neutrons, as well as to control beams of charged particles. However, this way of particles acceleration and generation does not become widely used yet due to the instability of generated particle flux because of electric breakdowns, crystal impurities, which leads to temporary discontinuation of pyroelectric current.

The sinusoidal mode of changing the temperature of a single crystal makes it possible to observe stable oscillations of the pyroelectric current on the polar surface with typical frequency is order of 1-50 mHz and amplitude of current is about 1-10 nA for samples with area of several cm². In vacuum condition it leads to generation high electric field, which oscillated with the same frequency. Estimated amplitude of electric field is order of 105 V/cm. Another way to particle generation is using of mechanical stress on these materials, i.e. initiation of piezoelectric effect.

The possibilities of using such mode of temperature change to obtain a quasi-stable X-ray and electron source are considered. The further prospects for the application of thermoelectric oscillations

in the physics of accelerators and charged particles and some features of oscillations are also discussed.

The work was financially supported by a Program of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for higher education establishments, Project No. FZWG-2020-0032 (2019-1569).

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

180

Photonuclear reactions on stable isotopes of molybdenum at bremsstrahlung end-point energies of 10-23 MeV

Authors: Alexander Kuznetsov¹; Alexander Madumarov²; Bekhzod Yuldashev²; Fazilat Rasulova^{None}; Ilya Chuprakov²; Jurabek Khushvaktov²; Nikolay Aksenov²; Sergey Alekseev²

¹ MSU

² JINR

Corresponding Authors: rasulova@jinr.ru, yuldashev@jinr.ru, nikolay.aksenov@jinr.ru, kuznets@depni.sinp.msu.ru, al.madumarov@jinr.ru, khushvaktov@jinr.ru, sialexeev@jinr.ru, chuprakov@jinr.ru

In this study experiments were performed at bremsstrahlung end-point energies of 10-23 MeV with the beam from the MT-25 microtron using of the γ -activation technique. The electron energies were in range of 10-23 MeV with an energy step of 1 MeV. To produce gamma radiation, a radiator target made of tungsten, which is a common convertor material, was used. To remove the remaining electrons from the bremsstrahlung beam, a 30 mm thick aluminum absorber was placed behind the tungsten converter. The accelerator current was calibrated by comparing the experimentally measured yield of the reaction $^{65}\text{Cu}(\gamma,n)^{64}\text{Cu}$. The yield was calculated using the estimated cross section, and the bremsstrahlung spectrum was computed with Geant4. The induced activity in the irradiated target was measured using a high purity germanium γ -detector. The experimental yields of the reactions were normalized to the yield of reaction $^{100}\text{Mo}(\gamma,n)^{99}\text{Mo}$. The experimental values of relative yields were compared with theoretical results obtained on the basis of TALYS with the standard parameters [1] and the combined model of photonucleon reactions [2].

In the case of relative yields for photoproton reactions on the heavy molybdenum isotopes, the theoretical values calculated using the CMPR are much larger than the TALYS results. For photoproton reactions on the isotopes of ^{96}Mo , ^{97}Mo and ^{98}Mo , the ratios of theoretical relative yields $Y_{relCMPR} / Y_{relTALYS}$ with increasing energy increase in the ranges of 5-55. The experimentally obtained results lie closer to the theoretical curve according to the CMPR code. Including isospin splitting in the CMPR allows to describe experimental data on reactions with proton escape in the energy range from 10 to 23 MeV.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

236

Possibilities of producing radioisotopes and radiopharmaceuticals in Poland

Author: Jarosław Choiński¹

¹ *University of Warsaw, Heavy Ion Laboratory*

Corresponding Author: jch@slcj.uw.edu.pl

In Poland, until the end of the 20th century, radioisotopes for medical use could be produced using the “Maria” research nuclear reactor installed at the National Centre for Nuclear Research in Świerk near Warsaw. At the beginning of the 21st century, diagnostic the Positron Emission Tomography (PET) was introduced in medicine. Along with it, several centers equipped with so-called medical cyclotrons were established. They allow for industrial production mainly of the radioisotope fluorine 18F, necessary for the synthesis of the radiopharmaceutical fluorodeoxyglucose FDG. The appearance of such cyclotrons made it possible to expand the production of isotopes to include those that are typical for cyclotrons, such as isotopes of scandium 43Sc and 44Sc, zirconium 89Zr, lanthanum 135La or copper. The current network of centers equipped with cyclotrons as well as the possibilities of producing radioisotopes other than fluorine 18F will be presented. A list of radioisotopes other than technetium 99mTc using a nuclear reactor will also be presented.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture” (Section 4)

100

Production of Au isotopes through neutron transfer reactions in the $^{48}\text{Ca} + ^{197}\text{Au}$ collision

Authors: A.V. Shakhov¹; Aidos Azhibekov²; Sergey Lukyanov³

Co-authors: H.M. Devaraja ¹; K. Mendibayev ⁴; Yu.E. Penionzhkevich ¹

¹ *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

² *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia / Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan*

³ *JINR (Flerov Laboratory of Nuclear Reactions)*

⁴ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan / Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

Corresponding Authors: sml55@mail.ru, azhibekoaidos@gmail.com

The study of nucleon transfer reactions is an important area of heavy ion physics because these reactions provide the possibilities for the synthesis of new nuclei [1, 2]. Multi-neutron transfer reactions are one of the tools to access neutron-rich isotopes. Nuclei along $N = 126$ are of main interest because of the expected existence of the r-process third waiting point within this region.

We investigated the production of Au isotopes through neutron transfer reactions in the Ca + Au collision at a beam energy of 300 MeV [3]. The target-like products were captured and stopped within an assembly of Au targets after being irradiated with a Ca beam. The populated isotopes were identified through gamma decay spectroscopy and production cross-sections were determined. Furthermore, we performed model calculations based on the solution of the time-dependent Schrödinger equation for neutrons [4, 5]. The process of neutron transfer occurs through the formation of a two-center bound state at the moment of maximum approach of the nuclei. To describe the cross sections and compare with the results of calculations within the framework of the model based on the time-dependent Schrödinger equation, calculations using the Grazing code were performed. The calculations are in agreement with experimental data.

Acknowledgments

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19577048).

[1] Yu.E. Penionzhkevich et al., *Eur. Phys. J. A* 31, 185 (2007).

[2] S. Heinz, H. M. Devaraja, *Eur. Phys. J. A* 58, 114 (2022).

- [3] A.K. Azhibekov et al., *Eur. Phys. J. A* 59, 278 (2023).
 [4] A.K. Azhibekov, V.V. Samarin, *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 86, 1092 (2022).
 [5] A.K. Azhibekov et al., *Chinese Journal of Physics* 65, 292 (2020).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

138

Projectile breakup effects in case of fusion reactions**Author:** Mohd Shariq Asnain¹**Co-authors:** Aquib Siddique ¹; B P Singh ¹; Ma Sharma ²; Mohd Shauib ¹; R Prasad ¹¹ Aligarh Muslim University² University of Lucknow**Corresponding Authors:** bpsinghamu@gmail.com, shuaibphy67@gmail.com, asnainshariq@gmail.com, rpm166@rediffmail.com, aquibsiddique3@gmail.com, manojamu76@gmail.com

The study of projectile breakup in heavy-ion interactions has been a topic of interest in recent years. At energies slightly above the Coulomb barrier, reactions are typically characterized by complete fusion (CF) and incomplete fusion (ICF)/breakup fusion (BUF) processes, with their relative contributions varying based on the incident energy. Recent experiments have shown that the breakup fusion processes start competing with CF even at energies close to the Coulomb barrier. To delve deeper into this phenomenon, several experiments were conducted at the Pelletron accelerator facility of the Inter University Accelerator Center (IUAC) in New Delhi, India, using beams of ¹⁶O, and ¹⁴N on ¹⁸¹Ta target to measure the excitation functions (EFs) of various reaction residues, which were expected to be populated via CF and/or ICF processes. The stacked foil activation technique followed by γ -ray spectroscopy have been used to determine the reaction cross-sections for different reaction residues at several projectile energies. The alpha transmission method was used to determine the thickness of each target. This method is based on the measurement of energy lost by the alpha particles while passing through the target thickness. Isotopically pure targets (purity 99.98%) and aluminum catcher/energy-degrader foils (thickness \approx 1.2-1.7 mg/cm²) were prepared by using rolling technique. The Al-catcher foils were used for the dual purpose of degrading the incident beam energy and also to trap the reaction residues ejecting out from the target foil. The irradiations were carried out in the General-Purpose Scattering Chamber (GPSC) having an in-vacuum transfer facility (ITF). Keeping in view the half-lives of interest, the irradiation for each stack was carried out for 8-10 hrs. The activities induced in each sample was recorded separately at increasing time intervals using an HPGe detector (100cc active volume). The energy and efficiency calibrations of the gamma ray spectrometer were done prior to its use by employing the standard gamma sources, viz., ²²Na, ⁶⁰Co, ¹³³Ba, and ¹⁵²Eu. The experimentally measured EFs over a broad range of energy were analyzed within the framework of statistical model code PACE4. Analysis indicates a significant contribution from ICF processes. Moreover, the contribution from BUF reactions in these systems at several energies was determined in terms of its strength function, and its dependence on various entrance channel parameters has been studied. The findings provide valuable insights in the projectile breakup processes in heavy-ion interactions, which could have important implications for the development of theoretical models for predicting ICF contributions at low energies (\approx 4-7 MeV/A). The experimental fusion functions for these systems, as well as other systems available in literature, have also been obtained within the universal fusion function (UFF) framework to obtain systematics in terms of breakup threshold energy of the projectile. Further in-depth analysis of the present measurements will be presented.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

RADIATION DEFECTS IN FUNCTIONAL MATERIALS FOR NUCLEAR APPLICATION

Author: Anatoli I. Popov¹

¹ *Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Riga, Latvia*

Corresponding Author: popov@latnet.lv

Fusion reactors attract great interest as a potential source of environmentally clean energy. The radiation-resistant oxide insulators (MgO, Al₂O₃, SiO₂, MgAl₂O₄, Gd₃Ga₅O₁₂, BeO etc), as well as MgF₂ and diamond are of great importance for optical windows, diagnostic measurements, and other fusion reactor applications.

Functional materials properties are defined by radiation defects therein. From a practical point of view, it is very important to understand and predict their properties and functional characteristics in a very wide range of radiation doses under various radiation particle, including whole range of neutrons, protons, swift heavy and light ions as well as gamma radiation. It is quite obvious that accurate and objective predictions are especially important, since they are made for conditions that are difficult to experimentally verify and implement both because of the high cost and the inaccessibility of the corresponding reactors.

In a series of joint works by ISSP UL (Latvia), UT (Estonia) and KIT (Germany), radiation damage of some promising functional materials (Al₂O₃, MgAl₂O₄, SiO₂, diamond and few more) from the priority list of the EUROfusion consortium was studied under neutron, proton, heavy ion [1-8].

The optical and dielectric, vibrational and magnetic properties of numerous crystalline and ceramic materials were carefully studied. Based on this study, we developed new theoretical methods able to evaluate and predict some important properties of these materials as well as their radiation damage evolution under extreme reactor conditions.

In this series of papers [1-8], the radiation damage evolution and its subsequent thermal annealing were treated as the bimolecular process with equal concentrations of the complementary point defects, such as anion vacancies of different charge states and appropriate interstitial defect. Knowledge of the mobility of produced radiation defects, the effect of incident radiation in the conditions of progressive radiation-induced material disordering are absolutely necessary for detailed description of radiation damage.

The appropriate migration energies were obtained experimentally or derived from available thermal annealing kinetics for differently irradiated materials. In some cases, the results obtained are compared with ab initio calculations of interstitial migration [1,6]. Special attention was paid to:

- (1) dose effects on point defect annealing [1-5,7];
- (2) detailed comparison of diffusion-controlled point defect thermal annealing in gamma, proton, neutron, electron and heavy-ion irradiated oxides and halides [1-5,7,8];
- (3) the point defect annealing and metal colloid formation in thermochemically reduced oxides and oxides and halides under irradiation [1,7].

It is demonstrated that both transparent ceramics and single crystals, as well as different types of irradiation show qualitatively similar kinetics, but the effective migration energy and pre-exponent are strongly correlated. Such correlation is discussed in terms of the so-called Meyer-Neldel rule known in chemical kinetics of condensed matter [2], but observed for the first time in irradiated materials.

Finally, we report our recent results of stepwise thermal annealing of radiation-induced optical absorption in ion-irradiated CVD diamonds, where the simultaneous decay of complementary pairs of Frenkel defects (absorption bands at 2 and 4 eV) was found.

This study allows us to prognosticate and control radiation and optical properties of advanced functional materials for fusion applications.

References:

- [1] E.A. Kotomin, V.N. Kuzovkov, A.I. Popov, R. Vila, Nucl. Instrum. Meth. B, 374 (2016) 107.
- [2] E.A. Kotomin, V.N. Kuzovkov, A.I. Popov, J. Maier, R. Vila. J. Phys. Chem. A, 122 (2018) 28.
- [3] A.I. Popov, A. Lushchik, E. Shablonin, et al., Nucl. Instrum. Meth. B, 433 (2018) 93.
- [4] A. Lushchik, E. Feldbach, E.A. Kotomin, et al., Scientific Reports 10 (2020) 7810.
- [5] V. Seeman, A. Lushchik, E. Shablonin, et al. Scientific Reports 10 (2020) 15852.
- [6] A. Lushchik, V.N. Kuzovkov, A.I. Popov, et al. Scientific Reports 11 (2021) 20909.

[7] V. Seeman, A.I. Popov, E. Shablonin, et al. J. Nuclear Materials 569 (2022) 153933.

[8] E. Shablonin, I. Kudryavtseva, A.I. Popov et al. J. Nuclear Materials 590 (2024) 154874.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

283

RADIATION-INDUCED PHASE INSTABILITY AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF CORROSION RESISTANCE AND MECHANICAL PROPERTIES OF FERRITIC-MARTENSITIC STEELS

Author: Mikhail Merezhko¹

Co-authors: Diana Merezhko¹; Kira Tsai²; Michael Short³; Yelena Kim⁴

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Kira Tsai*

³ *Massachusetts Institute of Technology*

⁴ *Yelena Kim R.*

Corresponding Authors: hereiam@mit.edu, nallika@gmail.com, merezhko.mihail@gmail.com, kira.tsai7@gmail.com, yelenakimr@gmail.com

Tsai K.V.a, Merezhko D.A.a, Kim Y.R.a, Merezhko M.S.a, Short M.P.b

aInstitute of Nuclear Physics, Ibragimov st., 1, Almaty, Kazakhstan 050032 Kazakhstan

bDepartment of Nuclear Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA

High chromium ferritic-martensitic (F/M) steels are used as structural materials in sodium-cooled fast reactor (SFR) cores due to their excellent void swelling resistance. Their performance depends on the dual-phase structure of swelling-resistant, high-strength tempered martensite forming sub-grains in a ductile, corrosion-resistant ferrite matrix. This paper investigates the radiation stability of the structure of EP-450 steel widely used in Russian SFRs, with implications for other F/M steels proposed for use in Gen IV nuclear reactors worldwide.

Specimens of EP-450 were irradiated to 50–53 dpa at 295–405°C in the BN-350 SFR in Aktau, Kazakhstan, and also in the 6MWth WWR-K water-cooled research reactor at the Institute of Nuclear Physics in Almaty, Kazakhstan to doses less than 0.1 dpa for a low-dose comparison. Microstructural changes were studied using a Toshiba TM4000plus SEM and JEOL JEM-2100 TEM equipped with EDS analysis. Corrosion behavior of BN-350 reactor specimens (high dose) was investigated directly using SEM, and specimens irradiated in the WWR-K reactor (low dose) were subject to standard-based testing for assessing pitting corrosion resistance.

Phase instability of EP-450 steel under high-dose irradiation was observed, with relaxation of martensite to ferrite as a key feature. The proportion of ferrite and martensite phases changed from 1:1.7 for unirradiated steel to up to 2.6:1 for steels irradiated to 53 dpa, depending on irradiation temperature. The main reason is the processes of recovery and recrystallization under irradiation, as indicated by structural changes in the residual martensitic phase: decrease in the density of sub-grain boundaries, simplified sub-grain structure, and a decrease in the density of dislocations. The role of this phase instability on corrosion resistance and mechanical properties of EP-450 was also studied, showing how martensite grains were preferentially corroded after exposure to spent fuel pool water (~20C) for 8 years. This work has significant implications for predicting corrosion and embrittlement performance for F/M steels after irradiation and in temporary storage in water.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

221

RADIOCHEMICAL POLYMERIZATION OF POLYACRYLIC ACID TO TRACK-ETCHED MEMBRANES BASED ON PVDF-HFP DOPED WITH GRAPHENE OXIDE

Authors: Alimzhan Almanov¹; Anel Tolegen²

Co-authors: Anastassiya Mashentseva¹; Murat Barsbay³

¹ *The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, 050032 Almaty, Kazakhstan*

² *L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010008 Astana, Kazakhstan*

³ *Hacettepe University, Ankara, Turkiye*

Corresponding Authors: almanoalimzhan7@gmail.com, mbarsbay@hacettepe.edu.tr, mashentseva.a@gmail.com, anel2002pvl@mail.ru

PVDF-based membranes are widely used for various applications (filtration, sensors, energy storage, fuel cells, etc.) due to their exceptional properties. The radiochemical polymerization (RCP) of the polyacrylic acid (PAA) to PVDF TeMs was previously studied in detail previously and the obtained TeMs samples were successfully tested as sensitive sensors of lead ions. However, it is worth noting that detailed studies of the features of RCP to TeMs based on PVDF-HFP, including doped with graphene oxide (GO), have yet to be carried out. This study presents the results of determining the optimal conditions for the RCP of PAA, providing the maximum value of the monomer grafting degree. The influence of various factors on the value of the RCP grafting degree was studied: monomer and inhibitor concentration, RCP time and temperature, and the effect of the PVDF-HFP-GO etching time was also studied in detail. The findings of this study not only contribute to the understanding of RCP to TeMs but also provide practical guidelines for optimizing the process, thereby enhancing the development of advanced materials in the field of materials science. Based on the conducted studies, the optimal conditions for the RCP of PAA on the surface of PVDF-HFP TeMs doped GO, were selected, namely: temperature - 30 °C, inhibitor concentration (Mohr's salt) - 0.05 M, monomer concentration [PAA/H₂O] = 80/20%, grafting time - 60 min. Changing the TeMs etching time did not significantly affect the efficiency of the RCP of PAA.

This study was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No AP14869845).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

130

RAMSES –RADIOLOGICAL MONITORING PLATFORM FOR ENVIRONNEMENT AND NUCLEAR FACILITIES

Author: Carlo De Lellis¹

Co-author: Thomas Ost¹

¹ *Institute for radioelements*

Corresponding Authors: thomas.ost@ire.eu, carlo.delellis@ire.eu

RAMSES “Radiological Analysis Monitoring & Sampling Equipment Systems” is a radiological monitoring platform developed by IRE Lab, the preventive arm of the IRE, a Belgian company and one of the world's leading producers of 99Mo, 131I and 133Xe. Through its actions, IRE Lab is contributing to the protection of the environment, workers and the general public through its expertise in the measurement and control of radioactivity.

Thanks to its recognized industrial experience, IRE Lab offers a full range of solutions, from one-off measurements to global consultancy in the following areas:

- Development of equipment for continuous sampling and monitoring of radioactivity;
- Analysis of radioactivity in various low-level samples;
- Radiological characterization of waste, effluents and contaminated objects;
- National and international projects in its fields of expertise.

A major player in environmental radiological monitoring for many years, IRE Lab develops and supplies innovative automatic sampling and monitoring systems for continuous monitoring of radioactivity. As a result, IRE Lab has over 40 years of internationally recognized experience in the operation of automatic networks for continuous radioactivity measurement.

Since 2004, IRE Lab has developed, maintained and regularly improved its measurement platform, currently known as RAMSES. Numerous continuous radioactivity monitoring systems have already been installed, in Belgium and abroad. Currently, IRE Lab is in charge of setting up a telemetry network on Moroccan territory on behalf of AMSSNuR, the Moroccan safety authority, and financed by the European Union.

The RAMSES 3.0 platform, developed in-house, is a suite of measurement software and analysis algorithms capable of integrating gamma spectrometry (Figure 1), gamma dose rate and global alpha/beta measurement equipment.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

13

RE-DEPENDENT STRUCTURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN Fe-Ga FUNCTIONAL ALLOYS

Author: Bekarys Yerzhanov¹

Co-authors: Anatoly Balagurov²; Bagdaulet Mukhametuly³; Igor Golovin⁴; Sergey Sumnikov²

¹ JINR, INP KZ, KFU

² JINR

³ JINR, INP KZ

⁴ MISiS

Corresponding Authors: i.golovin@misis.ru, bekarys@jinr.ru, bala@nf.jinr.ru, sumnikovsv@gmail.com, bagdaulet_m@mail.ru

The discovery of an increase in the magnetostriction of α -Fe upon partial replacement of iron by gallium [1] gave rise to a large number of studies in which a similar effect was sought in a variety of binary and ternary iron-based alloys. An interesting structural topic is the study of the effect of rare earth alloying of Fe-Ga alloys. Alloying Fe-Ga alloys with small amounts of rare earth elements (RE) leads to an improvement in the magnetostrictive properties of these alloys. The physical and technical properties of these functional materials largely depend on their specific atomic structure, the volumetric content of various structural phases and their microstructural state [2].

The work carried out studies of the evolution of the phase composition and microstructure of cast alloys

$\text{Fe}_{100-(x+y)}\text{Ga}_x\text{RE}_y$, (with $x \approx 27$ at.%), where the elements Er and Yb ($y = 0.5$ and 0.2 at.%) were used as rare earth metals. The results were obtained in neutron diffraction experiments carried out in two modes: with high resolution in terms of interplanar distance and with high intensity during continuous scanning in temperature under heating to $\sim 900^\circ\text{C}$ and subsequent cooling with $2^\circ\text{C}/\text{min}$. Information about the microstructural state of alloys was obtained using the Williamson-Hall and Pielaszek methods, which make it possible to estimate the characteristic sizes and size distribution of coherent scattering regions by analyzing the profiles of diffraction peaks.

Table 1 shows the sequences of phase transformations of the first and second order during heating and cooling of cast $\text{Fe}_{100-(x+y)}\text{Ga}_x\text{RE}_y$ alloys. It was found that an increase in the amount of RE in alloys leads to suppression of the formation of FCC (A1, L12) and HCP (A3, D019) structures during

thermal exposure.

Sample composition, at.% Heating Cooling

Fe72.36Ga27.4Er0.24 D03 → L12 → D019 → B2 → A2 A2 → B2 → D03 → L12+D019

Fe73.1Ga26.7Yb0.2 D03+L12 → L12 → D019+A1 → A2+L12 A2+L12 → L12+B2 → L12+D03+D019

Fe72.1Ga27.4Er0.5 D03 → D03+A1 → D03+A3 → A2 A2 → D03

Fe72.8Ga26.7Yb0.5 D03 → A2 A2 → D03

Tab.1. Phase transitions detected in ternary Fe alloys during in situ neutron studies upon heating and cooling. The table shows the phase transitions between BCC (A2, B2, D03), FCC (A1, L12), and HCP (A3, D019) structures.

In the initial state, the microstructure of the Fe100-(x+y)GaxREy alloys with RE = Er and Yb in an amount of 0.5 at.% was a structurally disordered matrix of the A2 type with clusters, which are coherent inclusions of the ordered D03 phase. Moreover, coherent inclusions in the alloy with Er are 2 times greater than in the alloy with Yb. Analysis of the microstructure of alloys with a smaller amount of RE ≈ 0.1 – 0.25 at.% in the initial state showed the absence of clusters, but the presence of broadening of the peaks was established, which is associated with the presence of microstrains in the material. This work is a continuation of our studies [3] of Fe-Ga-RE alloys with 19 at.% Ga.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

214

RESEARCH AND DEVELOPMENT ON HTGR FUELS AND MATERIALS UTILISING WWR-K RESEARCH REACTOR

Author: Sohei Ueta¹

Co-authors: Asset Shaimerdenov²; Nariaki Sakaba¹; Shamil Gizatulin²; Yuji Fukaya¹; Yukio Tachibana¹

¹ *Japan Atomic Energy Agency*

² *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: ashaimerdenov@inp.kz, fukaya.yuji@jaea.go.jp, sakaba.nariaki@jaea.go.jp, ueta.shohei@jaea.go.jp, tachibana.yukio@jaea.go.jp, sgizatulin@inp.kz

Ueta. S.1, Shaimerdenov A2., Tachibana. Y3, Fukaya. Y.1, Gizatulin S2, and Sakaba.N.3

1Energy Research and Development Domain, HTGR Project Management Office, HTGR Design Group, Japan Atomic Energy Agency, 4002 Naritacho, Oarai-machi, Higasiibaraki-gun, Ibaraki 311-1393, Japan

2Institute of Nuclear Physics, 1 Ibragimov str., 050032, Almaty, Republic of Kazakhstan

3Energy Research and Development Domain, HTGR Project Management Office, Japan Atomic Energy Agency,

2-2-2 Uchisaiwaicho Chiyoda-ku Tokyo, Japan

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) and the Institute of Nuclear Physics (INP) have been being developing the High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) fuels and materials by using WWR-K reactor within the framework of International Science and Technology Center (ISTC) since 2010 and so far.

The High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR) constructed and being operated in Oarai JAEA is known as a Japanese research HTGR, of which the reactor core is fueled with so-called “pin-in-block” typed prismatic elements and performs at 950 °C of the maximum outlet coolant temperature at 30 MW in thermal power.

To upgrade fuels and materials technologies of Japanese HTTR to those of practical HTGRs, such as small modular reactor (SMR) and Very High Temperature Reactor (VHTR) proposed by Generation IV International Forum to be developed worldwide, the INP in collaboration with JAEA has conducted three regular projects and one partner project which are coordinated by ISTC.

K-1797 regular project was performed from 2010 to 2015 for an irradiation test for high burn-up HTGR fuel. We confirmed the high burn-up of 94GWd/t and the integrity by observing the Kr-88 release rate. The release rate corresponded between the surface contamination by uranium in the fabrication and the initial failure of two particles. Then, we concluded there is no failure during the irradiation experiments.

K-2222 regular project was performed from 2017 to 2019 for a Post Irradiation Experiment (PIE) for high burn-up HTGR fuel. As a result, the design curve of thermal conductivity was extended, and feasibility of new matrix material made by mixing natural graphite and artificial graphite was confirmed.

KZ-2514 regular project was performed from 2020 to 2023 for R&D on SiC matrix HTGR fuel. The samples of SiC were selected for the matrix of a compact fuel (SiC matrix). Two types of samples were studied: pure SiC samples and SiC samples with TRISO fuel particle simulators. In the simulators, the fuel is replaced by SiC, which is coated with two layers of high-density pyrocarbon (PyC), between which there is a coating of SiC. The SiC samples were irradiated in an inert gas atmosphere in the WWR-K reactor. Post-irradiation examinations were carried out on compressive strength, hardness, Young's modulus, swelling/shrinkage, and coefficient of thermal linear expansion. In the present report, the outline is described.

K-2080p partner project was performed from 2013 to 2017 for R&D on oxidation resistance graphite. The oxidation resistance graphite is made by covering the surface with SiC layer. The integrity under the irradiation condition was confirmed by observing the surface of the samples.

Moreover, future subjects which JAEA is planning to develop will be explained.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

102

RESONANCE MECHANISMS OF NUCLEAR REACTION ENHANCEMENT IN A LASER FIELD

Author: Fedor Karpeshin¹

¹ *D.I.Mendeleev Institute for Metrology VNIIM*

Corresponding Author: fkarpeshin@gmail.com

2024 will go down in history as the year of the nuclear clock. Two groups independently performed direct excitation of the 8 eV isomer ²²⁹Th with a laser, successively diminishing the uncertainty of its energy by 12 orders of magnitude [1,2]. Now this energy is taken to be 8.355740(3) eV [1]. More than 10 years were spent on developing the technologies. It could have been done much earlier and easier if the resonance properties of the electron shell had been used within the confines of the papers of 1990-1999. Calculations of the probabilities of triggering the energy of nuclear isomers ²³⁵U, ²²⁹Th, ¹²⁵Te, ¹⁶⁹Yb, ^{178m2}Hf demonstrated the high efficiency of resonance schemes. The most efficient scheme for excitation of the isomer ²²⁹Th with a laser is presented by the Feynman diagram in the figure. The nucleus transfers to the isomeric state as a result of virtual exchange of a photon with a valence electron. The electron gets below the mass surface. It then absorbs a photon from the laser field and passes to the final state 7p. Analysis of this scheme leads to the conclusion [3] that it is 200 times more efficient than those exploited in [1,2].

References

1. J. Tiedau et al. Phys. Rev. Lett. 132, 182501 (2024).
2. Chuankun Zhang et al. <http://arxiv.org/abs/2406.18719>
3. F.F. Karpeshin and M.B.Trzhasskovskaya, Zh. Eksp. Teor. Fis. 165, 145 (2024); <https://arxiv.org/abs/2403.16924>

Section:

Energy and materials science (Section 2)

20

Rare decays of B mesons

Author: Aidos Issadykov¹

¹ *INP ME RK & JINR*

Corresponding Author: issadykov.a@gmail.com

We study the B mesons decays within the Standard Model (SM) by using the relevant transition form factors obtained from the covariant confined quark model (CCQM) developed by us. The $b \rightarrow u(d)$, $b \rightarrow c$, and $b \rightarrow s$ transitions form factors are obtained in the full kinematic q^2 range. The branching fractions are then calculated. Our results are in an agreement with those obtained in other theoretical approaches.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

65

Reactions induced by 30 MeV ^3He beam on ^9Be : Cluster transfer reactions

Author: KAIRAT MENDIBAYEV¹

Co-authors: Aidos Azhibekov²; Daniyar Janseitov³; Sergey Lukyanov⁴; Talgat Issatayev⁵; Timur Zholdybayev⁶

¹ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan / Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

² *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia / Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan*

³ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

⁴ *JINR (Flerov Laboratory of Nuclear Reactions)*

⁵ *INP, JINR*

⁶ *Institute of nuclear physics, Kazakhstan*

Corresponding Authors: kayrat1988@bk.ru, sml55@mail.ru, timjol@yandex.ru, azhibekoaidos@gmail.com, talgat_136@mail.ru, janseit.daniar@gmail.com

To study the reactions of the transfer of clusters and nucleons, we carried out a number of experiments [1]. An experiment has been carried out for studying the cluster structure of ^9Be induced by the ^3He ions at the energy of 30 MeV. As results of the nuclear reaction $^3\text{He} + ^9\text{Be}$ the differential cross sections for the exit channels –elastic, inelastic, $\alpha + ^8\text{Be}$, $^6\text{He} + ^6\text{Be}$, $^6\text{Li} + ^6\text{Li}$, and $^7\text{Be} + ^5\text{He}$ – were measured. Elastic and inelastic scattering data are treated within both the Optical model and Coupled channels method[2,3]. A new set of optical potential was taken for the elastic scattering. The deformation parameter δ_2 was established for the transition $3/2 \rightarrow 5/2$. Cluster transfer reactions are analyzed by means of the Coupled reaction channels method. The nuclear reactions with

the exit channels $6\text{He} + 6\text{Be}$, $6\text{Li} + 6\text{Li}$, and $7\text{Be} + 5\text{He}$ are complemented by two-step transfer mechanisms. The contribution of each reaction mechanisms are shown, and compared with the findings of other authors.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14870958).

References [1] B.A. Urazbekov, J. Phys. G Nucl. Part. Phys. 46 (2019) 105110

[2] Thompson I J 1988 Computer Physics Reports 7 167–212

[3] Satchler G R 1983 Direct nuclear reactions (Clarendon, Oxford)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

72

Real-Time Follow-Up of Multimessenger Alerts at the Baikal-GVD Telescope

Authors: Olga Suvorova¹; Viktoriya Dik²

¹ *Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences*

² *Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Authors: suvorova@inr.ru, viktoriya@jinr.ru

The Baikal-GVD Telescope, situated in Lake Baikal, is designed primarily for neutrino astronomy and also contributes to multi-messenger astrophysics through the real-time follow-up of General Coordinates Network alerts. This capability allows for comprehensive detection and understanding of astrophysical phenomena by correlating neutrino signals with emissions across the electromagnetic spectrum and gravitational waves. At the beginning of 2021, Baikal-GVD initiated an automatic data processing and alert generation system, categorizing neutrino alerts into ‘muon neutrinos’ (extended upward-going track events) and ‘all-flavor neutrinos’ (high-energy cascades). The system can generate a preliminary response to incoming alerts within a time delay of 3 – 10 minutes. A notable outcome from this follow-up includes the temporal and spatial correlation of the Baikal-GVD cascade event GVD211208CA with an energy of 43 TeV and the muon neutrino alert IceCube211208A, potentially associated with the blazar PKS0735+178.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

193

SCATTERING OF PROTONS AND THE LIGHTEST NUCLEI ON TENSOR-POLARIZED DEUTERONS AND TEST OF T-INVARIANCE

Author: Yuriy Uzikov¹

Co-author: Maria Platonova

¹ *Joint Institute for Nuclear Researches*

Corresponding Author: uzikov@jinr.ru

Yu.N. Uzikov 1,2,3, M.N. Platonova 1,4

1 V.P. Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

2 Faculty of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia

3 Dubna State University, Dubna, Russia

4 D.V. Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russia

Observed baryon asymmetry of the Universe is not explained on the basis of the Standard Model (SM) of fundamental interactions and its explanation requires a source of CP violation beyond the SM. Under CPT symmetry CP violation is equivalent to the time (T)- invariance violation. In the interaction of a transversely polarized (Py) nuclear beam with a tensor-polarized (Pxz) deuteron target, a nonzero value of the part of the total cross section corresponding to this combination of polarizations is an unambiguous null-test signal of T -invariance violation while P-parity is conserved (TVPC) [1]. This type of interaction was suggested in [2] to explain CP violation observed in physics of K-mesons and does not appear in the SM. A method for calculating the TVPC null-test signal for double polarized pd scattering based on the spin dependent Glauber theory was developed in [3,4] and numerical results for energy dependence of this effect were obtained at the beam kinetic energy of 0.1-1 GeV. The method has been generalized by us to the case of ^3He -d scattering, and energy dependence of the TVPC effect in this channel has been calculated in the range of energy \sim GeV/nucleon [5]. Furthermore, we performed study of the TVPC effect in double polarized deuteron-deuteron scattering and the results obtained, in particular, at SPD NICA energies will be present in the talk. It is found that in dd collisions, in contrast to pd scattering, the contribution of only one type of T-violating nucleon-nucleon forces dominates, which is essential for extraction of the unknown constant of this interaction from the corresponding data.

[1] A. L. Barabanov, Sov. J. Nucl. Phys. 44, 755 (1986).

[2] L. B. Okun, Sov. J. Nucl. Phys. 1, 670 (1965).

[3] Yu. N. Uzikov and A.A. Temerbayev, Phys. Rev. C 92,014002 (2015).

[4] Yu. N. Uzikov and J. Haidenbauer, Phys. Rev. C 94,035501 (2016).

[5] Yu. N. Uzikov, M.N. Platonova, JETP Lett., 118, No 11, 785 (2023).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

147

SCATTERING OF DEUTERONS ON ^{10}B NUCLEI AT AN ENERGY OF 14.5 MEV

Authors: Maulen Nassurlla¹; Nassurlla Burtebayev¹; Ромазан Ходжаев²; Orazaly Kalikulov³; Avganbek Sabidolda^{None}; Damir Issayev⁴

¹ Institute of Nuclear Physics, ME of Republic of Kazakhstan

² РГП ИЯФ

³ INP

⁴ Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

Corresponding Authors: damir.isaev.15@gmail.com, ramazan_inp@mail.ru, asabidolda@mail.ru, orazaly82@gmail.com

From the analysis of data on the elastic scattering of deuterons on ^{10}B nuclei at an energy of 14.5 MeV within the framework of the optical model of the nucleus, two sets of optical potentials (sets A1 and A2) necessary for carrying out calculations using the coupled channel method were established. Differential cross sections of elastic and inelastic scattering for the following excited states of the ^{10}B nucleus: $E_x = 0.718$ MeV, $J\pi = 1^+$; $E_x = 2.154$ MeV, $J\pi = 1^+$ and $E_x = 3.587$ MeV, $J\pi = 2^+$ were analyzed within the coupled channel method using the FRESKO code. The best agreement between the theory and

experimental data was provided by the set of optical potentials A1. The deformation parameter β_{2^+} was determined from the condition of the best description of the transition to the 0.718 MeV ($1^+ \rightarrow 2^+$) state. The analysis yielded the following value of the quadrupole deformation parameter $\beta_{2^+} = 0.72 \pm 0.1$ for an energy of 14.5 MeV, which is consistent with the average value $\beta_{2^+} = 0.67 \pm 0.05$ established from the analysis of proton, deuteron and helium-3 scattering.

Acknowledgments. This work was supported by the program #BR21881941 (Experimental and theoretical research in the field of high and ultra-high energies to solve current problems in astrophysics and cosmic ray physics) of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

98

SEMI-EMPIRICAL FORMULA FOR DETERMINING ABSORBED DOSE IN GdNCT STUDIES WITH MAGNEVIST

Author: Gayratulla Kulabdullaev¹

¹ *Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of Uzbekistan*

Corresponding Author: gkulabdullaev@inp.uz

Due to the complexity of neutron radiation dosimetry, it is convenient to determine the absorbed dose by determining kerma (K), a close analog of the absorbed dose. When the secondary charged particles are in equilibrium, the kerma will equal the absorbed dose. The advantage of kerma is the ability to determine it by calculating for a known monoenergetic neutron flux and the neutron spectrum. When calculating kerma, all processes that form the absorbed dose in biological tissues are considered. Using the values of the partial components of dose estimates in soft biological tissue, it is possible to calculate the value of the total absorbed dose depending on the concentration of natural Gd in the tissue. The total absorbed dose in biological tissue with a Gd-based drug is determined [1,2]:

(1)

This formula can be written in terms of kermas:

(2)

where m is the mass of the irradiated tumors, ρ is the concentration of Gd in the tumor and t is the irradiation time. K_{btn} and K_{btph} are calculated values of neutron and photon kerma power for biological tissue irradiated by a beam of epithermal neutrons from the WWR-SM reactor of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. $K_{n1ppmGd}$ and $K_{phppmGd}$ are calculated values of neutron and photon kerma power for 1 ppm Gd in 1 g of biological tissue irradiated by the same beam.

We have conducted some studies to study the influence of existing effects on the formation of the absorbed dose during GdNCT [1,2]. The formula shows that the absorbed dose depends on gadolinium concentration in the tumor.

Therefore, the pharmacokinetics of the drug was studied [3]. As is known, patients undergo several tomographic studies with Gd contrast agents before radiation therapy. Since the absorbed dose during GdNCT strongly depends on the concentration of Gd in tumors, we studied the accumulation of Gd in human brain tumors [4]. It was found that intravenous injection of Magnevist left trace amounts of gadolinium in various concentrations in brain tumors.

These concentration values show its correlation with the number of tomographic studies performed. On the other hand, the cross-section (n, γ) of the reaction in Gd is of great importance, $\sigma = 46,000$ barns. Therefore, when neutron irradiation of tumors with the drug Magnevist, uneven irradiation is observed, associated with the effect of attenuation (self-shielding) of the beam in the tumor itself [3]. Taking into account the obtained results, the final semi-empirical formula for determining the absorbed dose can be written as:

(3)

where δ is the correction coefficient to take into account the pharmacokinetics of the drug with Gd, $\Delta\rho$ is the correction to take into account the accumulation of Gd, coefficient s is to take into account the self-shielding effect of Gd.

1. Sheino I., Khokhlov V. Et al., Intern. Symposium on Boron Neutron Capture Therapy, July 7-9, 2004, Novosibirsk, Russia, Proceedings, 2004, 82
2. G. A. Abdullaeva, G.T. Djuraeva et al. //Open Phys. 2015; 13:183–187.
3. A.A. Kim, G.A. Kulabdullaev et al. IJNESE 2014, Vol.4, Issue 2, p. 43-49
4. Кулабдуллаев Г.А., Ким А.А. et al. Известия РАН. Серия физическая, 2021, том 85, №12, с. 1807-1813. DOI: 10.31857/S0367676521120188
5. Gayratulla A. Kulabdullaev, Gayana A. Abdullaeva, Andrey A. Kim, Djasur O. Yuldashev Journal: AIP Conference Proceedings, AIP Conf. Proc. 3020, 060002 (2024), <https://doi.org/10.1063/5.0193063>, Published: January 2024

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

234

SHIELDING CALCULATIONS OF THE VVR-SM RESEARCH REACTOR WITH ENHANCED MONTE CARLO TECHNIQUES

Authors: Abror Tuymurodov¹; Dilmurod Tuymurodov²; Satimboy Polvonov²; Sindorjon Ashurov²; Abror Safarov¹; Umidjon Mukhammedov¹

¹ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

² National University of Uzbekistan

Corresponding Authors: dituymurodov@gmail.com, palvanov1960@gmail.com, abrorphy@gmail.com, sindorphy@gmail.com

The VVR-SM research reactor, operated by the Institute of Nuclear Physics, serves a pivotal role in scientific research and medical isotope production. Accurate shielding calculations are critical to ensure the safety of both personnel and the surrounding environment. This study utilizes advanced Monte Carlo techniques, specifically employing the OpenMC code, to perform detailed shielding analyses of the reactor. The Monte Carlo method's capability to accurately model complex geometries and heterogeneous materials makes it ideal for this application. The analysis includes simulations of neutron and gamma-ray transport through various shielding configurations, evaluating different materials and thicknesses to optimize radiation protection while balancing cost and structural feasibility.

Our findings highlight the enhanced predictive accuracy achieved through the use of state-of-the-art Monte Carlo techniques, allowing for precise estimation of radiation dose distributions within and around the reactor facility. The study also explores the impact of different shielding materials on neutron and gamma attenuation, providing insights into the most effective configurations for minimizing radiation exposure. The integration of these advanced computational tools into the shielding design process demonstrates significant improvements in radiation safety standards, setting a benchmark for future reactor safety assessments.

This research contributes to the broader field of nuclear reactor safety, emphasizing the importance of utilizing advanced simulation tools in the design and evaluation of radiation shielding. The application of OpenMC, a state-of-the-art Monte Carlo code, is particularly noted for its flexibility and accuracy in complex simulations, supporting the ongoing development of effective shielding solutions for nuclear facilities.

References:

1. Institute of Nuclear Physics. Nuclear Reactor VVR-SM [online]. 2023. [Accessed 2024-04-21]. Available from: <https://inp.uz/en/pages/nuclear-reactor-vvr-sm>
2. Paul K. Romano, Nicholas E. Horelik, Bryan R. Herman, Adam G. Nelson, Benoit Forget, and Kord Smith, “OpenMC: A State-of-the-Art Monte Carlo Code for Research and Development,” *Ann. Nucl. Energy*, 82, 90–97 (2015).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

81

SPECIFIC CRITERIA FOR DETERMINING THE FERMIONIC AND BOSONIC NATURES OF COOPER PAIRS IN DOPED CUPRATE SUPERCONDUCTORS

Author: Mashrab Sheraliev¹

¹ *INP Uz*

Corresponding Author: uzmash83@inbox.ru

1Dzhumanov S., 1Tashmetov M.Yu., 1Sheraliev M.U., 2Zaripov O.O.

1Institute of Nuclear Physics, Uzbek Academy of Sciences, Ulugbek, Tashkent, 100214, Uzbekistan
dzhumanov@inp.uz

2Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, Uzbekistan

There are key differences between fermionic (weakly-bound) and bosonic (tightly-bound) Cooper pairs and between the superconducting mechanisms of such Cooper pairs in conventional and unconventional superconductors [1]. Because the underlying mechanism of superconductivity in different materials depends on the fermionic or bosonic nature of superfluid charge carriers, which are believed to be Cooper pairs of fermionic quasiparticles. The fermionic or bosonic nature of Cooper pairs in superconducting materials in turn depends on the strength of the attractive interaction between fermionic quasiparticles in them. As is well known, in conventional metals with large Fermi energies $\varepsilon_F > 1$ eV [2] and weak electron-phonon coupling [3], the weakly-bound Cooper pairs have fermionic nature. However, in other materials, depending on the strength of the attractive interaction between two fermionic quasiparticles the physical nature of Cooper pairs is distinguishably altered. Actually, for many superconductors, it is not obvious in which cases the Cooper pairs have the fermionic or bosonic nature and which specific criteria should be satisfied for determining the fermionic and bosonic natures of Cooper pairs. Therefore, it is a challenging problem to find the specific criteria for determining fermionic and bosonic natures of Cooper pairs in such systems.

In this work, we examine the possibility of the formation of fermionic and bosonic Cooper pairs in doped copper oxides (cuprates). We show that the Cooper pairs in doped cuprates, depending on the doping level or the Fermi energy ε_F and the characteristic energy ε_A of the attractive interaction between two pairing fermions (e.g., hole carriers), might be either fermionic Cooper pairs (most likely in overdoped cuprates) or bosonic Cooper pairs (e.g., in underdoped and optimally doped cuprates). We argue that when the size of a Cooper pair a_c in any superconductor is larger than the average distance R_c between Cooper pairs, this large Cooper pair consisting of two Fermi particles has the fermionic nature and such large Cooper pairs strongly overlapping with each other exist most likely in superconductors with $\varepsilon_F \gg \varepsilon_A$. In this case the Fermi components of large Cooper pairs go over from one Cooper pair to another one. As a result, strongly overlapping Cooper pairs behave like fermions. However, at $R_c > a_c$ the Fermi components of Cooper pairs cannot move from one Cooper pair to another one and the non-overlapping nearly small Cooper pairs behave like bosons. It is natural to believe that the bosonic nature of Cooper pairs becomes apparent when

$R_c > a_c$. We obtain the universal and specific criteria for determining the fermionic and bosonic nature of Cooper pairs and the existence of the Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) –type and non-BCS (i.e. Bose) - type superconductors in condensed matter systems in terms of two characteristic ratios $\varepsilon_A/\varepsilon_F$ and Δ_F/ε_F (where Δ_F is the BCS-like energy gap in the excitation spectra of superconductors). We find that the Cooper pairs in superconductors with $\varepsilon_F > 2\varepsilon_A$ have the fermionic nature under the condition $\Delta_F < [(\varepsilon_A \varepsilon_F^2/36\pi)]^{1/3}$, while the Cooper pairs in superconductors with $\varepsilon_F < 2\varepsilon_A$ have the bosonic nature under the condition $\Delta_F > [(\varepsilon_A \varepsilon_F^2/36\pi)]^{1/3}$. We demonstrate that the doped cuprates above a certain overdoping level are in the fermionic limit of Cooper pairs at relatively large Fermi energies $\varepsilon_F > 0.3$ eV, but the underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates are in the bosonic limit of Cooper pairs at small Fermi energies $\varepsilon_F \approx 0.2$ eV. We conclude that the conventional BCS-type Fermi-liquid superconductivity would occur in overdoped cuprates with $\varepsilon_F \approx 0.3$ eV, while the unconventional (Bose-liquid) superconductivity would emerge in underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates with small Fermi energies $\varepsilon_F \approx 0.1$ eV, $\varepsilon_F \approx 0.15$ eV and $\varepsilon_F < 0.3$ eV, respectively.

References

1. Dzhumanov S. Theory of Conventional and Unconventional Superconductivity in High-T_c Cuprates and Other Systems. Nova Science Publishers, New York, 2013, 356 p.
2. Kittel C. Introduction to Solid State Physics, Nauka, Moscow, 1978, 791 p.
3. Schrieffer J. R., and Tinkham M. 1999 Rev. Mod. Phys. 71, S313.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

254

SPECIFIC CRITERIA FOR DETERMINING THE FERMIONIC AND BOSONIC NATURES OF COOPER PAIRS IN DOPED CUPRATE SUPERCONDUCTORS

Author: Safarali Džumanov^{None}

Corresponding Author: dzhumanov@inp.uz

There are key differences between fermionic (weakly-bound) and bosonic (tightly-bound) Cooper pairs and between the superconducting mechanisms of such Cooper pairs in conventional and unconventional superconductors [1]. As is well known, in conventional metals with large Fermi energies $\varepsilon_F > 1$ eV [2] and weak electron-phonon coupling [3], the weakly-bound Cooper pairs have fermionic nature. However, in other materials, depending on the strength of the attractive interaction between two fermionic quasiparticles the physical nature of Cooper pairs is distinguishably altered. Therefore, it is a challenging problem to find the specific criteria for determining fermionic and bosonic natures of Cooper pairs in such systems.

In this work, we examine the possibility of the formation of fermionic and bosonic Cooper pairs in doped copper oxides (cuprates). We show that the Cooper pairs in doped cuprates, depending on the doping level or the Fermi energy ε_F and the characteristic energy ε_A of the attractive interaction between two pairing fermions (e.g., hole carriers), might be either fermionic Cooper pairs (most likely in overdoped cuprates) or bosonic Cooper pairs (e.g., in underdoped and optimally doped cuprates). We argue that when the size of a Cooper pair a_c in any superconductor is larger than the average distance R_c between Cooper pairs, this large Cooper pair consisting of two Fermi particles has the fermionic nature and such large Cooper pairs strongly overlapping with each other exist most likely in superconductors with $\varepsilon_F \gg \varepsilon_A$. In this case the Fermi components of large Cooper pairs go over from one Cooper pair to another one. As a result, strongly overlapping Cooper pairs behave like fermions. However, at $R_c > a_c$ the Fermi components of Cooper pairs cannot move from one Cooper pair to another one and the non-overlapping nearly small Cooper pairs behave like bosons. It is natural to believe that the bosonic nature of Cooper pairs becomes apparent when $R_c > a_c$. We obtain the universal and specific criteria for determining the fermionic and bosonic nature of Cooper pairs and the existence of the Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) –type and non-

BCS (i.e. Bose) - type superconductors in condensed matter systems in terms of two characteristic ratios $\varepsilon_A/\varepsilon_F$ and Δ_F/ε_F (where Δ_F is the BCS-like energy gap in the excitation spectra of superconductors). We find that the Cooper pairs in superconductors with $\varepsilon_F > 2\varepsilon_A$ have the fermionic nature under the condition $\Delta_F < [(\varepsilon_A \varepsilon_F^2/36\pi)]^{1/3}$, while the Cooper pairs in superconductors with $\varepsilon_F < 2\varepsilon_A$ have the bosonic nature under the condition $\Delta_F > [(\varepsilon_A \varepsilon_F^2/36\pi)]^{1/3}$. We demonstrate that the doped cuprates above a certain overdoping level are in the fermionic limit of Cooper pairs at relatively large Fermi energies $\varepsilon_F > 0.3$ eV, but the underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates are in the bosonic limit of Cooper pairs at small Fermi energies $\varepsilon_F < 0.2$ eV. We conclude that the conventional BCS-type Fermi-liquid superconductivity would occur in overdoped cuprates with $\varepsilon_F > 0.3$ eV, while the unconventional (Bose-liquid) superconductivity would emerge in underdoped, optimally doped and moderately overdoped cuprates with small Fermi energies $\varepsilon_F < 0.1$ eV, $\varepsilon_F < 0.15$ eV and $\varepsilon_F < 0.3$ eV, respectively.

References

1. Dzhumanov S. Theory of Conventional and Unconventional Superconductivity in High-T_c Cuprates and Other Systems. Nova Science Publishers, New York, 2013, 356 p.
2. Kittel C. Introduction to Solid State Physics, Nauka, Moscow, 1978, 791 p.
3. Schrieffer J. R., and Tinkham M. 1999 Rev. Mod. Phys. 71, S313.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

176

STATUS AND LATEST FINDINGS FROM THE NUGEN EXPERIMENT AT KALININ NUCLEAR POWER PLANT

Author: Konstantin Shakhov¹

¹ *Joint Institute for Nuclear Research*

Corresponding Author: shakhov@jinr.ru

The νGeN experiment is a research project aimed at exploring the properties of neutrinos [1]. The experiment is being conducted at the Kalinin nuclear power plant (KNPP) in Udomlya, Russia. The experimental setup is positioned 11.1 – 12.2m from the reactor core under the third unit of the KNPP. This unique location provides a high flux of antineutrinos, ranging in $3.6 - 4.4 \times 10^{13}/(cm^2 s)$, and shielding equivalent to $\sim 50m$ of water equivalent, ensuring favorable background conditions.

The main goal of the νGeN experiment is to study rare processes, such as coherent neutrino scattering, in order to search for the neutrino's magnetic moment and other unusual phenomena. A specially designed high-purity germanium (HPGe) detector, weighing 1.4kg, with a low background value and a low threshold, is used for this task. The detector is surrounded by a combined shielding system, incorporating active and passive components to protect against external background sources.

During the experiment, the spectrometer demonstrated stable performance, achieving an efficiency of over 80% for signals above 250eV. To date, more than 1600kg – days of data have been collected, providing a solid foundation for the ongoing analysis.

[1] I. Alekseev, et al., Physical Review D 106 (5), L051101 (2022)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

270

STRUCTURAL INVESTIGATIONS OF WATER-BASED FERROFLUIDS WITH ISOMETRIC AND ANISOMETRIC NANOPARTICLES

Author: Maria Balasoiu¹

¹ *JINR/IFIN-HH/West University of Timisoara*

Corresponding Author: masha.balasoIU@gmail.com

At present, ferrofluids continue to be widely explored for engineering and biomedical applications, including water purification, energy harvesting and transmission, magnetic electromagnetic wave absorption, vibration control, energy storage applications, magnetic drug delivery, hyperthermia, enzyme immobilization, DNA separation and purification, biocatalysis, and magnetic resonance imaging (non-invasive magnetic resonance imaging), etc.

Small-angle scattering of neutrons and X-ray are well known as successful methods used for the investigations of ferrofluids.

The present work reviews several of our results on the structural investigation of water-based ferrofluids with isometric and anisometric nanoparticles (cobalt ferrite, copper ferrite and barium hexaferrite) synthesized for new applications [1,2].

[1] M. Balasoiu, S. Astaf'eva, S. Lysenko, D. Yakusheva, E. Kornilitsina et al., *J. Surf. Invest.: X-Ray, Synchrotron Neutron Tech.* 17(3), 730-737 (2023).

[2] M. Balasoiu, S. Astaf'eva, S. Lysenko, D. Yakusheva, E. Kornilitsina et al., *J. Surf. Invest.: X-Ray, Synchrotron Neutron Tech.* 18(3), 736-744 (2024).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

104

STUDY OF CONTINUOUS ENERGY SPECTRA FROM THE REACTIONS $^{60}\text{Ni}(p, xp)$ AND $(p, x\alpha)$ AT A PROTON ENERGY OF 22 MEV

Author: Gulnaz Ussabayeva¹

Co-authors: Alisher Temirzhanov²; Bakhtiyar Sadykov³; Bek Duisebayev³; Timur Zholdybayev³

¹ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan and S.D. Asfendiarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan*

² *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan and Satbayev University*

³ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

Corresponding Authors: gulnazim85@inbox.ru, zholdybayev@inp.kz, alik-25.01.97@mail.ru, sadykovbm@inp.kz

Experimental and theoretical studies of continuous energy spectra of secondary light particles formed as a result of the interaction of nuclei with nuclei in a wide range of energies make it possible to trace the dynamics of the formation and evolution of an excited system to a state of equilibrium, which remains an urgent problem in the theory of nuclear reactions [1]. It should be noted that such experimental data are in demand in many applied fields of science, in particular, for correct modeling of processes occurring in the structural materials of designed nuclear power plants. An example of such a facility is a hybrid electronuclear facility (Accelerator Driven System, ADS), consisting of a high-energy proton accelerator and a subcritical reactor [2, 3]. Such a system makes it

possible to obtain sufficiently high neutron fluxes, which can be used to generate energy, transmute radiotoxic isotopes, or produce tritium for thermonuclear sources.

Experimental data were obtained using the extracted proton beam from the U-150M isochronous cyclotron of the Institute of Nuclear Physics [2]. Charged ions of the required type are produced in a source located in the central part of the cyclotron chamber. Their acceleration occurs in the inter-polar space of a 1.5-meter magnet at the moment the particles fly between the dees. The ion beam, accelerated in the cyclotron chamber, is then transported along the ion guide path to the reaction chamber. The energy of the incident protons was 22 MeV. A self-supporting isotope foil made of enriched ^{60}Ni isotope was used as a target. To select the desired type of particles, the dE-E method was used, where two parameters of the detected particle are recorded: specific ionization and total energy.

Cross sections for nuclear reactions were obtained in the angular range of 300 –1350 known states of final nuclei. Systematic errors in the measured cross sections are caused mainly by errors in determining the target thickness (no more than 5%), calibration of the current integrator (no more than 1%), and the solid angle of the spectrometer (no more than 1.3%). The energy of the accelerated particle beam was measured with an accuracy of 1%. The total error of the measured cross sections did not exceed 15%.

The theoretical analysis of the experimental results obtained was carried out within the framework of the TALYS calculation code, which is based on a modified version of the excitonic model of pre-equilibrium nuclear decay [4]. Modern versions of this model, based on separate consideration of neutron and proton degrees of freedom, describe the entire process of relaxation of an excited nuclear system, starting from the simplest quasiparticle configurations and ending with the establishment of statistical equilibrium. From a comparison of experimental and theoretically calculated integral ones, the contribution of various nuclear reaction mechanisms to the formation of continuous spectra was determined.

This research was carried out with financial support from the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (BR23891530).

1. E. Gadioli, P.E. Hodgson, «Pre-equilibrium Nuclear Reactions», Clarendon Press, 1992
2. Rivol J.P. Electronuclear installation for the destruction of nuclear waste // *Advances in Physical Sciences*. –2003. –T. 173. –No. 7. –pp. 747-755.
3. Bowman C.D., Arthur E.D., Lisowski P.W., Lawrence G.P., Jensen R.J., Anderson J.L., Blind B., Cappiello M., Davidson J.W., England T.R., Engel L.N., Haight R.C., et al. Nuclear energy generation and waste transmutation using an accelerator-driven intense thermal neutron source // *Nuclear Instr. and Methods in Physics Research. A*. –1992. –Vol. 320. –P. 336–367.
4. Griffin J. J. // *Phys. Rev. Lett.* ☒ 1966. ☒ №9. ☒ P.478.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

238

STUDY OF EXCITATION OF ISOMERIC STATES OF $^{109m,g}\text{Pd}$ IN REACTIONS $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)$, $^{110}\text{Pd}(n, 2n)$ AND $^{108}\text{Pd}(n, \gamma)$

Authors: Satimboy Polvonov¹; A.X. Inoyatov²; Sindorjon Ashurov¹; Dilmurod Tuymurodov¹; Abror Tuymuradov³; B.I. Kurbonov⁴; O.R. Tojiboev O.R. Tojiboev⁵; G.S. Palvanova¹

¹ National University of Uzbekistan

² Joint Institute for Nuclear Research

³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

⁴ Institute of Nuclear Physics

⁵ Institute of Nuclear Physics, 100214 Tashkent, Uzbekistan

Corresponding Authors: dituymurodov@gmail.com, palvanov1960@gmail.com, abrorphy@gmail.com, sindorphy@gmail.com

The cross sections for the formation of isomeric states $^{109m,g}\text{Pd}$ in the reactions $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)$, $^{110}\text{Pd}(n, 2n)$ and $^{108}\text{Pd}(n, \gamma)$ on palladium isotopes were measured using the induced activity method. Samples of natural Pd have been irradiated in the bremsstrahlung beam in the energy range of $10 \div 35$ MeV with energy step of 1 MeV. For 14.1 MeV neutron irradiation, we used the NG-150 neutron generator. For the (n, γ) reaction, experiments were carried out at the BB3-CM research reactor of the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. 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.

To evaluate and compare the experimental results, we calculated the reaction cross-section using the TALYS-1.6 software package [1].

The general scheme of the reaction is assumed to be as follows: first, the absorption of the dipole γ -quantum on the nucleus occurs with the formation of a compound nucleus, then the neutron evaporates with the formation of an excited state of the final nucleus. The excitation of the daughter nucleus is removed by a cascade emission of γ -quanta with the formation of the ground or isomeric state of the final nucleus. It was possible to improve the quantitative agreement between the calculations and the experiment by fixing the spin limitation parameter σ . In this case, satisfactory agreement is achieved at $\sigma = 2.5 \hbar$.

The experimental results have been discussed, compared with those of other authors as well as considered by the statistical model.

References

1. www.talys.eu

Section:

Nuclear physics (Section 1)

253

STUDY OF FUSION OF Ca ISOTOPES with 208Pb AT THE ENERGIES AROUND THE COULOMB BARRIER

Author: V. A. Rachkov¹

Co-authors: A. A. Bogachev¹; A. V Karpov¹; E.M. Kozulin¹; G.N. Knyazheva¹

¹ JINR

Corresponding Author: rachkov@jinr.ru

Recently, it has proposed by Yu. Ts. Oganessian to study the influence of structural effects in calcium isotopes on the reaction mechanism, fusion-fission and quasi-fission cross sections, and characteristics of reaction fragments. For this purpose, the reactions $40,42,44,48\text{Ca} + 208\text{Pb}$ were chosen. Experiments $40,48\text{Ca} + 208\text{Pb}$ were carried out at the U-400 accelerator in FLNR JINR. The obtained data are currently being analyzed.

The following work is dedicated to theoretical studies the fusion mechanisms in $40,42,44,48\text{Ca}+208\text{Pb}$ at energies around the Coulomb barrier. The corresponding calculations of the fusion (capture) cross section have been performed with the standard quantum coupled-channels (QCC) approach (accounting for vibrational and rotational excitations) with the empirical model for additional channels of neutron rearrangement. The partial penetration probability through the multidimensional potential barrier is obtained in the QCC calculations. The probability of transfer up to four neutrons to states within a certain Q-window is estimated in semiclassical approximation [A. V. Karpov, V. A. Rachkov, and V. V. Samarin, Physical Review, C92 (2015) 064603]. The results are compared with the experimental data. The predictions of the fusion (capture) cross section for $42,44\text{Ca}+208\text{Pb}$ at energies around the Coulomb barrier have been also presented.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

61

STUDY OF NATURAL RADIONUCLIDES IN GAS CONDENSATE AND CALIBRATION OF RADIOISOTOPIC LEVEL GAUGES**Author:** Ulugbek Ashrapov¹**Co-authors:** Kahramon Saydakhmedov¹; Mekhmon Yuldashev¹; Muzaffar Erdanov²; Rustem Ibrahimov³; Shavkat Malikov¹¹ *Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences of Republic Uzbekistan*² *Institute of Nuclear Physics*³ *Design Office with Experimental Plant at the Institute of Nuclear Physics***Corresponding Authors:** skb@inp.uz, yuldashevmb@inp.uz, erdanov@inp.uz, aut@inp.uz, malikov@inp.uz, ashrapov@inp.uz

In the JV Uz-Kor Gas Chemical LLC (Kungrad, Karakalpakstan) uses Berthold Co.Ltd (Germany) radioisotope level gauges for to measure the level of liquid gas condensate in process tanks, which are installed on tanks in 12 positions on the accumulation and processing of gas condensate. By technological regulations, in the regular (normal) mode of operation of the radioisotope level gauge, when the process tank is completely filled with liquid gas condensate, the radioisotope level gauge should show “full filling” on the displays of the electronics unit. However, when a closed container is completely filled with liquid gas condensate, the radioisotope level gauge was showed “empty”, i.e. the radioisotope level gauge does not was worked, it was impossible to calibrate of radioisotope level gauge and observed increase in the gamma background.

The purpose of the study is radiation monitoring of natural radionuclides at various facilities and technological equipment of a gas production enterprise, conducting gamma spectrometric analysis of natural radionuclides in formation waters, gas condensate, intermediate technological products, finished products, as well as developing a method for accurate calibration of radioisotope level meters and achieving proper operation radioisotope devices in normal online mode.

The results of the monitoring by using dosimetric devices Radiogem 2000, Target Identifinder R400, radiometers SRP-68-01 and SRP-88 N with a detection units showed that in wells, in liquid gas condensate, formation waters and process equipment, there is an excess of the permissible control level of gamma radiation exposure dose rate by 40 times, which is associated with the accumulation of natural radionuclides in process tanks and gas condensate processing equipment. The results of gamma spectrometric analysis using a DSA-1000 multichannel analyzer with a Ge detector and Genie-2000 software and a Radek MKGB-01 gamma-beta spectrometer showed that in contaminated soils draining formation waters the parent radionuclides ²²⁶Ra has a specific activity of 22000 Bq/kg, and ²³²Th has a specific activity of 7420 Bq/kg. The results of gamma spectrometric analysis of various samples of liquid gas condensate, formation waters and technological products of gas condensate processing showed that the content of short-lived natural radionuclides of ²²⁸Ac, ²²⁴Ra, ²¹²Pb, ²¹²Bi and ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi have total activity of more than 100 Bq/kg. Studies have shown that after the technological process of filtration and separation of liquid gas condensate from formation waters, natural radionuclides in the composition of gas condensate are repeatedly reduced. However, small concentrations of short-lived natural radionuclides contained in liquid gas condensate gradually accumulate in the process tank along with the gas condensate and therefore they negatively affect the operation of radioisotope level meters in the process of measuring the level of liquid gas condensate and technological products in closed tanks. It was also established that after 15 days in the gas condensate, the short-lived radionuclides ²¹⁴Pb (T_{1/2}=26.8 min), ²¹⁴Bi (T_{1/2}=20 min), ²²⁸Ac (T_{1/2}=6.1 hours), ²²⁴Ra (T_{1/2}=3,6 days), ²¹²Pb (T_{1/2}=10.6 hours), ²¹²Bi (T_{1/2}=61 min) completely disintegrate and the powdery bulk intermediate product contains traces of these radionuclides, therefore after this period the gas condensate can be processed according to the production process to obtain the final finished products (granules of polypropylene and polyethylene), which does not contain natural radionuclides.

To solve the problem of calibrating a radioisotope level gauge an increase of activity of the Cs-137 ionizing radiation source by 1.5 times when replacing a source with an activity of 70 mCi with a

more powerful source with an activity of >100 mCi did not give any positive result and the calibration of the radioisotope densitometer was not achieved. To solve these problems 2 methods have been proposed: Method No. 1: On the surface of the wall of the technological tank in front of the detector, a protective screen was installed from a lead plate ≈ 17 mm thick, 1500 mm long and 100 mm wide, which serves fully to absorb additional gamma radiation from natural radionuclides; Method No. 2: For normal operation of the radioisotope level gauge, a signal current correction unit was developed, the function of which is to eliminate (suppress) gamma radiation from natural radionuclides. The operating principle circuit of the signal current correction unit was borrowed from circuit the compensation ionization chamber (compensation neutron chamber), which is used for measuring the neutron flux of the WWR-SM nuclear reactor in presence gamma radiation in the reactor core.

Based on the research carried out, in the JV Uz-Kor Gazokhimik LLC took urgent measures to minimize the environmental risks of gamma irradiation of personnel and ensured sanitary standards of radioecological safety. In particular, in areas with high levels of gamma radiation, radiation hazard signs were installed and restrictions were introduced on the access of enterprise personnel to radiation-hazardous containers and equipment. Currently, gamma spectrometric measurements of the studied samples of gas condensate, formation waters and finished technological products are carried out quarterly in the JV Uz-Kor Gazokhimik LLC.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

184

STUDY OF THE ABSORPTION AND SHIELDING EFFICIENCY OF TWO-LAYER POLYMER COMPOSITES FROM NON-IONIZING AND IONIZING RADIATION

Author: Rafael Shakirzyanov¹

Co-authors: Artem Kozlovskiy²; Dmitriy Shlimas³; Kanat Makhanov¹; Maxim Zdorovets⁴

¹ *L.N. Gumilyov Eurasian National University*

² *The Institute of Nuclear Physics, Astana, Kazakhstan*

³ *Institute of Nuclear Physics*

⁴ *The Institute of nuclear physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Authors: shlimas@mail.ru, shakirzyanov_ri@enu.kz, mzdorovets@gmail.com

Due the widespread use of electromagnetic radiation in human activities, research on technologies for reducing electromagnetic noise in closed spaces is relevant. Also, the development of techniques using gamma radiation, for example in medicine, energy and high-energy physics, creates situations where it is necessary to reduce the intensity of ionizing radiation. Research into radiation shielding and absorption technology is currently focused on the creation of new composite materials using polymer matrices. This choice is due to the high technological efficiency of polymers, outstanding chemical properties, low production costs and low physical density. This paper studies the radar absorbing and radar shielding properties in the microwave range of particulate composites with a matrix of polystyrene and ferrimagnetic fillers of the MeFe₂O₄ type, where Me is Mn, Zn, Ni. The main dependences of the electromagnetic characteristics of such composites on the concentration of the filler and its electrical and magnetic characteristics are shown. In addition, study of the electromagnetic characteristics in the microwave range of particulate polymer composites filled with PbO, Bi₂O₃, WO₃, TeO₂ and their combined oxides was done. For the configuration of the absorber on a metal sheet, the reflection coefficient on a metal plate of two-layer absorbers was simulated. The first layer was a composite with an additive of metal oxides with a high atomic number, and the second layer was a composite with ferrimagnetic inclusions. Using mathematical calculations, the specific attenuation coefficient of gamma radiation was also estimated for both layers. Finally, the influence of oxide filler concentration on the elastic modulus and flexural strength was studied through mechanical compression and bending tests.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

136

STUDY OF THE INTERACTION OF α -PARTICLES WITH THE ^9Be NUCLEUS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE COUPLED CHANNEL METHOD AT AN ENERGY OF 45 MEV

Author: Maulen Nassurlla¹

¹ INP KZ

Corresponding Author: nepad@mail.ru

Maulen Nassurlla^{1,2}, N. Burtebayev^{1,2}, L.I. Galanina³, S.B. Sakuta⁴, S.K. Sakhiyev¹, Marzhan Nassurlla¹, D.A. Issayev^{1,2}, Duysebayev B.A.¹, Khojayev, R.A.¹, A.Sabidolda¹, K.A. Talpakova¹

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

² Department of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan

³ НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына, МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва 119991, Россия

⁴ NRC "Kurchatov Institute", Moscow 123182, Russia

The ^9Be nucleus is one of the most famous exotic nuclei. Its properties - spectroscopy, electron scattering form factors, matrix elements of electromagnetic transitions and beta decays - have been well studied experimentally [1]. This makes it possible to test various models of the nucleus and neutron periphery on it in theoretical calculations. New experimental angular distributions of elastic scattering α -particles were measured on the extracted beams of the U-150M isochronous cyclotron of the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan at an energy $E_{\alpha} = 45$ MeV. The metal foils made of beryllium were used as a target, the thickness of which was determined by weighing, as well as by the energy loss of α -particles of the radioactive source ^{241}Am - ^{243}Am - ^{244}Cm and ^{239}Pu with an accuracy of 7%. Registration and identification of scattered α -particles was carried out using the standard ΔE -E technique, implemented on the basis of a PC/AT personal computer. After processing the energy spectra, differential cross sections for the scattering of α -particles in center-of-mass systems at an energy of 45 MeV were obtained for the following levels of the ^9Be nucleus: the ground state ($3/2^-$), as well as for the excited states 2.43 MeV ($5/2^-$) and 6.38 MeV ($7/2^-$) in the angle range up to 166° (for elastic scattering).

An analysis of elastic and inelastic scattering of α -particles was carried out within the framework of the optical model and the coupled channel method using the FRESKO program [2]. Good agreement between the calculated data and the experimental differential cross sections has been achieved.

Funding: This work was supported by the program #BR23891530 (Development of integrated scientific research in nuclear and radiation physics on the basis of Kazakhstan's accelerator complexes) of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan.

References:

1. F. Ajenberg-Selove, Nuclear Physics A 490, 1-225 (1988)
2. I.J. Thompson FRESKO, Department of Physics, University of Surrey, July 2006, Guildford GU27XH, England, version FRESKO 2.0, <http://www.fresco.org.uk/>

Section:

Nuclear physics (Section 1)

108

STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN ^{nat}Mg NUCLEI AT ENERGIES UP TO 20 MeV**Author:** E.T. Ruziev¹**Co-authors:** A.A. Solnyshkin²; A.T. Tulkinov³; B.S. Yuldashev¹; D.L. Demin²; D.V. Ponomarev²; E.A. Yakushev²; F.A. Rasulova¹; J.H. Khushvaktov²; M.A. Demichev²; M.I. Gostkin²; S.A. Evseev²; S.V. Rozov²; T.N. Tran⁴; V.V. Kobets²¹ *Institute of Nuclear Physics, 100214, Tashkent, Uzbekistan*² *Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, Russia*³ *National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, 100174, Tashkent, Uzbekistan*⁴ *Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam***Corresponding Author:** ruziev@inp.uz

Systematic studies of photonuclear reactions (primarily photoneutron ones) started in the middle of the twentieth century. The interaction between the photon and the nucleus has only an electromagnetic effect and can be well explained through photonuclear reactions. These reactions have clear advantages over other nuclear reactions in description and interpretation. At the same time, experimental studies of photon–nucleus interactions have many specific difficulties, and the most important one is that intense monoenergetic photons can hardly be found in nature.

In our work, we studied the element magnesium. Natural magnesium consists of three stable isotopes ^{24}Mg (isotopic abundance is 78.96 %), ^{25}Mg (isotopic abundance is 10.01 %) and ^{26}Mg (isotopic abundance is 11.03 %). Magnesium nuclei have $Z = 12$ protons. The number of neutrons in them is $N = 12, 13$ and 14 , respectively. The ground states of magnesium isotopes are ^{24}Mg ($J = 0^+$), ^{25}Mg ($J = 5/2^+$) and ^{26}Mg ($J = 0^+$).

The experiments were carried out at the LINAC-200 Linear Electron Accelerator [1]. A tungsten converter $4.5 \times 4.5 \times 0.5$ cm was used to generate bremsstrahlung gamma rays. In this work, we used the accelerated electrons with an energy of 20 MeV. The sample are of natural magnesium with sizes of $1.0 \times 1.0 \times 0.18$ cm. For irradiation, it was placed behind the tungsten converter.

The irradiated magnesium sample were transferred to the measurement room, and their gamma spectra were measured using the HPGe detector (CANBERRA, GR1819). The gamma spectra obtained were processed using the DEIMOS32 program [2], which fits the count area of the full-energy peaks with a Gaussian function.

Currently, the Geant4 program [3] is the most widely used Monte Carlo radiative transport code for the study of photonuclear reactions. We compare the experimental results obtained in this study with the Geant4 prediction based on the Monte Carlo simulation (MC) for the flow of photons, electrons and neutrons in the samples. For photonuclear interactions in Geant4, the G4PhotoNuclearProcess Class [4] was used. Cross sections $\sigma(E)$ of the photonuclear reactions studied were calculated with the TALYS-1.96 program [5].

From the analysis of the measured gamma spectra, we identified the photoproton reaction with the release of one proton from nuclei, inelastic scattering of photons in nuclei. The experimental yield $1.04(12)\text{E-}29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$ of photoproton reaction $^{25}\text{Mg}(\gamma, p)^{24}\text{Na}$ in the ^{25}Mg nuclei per one 20-MeV electron incident onto a tungsten converter and corresponding results of MC calculations $0.76\text{E-}29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$. The reaction yields during the experiment were compared with the Monte Carlo simulations, which resulted in the ratio of the calculated and experimental data in the range of 0.73.

For representing the experimental photonuclear reaction data, the experimental cross section per equivalent photon q and the flux weighted average cross sections $\langle \sigma \rangle$ were calculated. In addition, a quasi-monochromatization method [6] was used to determine the cross section of the reaction.

The cross sections from the TALYS software 6.15 mb for $^{25}\text{Mg}(\gamma, p)^{24}\text{Na}$ reaction and those determined from the experimental data by the quasi-monochromatization method 7.79 ± 1.24 mb, for photoproton reaction.

References:

1. M.A. Nozdrin et al., Phys. Part. Nucl. Lett. 17, 600-603 (2020).
2. J. Frána., J. Radioanal. Nucl. Chem. 257, 583–587 (2003).
3. J. Allison et al., Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A 835, 186–225 (2016).
4. Geant4 Collaboration, “Geant4: A simulation toolkit”. Physics Reference Manual, Release 11.1 (2022). <https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/fo/PhysicsReferenceManual.pdf>
5. A.J. Koning et al., Nuclear Data Sheets 155, 1–55 (2019).
6. S.V. Zuyev et al., Phys. Atom. Nuclei 81, 442–446 (2018).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

115

STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN $^{\text{nat}}\text{Fe}$ NUCLEI AT ENERGIES OF UP TO 20 MeV

Author: E.T. Ruziev¹

Co-authors: A.A. Solnyshkin²; A.T. Tulkinov³; B.S. Yuldashev¹; D.L. Demin²; D.V. Ponomarev²; E.A. Yakushev²; F.A. Rasulova¹; J.H. Khushvaktov²; M.A. Demichev²; M.I. Gostkin²; S.A. Evseev²; S.V. Rozov²; T.N. Tran⁴; V.V. Kobets²

¹ *Institute of Nuclear Physics, 100214, Tashkent, Uzbekistan*

² *Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, Russia*

³ *National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, 100174, Tashkent, Uzbekistan*

⁴ *Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam*

Corresponding Author: ruziev@inp.uz

Following the first observation of photodisintegrations of deuterium and beryllium with γ -rays emitted by naturally occurring radioactive elements far back in 1934 [1], experimental and theoretical investigations of photonuclear reactions have been progressing steadily thanks to many artificial sources of high-energy photons developed around the globe.

The experiments were carried out at the LINAC-200 Linear Electron Accelerator [2]. A tungsten converter $4.5 \times 4.5 \times 0.5$ cm was used to generate bremsstrahlung gamma rays. In this work, we used the accelerated electrons with an energy of 20 MeV. The sample are of natural iron with sizes of $1.3 \times 0.4 \times 0.05$ cm. For irradiation, it was placed behind the tungsten converter.

Irradiation time for sample was 40 min, pulse current was 20 mA and pulse frequency and duration were 10 Hz and 2 μ s, respectively. The irradiated iron sample were transferred to the measurement room, and their gamma spectra were measured using the HPGe detector. The gamma spectra obtained were processed using the DEIMOS32 program [3].

We compare the experimental results obtained in this study with the Geant4 [4] prediction based on the Monte Carlo simulation (MC) for the flow of photons, electrons and neutrons in the samples. For photonuclear interactions in Geant4, the G4PhotoNuclearProcess Class [5] was used. Cross sections $\sigma(E)$ of the photonuclear reactions studied were calculated with the TALYS-1.96 program [6].

From the analysis of the measured gamma spectra, we identified the photoneutron and photoproton reactions with the release of one neutron and proton from nuclei, inelastic scattering of photons in nuclei. The experimental yields $0.51(06)E-28 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $3.66(38)E-29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$ of photoneutron ($^{54}\text{Fe}(\gamma, n)^{53}\text{Fe}$) and photoproton ($^{57}\text{Fe}(\gamma, p)^{56}\text{Mn}$) reactions in the ^{54}Fe , ^{57}Fe nuclei per one 20-MeV electron incident onto a tungsten converter and corresponding results of MC calculations $1.57E-28 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $3.63E-29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, respectively.

Normalization of the yield to the number of photons in the bremsstrahlung spectrum from the threshold of a particular reaction provides a more detailed consideration of the cross section behavior against the bremsstrahlung gamma energy. Because the flux weighted average cross sections $\langle \sigma \rangle$ is insensitive to the low-energy part of the bremsstrahlung spectrum. For representing the experimental photonuclear reaction data, the experimental cross section per equivalent photon q and the flux weighted average cross sections $\langle \sigma \rangle$ were calculated. A quasi-monochromatization method [7] was used to determine the reaction cross section. In this method, the quasi-monochromatic photon spectrum for a particular energy can be obtained from the comparison of several calculated bremsstrahlung spectra with the end points near the energy. The cross sections from the TALYS software 29.11 mb ($^{54}\text{Fe}(\gamma, n)^{53}\text{Fe}$), 8.72 mb ($^{57}\text{Fe}(\gamma, p)^{56}\text{Mn}$) and those determined from the experimental data by the quasi-monochromatization method $9.57 \pm 4.77 \text{ mb}$, $8.19 \pm 1.23 \text{ mb}$, for photoneutron and photoproton reactions, respectively.

References

1. J. Chadwick, M. Goldhaber, Nature, 134, 237–238 (1934).
2. M.A. Nozdrin et al., Phys. Part. Nuclei Lett. 17, 600-603 (2020).
3. J. Frána., J. Radioanal. Nucl. Chem. 257, 583–587 (2003).
4. J. Allison et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 835, 186–225 (2016).
5. Geant4 Collaboration, “Geant4: A simulation toolkit”. Physics Reference Manual, Release 11.1 (2022). <https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/fo/PhysicsReferenceManual.pdf>
6. A.J. Koning et al., Nuclear Data Sheets 155, 1–55 (2019).
7. S.V. Zuyev et al., Phys. Atom. Nuclei 81, 442–446 (2018).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

116

STUDY OF THE RATES AND CROSS SECTIONS OF PHOTONUCLEAR REACTIONS IN ^{nat}Ni NUCLEI AT ENERGIES OF UP TO 20 MeV

Author: E.T. Ruziev¹

Co-authors: A.A. Solnyshkin²; A.T. Tulkinov³; B.S. Yuldashev¹; D.L. Demin²; D.V. Ponomarev²; E.A. Yakushev²; F.A. Rasulova¹; J.H. Khushvaktov²; M.A. Demichev²; M.I. Gostkin²; S.A. Evseev²; S.V. Rozov²; T.N. Tran⁴; V.V. Kobets²

¹ Institute of Nuclear Physics, 100214, Tashkent, Uzbekistan

² Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, Russia

³ National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, 100174, Tashkent, Uzbekistan

⁴ Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

Corresponding Author: ruziev@inp.uz

To study photonuclear reactions, bremsstrahlung rays produced by electron accelerators are probably used the most. Intensity of such bremsstrahlung radiation is high enough to have a good statistical accuracy, but the energy spectrum is continuous, and, thus, the interpretation of results (i.e. obtaining the cross section for a particular photon energy) is model-dependent.

In our work, we conducted research to improve our knowledge of photonuclear reactions in stable isotopes of the element magnesium. The experiments were carried out at the LINAC-200 Linear Electron Accelerator [1]. A tungsten converter 4.5 x 4.5 x 0.5 cm was used to generate bremsstrahlung gamma rays. In this work, we used the accelerated electrons with an energy of 20 MeV. The sample are of natural nickel with sizes of 1.0 x 1.0 x 0.03 cm. For irradiation, it was placed behind the tungsten converter.

The irradiated nickel sample were transferred to the measurement room, and their gamma spectra were measured using the HPGe detector (CANBERRA). The gamma spectra obtained were processed using the DEIMOS32 program [2], which fits the count area of the full-energy peaks with a Gaussian function. The areas of the peaks identified were determined by taking into account the background from the Compton scattering.

Currently, the Geant4 program [3] is the most widely used Monte Carlo radiative transport code for the study of photonuclear reactions. We compare the experimental results obtained in this study with the Geant4 prediction based on the Monte Carlo simulation (MC) for the flow of photons, electrons and neutrons in the samples. For photonuclear interactions in Geant4, the G4PhotoNuclearProcess Class [4] was used. Cross sections $\sigma(E)$ of the photonuclear reactions studied were calculated with the TALYS-1.96 program [5].

The experimental yields $5.65(59)E-29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $1.92(21)E-28 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $7.60(79)E-30 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$ of photoneutron ($^{58}\text{Ni}(\gamma, n)^{57}\text{Ni}$) and photoproton ($^{58}\text{Ni}(\gamma, p)^{57}\text{Co}$, $^{62}\text{Ni}(\gamma, p)^{61}\text{Co}$) reactions, in the ^{58}Ni , ^{62}Ni nuclei per one 20-MeV electron incident onto a tungsten converter and corresponding results of MC calculations $9.63E-29 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $2.01E-28 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, $7.55E-30 \text{ atom}^{-1} \cdot \text{electron}^{-1}$, respectively.

The absolute yields of photonuclear reactions with bremsstrahlung beams in experiments with different geometries differ from each other due to the difference in fluxes of bremsstrahlung photons. In order to compare results of different experiments, it is necessary to assume that the shapes of the bremsstrahlung spectra in the compared experiments do not differ. The difference is observed only in the total number of photons. Thus, the experimental cross section per equivalent photon q and the flux weighted average cross sections $\langle \sigma \rangle$ were calculated. A quasi-monochromatization method [6] was used to determine the reaction cross section. In this method, the quasi-monochromatic photon spectrum for a particular energy can be obtained from the comparison of several calculated bremsstrahlung spectra with the end points near the energy. The cross sections from the TALYS software 20.23 mb ($^{58}\text{Ni}(\gamma, n)^{57}\text{Ni}$), 44.15 mb ($^{58}\text{Ni}(\gamma, p)^{57}\text{Co}$), 3.52 mb ($^{62}\text{Ni}(\gamma, p)^{61}\text{Co}$) and those determined from the experimental data by the quasi-monochromatization method 10.81 ± 2.52 mb, 31.89 ± 5.79 mb, 3.25 ± 0.49 mb for photoneutron and photoproton reactions, respectively.

References

1. M.A. Nozdrin et al., Phys. Part. Nuclei Lett. 17, 600-603 (2020).
2. J. Frána, J. Radioanal. Nucl. Chem. 257, 583-587 (2003).
3. J. Allison et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 835, 186-225 (2016).
4. Geant4 Collaboration, “Geant4: A simulation toolkit”. Physics Reference Manual, Release 11.1 (2022). <https://geant4-userdoc.web.cern.ch/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/fo/PhysicsReferenceManual.pdf>
5. A.J. Koning et al., Nuclear Data Sheets 155, 1-55 (2019).
6. S.V. Zuyev et al., Phys. Atom. Nuclei 81, 442-446 (2018).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

235

STUDY OF THE SPATIAL ENERGY DISTRIBUTION OF A SUBMICROSECOND ELECTRON BEAM WITH A WIDE KINETIC ENERGY SPECTRUM EXTRACTED INTO THE ATMOSPHERE

Author: Maksim Serebrennikov¹

Co-author: Ivan Egorov¹

¹ Tomsk Polytechnic University

Corresponding Author: mas48@tpu.ru

The paper presents a study of the pulsed electron beam with a wide kinetic energy spectrum propagation in the volume of a reaction chamber filled with air at normal atmospheric pressure. The experiments were carried out on the Astra-M submicrosecond pulsed electron accelerator (up to 450 kV accelerating voltage, up to 0.5 kA beam current, 150 ns beam pulse duration at FWHM) [1]. Diagnostics of the generated beam parameters during its transportation in the reaction chamber was carried out using standard diagnostic equipment (Rogowski coil, dosimetric films, calorimeter, Faraday cup) and an originally developed device [2,3]. The results of the work will provide identification of key factors influencing the propagation of a pulsed electron beam with a wide kinetic energy spectrum in the air environment, which can be used, for example, in the development of air preparation systems. The work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 24-29-00695).

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

192

STUDY OF TOTAL CROSS SECTIONS FOR THE REACTIONS $^{10,11,12}\text{Be} + ^{28}\text{Si}$

Authors: Mikhail Naumenko^{None}; Viacheslav Samarin¹; Yuri Sobolev²; Sergei Stukalov³; Yuri Penionzhkevich³

¹ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

² Joint Institute for Nuclear Research

³ Joint Institute for Nuclear Research

Corresponding Authors: sobolev@jinr.ru, stukalov@jinr.ru, pyuer@mail.ru, v-samarin@yandex.ru, anaumenko@jinr.ru

The study of the total cross sections for the reactions involving neutron-rich weakly bound nuclei at low and intermediate energies makes it possible to obtain information on their structure (halo, skin, effective matter radii) and its manifestation in nuclear reactions [1, 2].

In this work, we measured the total reaction cross sections for the $^{10,11,12}\text{Be}$ nuclei on the ^{28}Si target by the 4π method based on the registration of the prompt γ quanta and neutrons accompanying the interaction using the multidetector spectrometer. The procedure of processing of the obtained experimental data was based on taking into account the probability distribution of the number of triggered spectrometer detectors [3]. The obtained results are shown in Fig. 1 in comparison with the data from other studies and empirical Kox parametrization [4].

Based on the measured values of the total reaction cross sections and the phenomenological optical model, the effective matter radii of the $^{10,11,12}\text{Be}$ nuclei were determined. A new approach based on the combination of the optical model with the modified optical potential and classical trajectories

was applied to the calculations of the effective matter radii of the colliding nuclei (details are given in [3]).

The total reaction cross sections for the ^{11}Be nuclei are significantly larger than those for ^{10}Be . Along with the low value of the neutron separation energy (0.5 MeV) for ^{11}Be , it is an indication of its halo structure. The total reaction cross sections for the ^{12}Be nuclei are larger than those for ^{10}Be . Along with the pairing of two outer neutrons and the larger value of the neutron separation energy (3.2 MeV) for ^{12}Be , it is an indication of its more compact outer shell (compared to a halo) which can be called a skin.

Fig. 1. Experimental total cross sections for the reactions (a) $^{10}\text{Be}+^{28}\text{Si}$: filled circles (this work [3]), empty squares, and pentagons; $^{11}\text{Be}+^{28}\text{Si}$: filled circles (this work [3]), empty circles, and hexagon; $^{11}\text{Be}+^{27}\text{Al}$: star; (b) $^{12}\text{Be}+^{28}\text{Si}$: filled triangles (this work [3]), empty triangle up, and empty triangles down; $^{14}\text{B}+^{28}\text{Si}$: filled pentagon (this work [3]) and empty pentagons; $^{14}\text{B}+^{27}\text{Al}$: crossed pentagons. Curves of the corresponding color are the result of the empirical Kox parametrization [4]. References to these works are given in [3].

The work was supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 24-22-00117.

References

1. Yu. E. Penionzhkevich, Phys. At. Nucl. 74, 1615 (2011).
2. Yu. E. Penionzhkevich and R. G. Kalpakchieva, Light Exotic Nuclei Near the Boundary of Neutron Stability (World Scientific, Singapore, 2021).
3. Yu. G. Sobolev, V. V. Samarin, Yu. E. Penionzhkevich, S. S. Stukalov, and M. A. Naumenko, Phys. Rev. C 110, 014609 (2024).
4. S. Kox, A. Gamp, R. Cherkaoui, A. J. Cole, L. Longequeue, J. Menet, C. Perrin, and J. B. Viano, Nucl. Phys. A 420, 162 (1984).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

143

STUDYING THE INTERACTION OF DEUTERONS WITH ^{13}C NUCLEI AT AN ENERGY OF 18 MEV

Authors: Maulen Nassurlla¹; Nassurlla Burtebayev¹; Damir Issayev²; Alla Demyanova³; Andrey Danilov³; Viktor Starastin³; Avganbek Sabidolda^{None}

¹ Institute of Nuclear Physics, ME of Republic of Kazakhstan

² Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

³ National Research Center “Kurchatov Institute”

Corresponding Authors: damir.isaev.15@gmail.com, asabidolda@mail.ru

The states of the p-shell nucleons of the ^{13}C nucleus of negative parity and the sd-shell nucleons of positive parity, taking into account their connection with the ground and first excited states of the ^{12}C nucleus, are correctly described within the framework of the shell model. Some alpha cluster levels appear at higher excitation energies in the region of the corresponding thresholds. Available detailed information on ^{13}C energy levels up to 10 MeV is presented in [1].

Hoyle states studied in detail on “ $N\alpha$ ” nuclei, for example, the second excited state ^{12}C (0_2^-) at $E^* = 7.65$ MeV [2], can also exist on neighboring nuclei [3]. In the case of the ^{13}C nucleus, the valence neutron can be associated with the ^{12}C

core, which is the Hoyle state. Such states have spin ratios of $1/2^-$ and $1/2^+$, lie near the $^{12}\text{C}(0^+_{2^-}) + n$ (12.60 MeV) threshold and can exhibit features characteristic of this cluster configuration.

To carry out such studies, the differential cross sections of nuclear reactions $^{13}\text{C}(d,d)^{13}\text{C}$, $^{13}\text{C}(d,t)^{12}\text{C}$ and $^{13}\text{C}(d,p)^{14}\text{C}$ were measured at the U-150M isochronous cyclotron of the Institute of Nuclear Physics (Almaty) at an energy of 18 MeV.

After processing the measured energy spectra of the above reactions, differential scattering cross sections were obtained for the following levels of the ^{13}C nucleus: $J^\pi = 1/2^-$, 0.0 MeV; $J^\pi = 1/2^+$, 3.09 MeV; $J^\pi = 3/2^-$, 3.68 MeV and $J^\pi = 3/2^+$, 6.86 MeV. The differential cross sections $^{13}\text{C}(d,t)^{12}\text{C}$ were obtained for the following levels of the ^{12}C nucleus: $J^\pi = 0^+$, 0.0 MeV; $J^\pi = 2^+$, 4.44 MeV and $J^\pi = 0^+$, 7.6 MeV. The differential cross sections $^{13}\text{C}(d,p)^{14}\text{C}$ were obtained for the following levels of the ^{14}C nucleus: $J^\pi = 0^+$, 0.0 MeV; $J^\pi = 1^-$, 6.09 MeV; $J^\pi = 3^-$, 6.72 MeV and $J^\pi = 2^-$, 7.34 MeV.

The analysis of data on elastic scattering of deuterons on ^{13}C nuclei at an energy of 18 MeV was carried out within the framework of the optical model of the nucleus. Three sets of optical potentials have been established (shallow, medium and deep), which describe the experimental data equally well.

In the future, using these sets of optical potentials, a comprehensive analysis of the differential cross sections for the nuclear reactions $^{13}\text{C}(d,d)^{13}\text{C}$, $^{13}\text{C}(d,t)^{12}\text{C}$ and $^{13}\text{C}(d,p)^{14}\text{C}$ will be performed within the framework of the coupled channel method.

Acknowledgments. This work is funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant# BR24992891 “Integrated research in nuclear, radiation physics and engineering, high energy physics and cosmology for the development of competitive technologies”).

References:

1. W. von Oertzen, M. Freer and Y. Kanada-En'yo, Phys. Rep. –2006. –Vol.432. –P.43.
2. A. Tohsaki, H. Horiuchi, P. Schuck and G. Ropke, Phys. Rev. Lett. –2001. –Vol.87. –P.192501.
3. T. Kawabata, Y. Sasamoto, M. Fujiwara, et al, J. Phys.: Conf. –2008. –Vol.111. –P.012013.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

26

SURFACE-MODIFIED CARBON NANOTUBES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Author: Renat Khaydarov¹

¹ Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan

Corresponding Author: renat2@gmail.com

Cancer chemotherapeutics (such as Paclitaxel) fail to treat Non-small cell lung cancer (NSCLC), due to limitations such as multidrug resistance, dose limiting toxicities, tumor relapse, off-target side effects and their inability to silence the overexpressed oncogenes. In NSCLC, overexpressed anti-apoptotic survivin gene is responsible for promoting NSCLC survival. CD133, a transmembrane glycoprotein, is reported to be overexpressed in NSCLC, it is therefore, can be exploited for site specific drug cargo delivery by using CD133 monoclonal antibody (mAbs) Further, CD133 blockade with mAbs can also help in decreasing NSCLC chemoresistance, carcinogenesis, survival, metastasis

and tumor growth.

In 2021-2023, the Uzbek-Indian joint project No. UZB-Ind-2021-77 “CD133 mAbs surface modified carbon nanotubes loaded with Survivin siRNA and Paclitaxel for the treatment of non-small cell lung cancer” [1-3] was executed in the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

In the present paper, an effort has been made, therefore, to develop CD133 mAb surface modified carbon nanotubes loaded with survivin siRNA and Paclitaxel (PTX) (CD133-SWCNT-Survivin-PTX) to achieve site specifically deliver of multiple drug cargoes to effectively treat NSCLC (see Fig 1). The developed formulation is expected to provide the following advantages over the existing treatment:

- Able to carry multiple drug cargoes consisting of antiapoptotic Bcl-2 gene siRNA, and chemotherapeutic agent.
- Can achieve site specific delivery of multiple drug cargoes to NSCLC through CD133 mAb directed against CD133 receptors present on NSCLCs
- Can reduce dose limiting and off-target side effects of Paclitaxel

Section:

Energy and materials science (Section 2)

290

SWIFT-HEAVY IONS RADIATION DAMAGE STUDY OF SOME DIELECTRIC AND OPTICAL MATERIALS

Author: Marina Konuhova¹

¹ *Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Corresponding Author: marina.konuhova@cfi.lu.lv

Radiation effects in functional dielectric and optical materials for EUROfusion applications (MgF₂, LaAlO₃, LiAlO₂ etc) as well as in some relevant scintillators for high-energy physics (Gd₃Ga₅O₁₂, BaF₂) irradiated by swift heavy ions with fluencies ranging from $6 \cdot 10^{10}$ to $2 \cdot 10^{12}$ ions/cm² have been studied. A stable strong induced absorption observed in the visible spectral range correlates with the irradiation fluence. It is shown that several structural point defects are responsible for this induced optical absorption. It will be demonstrated that the swift heavy ions irradiation strongly modifies the luminescence properties of considered materials, namely, their excitation spectra, which have been measured over a wide spectral range including vacuum ultraviolet diapason. The reasons leading to the alteration in the luminescence properties of irradiated single crystals are elucidated and discussed.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

205

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MINERAL MODIFIED POLY-N-VINYLPYRROLIDON-AGAROSE COMPOSITES FOR MEDICAL APPLICATION

Author: Galymzhan Mamytbekov¹

Co-author: Igor Danko²

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Republican State Enterprise on the right of economic management «Institute of Nuclear Physics» of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Authors: dankoigorvit@gmail.com, mamytbekov@mail.ru

A systematic investigation was conducted to synthesize hybrid composite materials using synthetic poly-N-vinylpyrrolidone and natural (agar-agar) macromolecules with plasticizers (PEG-400) and mineral fillers such as shungite, bentonite and montmorillonite by electron irradiation.

The mechanism of formation of intercalated structures of mineral particles in the volume of a polymer matrix synthesized by electron irradiation of solutions of agarose and PVP polymer blends in the presence of PEG-400 as a plasticizer was proposed (Fig.1). The content of mineral filler was chosen to be equal to 0.5% by weight to obtain a uniform distribution of the shungite suspension in the volume of the polymer mixture solution while maintaining its aggregative stability.

Figure 1. Schematic diagram of the formation of hybrid composites P[PVP-AA-PEG];{Sh}

The XRD and SEM data showed that the structure of the resulting hybrid composites is an interpenetrating network with distributed particles of mineral components. It has been established that the mechanical properties of hybrid composites are determined mainly by the structural organization of the interpenetrating polymer network formed under electron irradiation of the initial synthetic and natural polymer mixture in the presence of plasticizers, as well as by the conditions for intercalation of polymer segments into the mineral matrix and vice versa. It has been revealed that the degree of swelling of hybrid composites strongly depends on the concentration of a low-molecular plasticizer in the polymeric interpenetrating network, which easily impregnates into the matrix of shungite (Fig.2).

a
b

Figure 2. Images of the development of crazing in [PVP-AA-PEG];{Sh-125} at stretching (a) and pushing of the ball (b) through a layer of the composite

Successfully obtaining destructive radiation cross-linking of [PVP-AA-PEG] hydrogels with shungite can be applied in regenerative medicine as wound healing dressings (Fig. 3).

Figure 3. Some aspects of the use of polymer hydrogel compositions in medicine and cosmetology

The resulting hydrogel dressings create a moist environment at the wound site that is optimal for the normal course of regeneration processes of damaged tissue. Such therapeutic tactics are currently used in reconstructive surgery of wounds, as a moist environment accelerates the process of proliferation of cellular structures, restores the water balance and improves the transport of nutrients in tissues affected by thermal factors.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

275

Searches for ecological gas mixtures for gaseous detectors of ionizing radiation

Author: Ekaterina Kuznetsova^{None}

Corresponding Author: ekaterina.kuznetsova@cern.ch

Gaseous detectors of ionizing radiation are widely used in different applications, and the largest area of their application is the High Energy Physics. Restive Plate Chambers, Cathode Strip Chambers and GEM detectors operate with gas mixtures which contain greenhouse gases, such as tetrafluoroethane (C₂H₂F₄), SF₆ and CF₄. Currently, a lot of development is ongoing to reduce exhaust of those gases –gas re-circulation and recuperation, reduction of their contents in the detector gas mixtures and searches for alternatives. The talk presents an overview of the modern gaseous detectors,

their usual gas compositions, and the developing ways to reduce exhaust of the non-ecological gas components.

Section:

8th CERN School “Introduction to high-energy physics, accelerator technology and nuclear medicine”

97

Spectrometric amplifier based on commercially available operational amplifiers for alpha spectroscopy

Author: Alisher Temirzhanov¹

Co-authors: Timur Zholdybayev¹; Bakhtiyar Sadykov²; Gulnaz Ussabayeva²; Bek Duisebayev²

¹ *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan and Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

² *Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

Corresponding Authors: gulnazim85@inbox.ru, zholdybayev@inp.kz, alik-25.01.97@mail.ru, sadykovbm@inp.kz

Radioactive contamination appearing after the explosion of atomic bombs, the decay of U238 into Ra226 in nature, radioactive contamination from accidents at nuclear power plants such as the one in Fukushima require the creation of accessible and fast methods of environmental monitoring of soil, water and air pollution [1,2,3].

Alpha spectroscopy allows you to identify the source of radioactive contamination by recording alpha particles emitted during the decay of an isotope. To detect alpha particles, semiconductor silicon detectors and scintillation crystals are used.

Since the signal caused by the passage of an alpha particle on the detector is small in amplitude and width, amplification of this signal with a charge-sensitive preamplifier is required. The signal from the preamplifier is long in width and can reach from 100 to 1000 microseconds, which causes signals to overlap each other. Therefore, the next element after the preamplifier is a spectrometric amplifier that converts the signal into a short half-Gaussian form of 2-5 microseconds.

In this work, a spectrometric amplifier was designed based on two commercially available operational amplifiers OPA354 and OPA8605.

The advantages of using operational amplifiers are their low noise, high slew rate and bandwidth, and compact size.

References

1. Chierici, Andrea, Ciolini, Riccardo, Malizia, Andrea & D’Errico, Francesco Resource Constrained Electronics and Signal Processing for UAV Radiation Sensors. EPJ Web Conf.. 288 pp. 10019 (2023), <https://doi.org/10.1051/epjconf/202328810019>
2. Feng, D., Yang, F., Wang, X., Zhou, X., Liu, Z. & Liao, H. Distribution of plutonium isotopes in soils between two nuclear test sites: Semipalatinsk and Lop Nor. Journal Of Environmental Radioactivity. 242 pp. 106792 (2022),
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X21002642> George, A. An overview of instrumentation for measuring environmental radon and radon progeny. IEEE Transactions On Nuclear Science. 37, 892-901 (1990)

Section:

Nuclear physics (Section 1)

170

Standard Model of Effective Field Theory (SMEFT)

Author: Eduard Boos¹

¹ *SINP MSU*

Corresponding Author: boos@theory.sinp.msu.ru

Despite intensive searches, experiments at the LHC have not yet revealed any statistically reliable manifestations of the effects predicted by theories beyond the Standard Model (SM). In such a situation, attention has recently been paid to the construction of an effective field theory in which deviations from the SM are parameterized by a certain set of gauge-invariant local operators with dimensions greater than four. The talk briefly discusses the main features and current status of this approach, called the Standard Model of Effective Field Theory (SMEFT).

Section:

8th CERN School “Introduction to high-energy physics, accelerator technology and nuclear medicine”

296

Straw detector technology - the current state

Authors: Temur Enik¹; Ekaterina Kuznetsova^{None}; Y Mukhamejanov²; Yerzhan Mukhamejanov³; Assel Mukhamejanova⁴; Demezhan Myktybekov³; V Bautin⁵

¹ *Joint Institute For Nuclear Research*

² *JINR, INP*

³ *Institute of Nuclear Physics*

⁴ *JINR*

⁵ *NRC «Kurchatov Institute» - PNPI*

Corresponding Authors: ekaterina.kuznetsova@cern.ch, assel.mukhamejanova@gmail.com, demezhan04@mail.ru, myktybekov@jinr.ru

Straw detector technology - the current state

Section:

294

Structural Analysis of ²⁹Ne through Nuclear Breakup Reaction at 240 MeV/u

Author: Surender Kaliraman¹

Co-authors: Jaideep Rohilla¹; Ravinder Kumar¹

¹ *Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology Murthal, Sonapat (Haryana) - 131039, INDIA*

Corresponding Authors: surender.schphy@dcrustm.org, ravinderkumar12@gmail.com, kumarsurender093@gmail.com

Structural Analysis of ^{29}Ne through Nuclear Breakup Reaction at 240 MeV/u

Surender.* , Jaideep, Ravinder Kumar,

1 Department of Physics, Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology Murthal, Sonipat -131039, Haryana-India

* surender.schphy@dcrustm.org

The ground state structure of ^{29}Ne [1,2,3] has been comprehensively examined by analyzing different observables of nuclear breakup, $^{12}\text{C}(^{29}\text{Ne}, ^{28}\text{Ne}+n)^{12}\text{C}$, reaction at 240 MeV/u beam energy by employing the Glauber approach using the Abu-Ibrahim [4]. Here, we have considered all possible core-neutron spin coupling configurations and their appropriate admixture to represent the ground state of ^{29}Ne . It is found that both the reaction (σ_{-R}) as well as the one-neutron removal cross section (σ_{-1n}) are well explained by considering $[0_1^+ \otimes 2p_{3/2}]$ [3,5] as the core-neutron spin coupling configuration with $J^\pi = \frac{3}{2}^-$ for ^{29}Ne . However, the spectrum of inclusive longitudinal momentum distribution (LMD) of ^{28}Ne core residues is better described by considering the admixture of p and f states with 0.8 and 0.2 as the spectroscopic factors corresponding to $J^\pi = \frac{3}{2}^-$.

References

- [1]. K. Riisager, A. S. Jensen, and P. Moller, Nucl. Phys. A, 1992, vol. 548, no. 3, pp. 393-413.
- [2]. M. Takechi et al., Phys. Lett. B, 2012, vol. 707, no. 3-4, pp. 357-361.
- [3]. N. Kobayashi et al., Phys. Rev. C, 2016, vol. 93, pp. 014613.
- [4]. B. Abu-Ibrahim et. al., Comp. Phys. Comm. 151, 369 (2003).
- [5]. <https://www-nds.iaea.org>.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

189

Study of 4n continuum in the 8He + 2H collisions at ACCULINNA-2 fragment separator

Author: Evgenii Nikolskii¹

¹ NRC “Kurchatov Institute” / FLNR, JINR

Corresponding Author: enikolskii@mail.ru

Recently in the experiment [M. Duer et al., Nature 606, 678 (2022)] a peak, reported as “resonance-like structure” in 4n system, was observed in the $1\text{H}(8\text{He}, p\alpha)4\text{n}$ reaction at $E(4\text{n}) = 2.37$ MeV with $\Gamma = 1.75$ MeV. Here we present the results of the experiment performed at ACCULINNA-2 fragment separator with a 26 AMeV secondary 8He beam to study low-energy continuum of 4n system in the reactions on deuterium target. These data were previously analyzed for the studies of 7H and 6H systems in the $2\text{H}(8\text{He}, 3\text{He})7\text{H}$ and $2\text{H}(8\text{He}, 4\text{He})6\text{H}$ reactions [I.A. Muzalevskii et al., Phys. Rev. C 103, 044313 (2021), E.Yu. Nikolskii et al., Phys. Rev. C 105, 064605 (2022)]. Evidence for a hump in the 4n continuum at 3.5 ± 0.7 and 3.2 ± 0.8 MeV was observed in the $2\text{H}(8\text{He}, 6\text{Li})4\text{n}$ and $2\text{H}(8\text{He}, 3\text{He})7\text{H} \rightarrow 3\text{H}+4\text{n}$ reactions, respectively. The obtained statistics is very low (6 and up to 40 events) corresponding to very low cross sections of few microbarns or tens of microbarns. The background conditions for the $2\text{H}(8\text{He}, 6\text{Li})4\text{n}$ reaction are shown to be good, favoring the physical nature of the observed events. The $2\text{H}(8\text{He}, 3\text{He})7\text{H} \rightarrow 3\text{H}+4\text{n}$ process transforms to the $2\text{H}(8\text{He}, 6\text{Li})4\text{n}$ reaction in the limit of the highest 7H decay energies. The population of the low-energy region in the 4n spectrum is found to be correlated with the population of the lowest 6Li states in the $3\text{He}+3\text{H}$ continuum. Theoretical calculations of 8He in a five-body $\alpha+4\text{n}$ and of 4n in a four-body hyperspherical models are presented. The 8He wave function is shown to contain strong specific correlations, which may give rise to very low-energy structures in 4n continuum in extreme-peripheral reaction scenarios.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

87

Study of the Coulomb decay of light neutron-rich fragment produced in ternary fission of ^{252}Cf **Author:** Yulia Parfenova¹¹ *Joint Institute for Nuclear Research, Flerov Laboratory of Nuclear Reactions***Corresponding Author:** parfenova@jinr.ru

Theoretical analysis of experimental data on the ternary fission of ^{252}Cf is performed in the semi-classical trajectory approach. The energy and angular distributions, total kinetic energies of the fragments in the ternary fission of ^{252}Cf are obtained in this model using the Monte-Carlo simulations. The calculations well reproduce these experimental data with the same set of the model parameters for different types of the lightest fragments, i.e. hydrogen, helium, lithium, beryllium isotopes. As earlier suggested in [1], there is a contribution of short-living isotopes to the energy spectra of $^4,6\text{He}$, such as ^5He and ^7He . Using the estimated [2] decay width of ^7He we have calculated the energy and angular distribution of the ^4He fragment produced in the $4n$ decay of ^8He emitted in the ternary fission. The energy and angular distributions of the neutrons in this decay are also estimated. We can conclude, that study of neutron and fragment energy and angular distributions in ternary fission may provide the information on decay of neutron-rich short living isotopes as ^8He .

[1] Yu. N. Kopatch et al., Phys.Rev. C 65(2002), 044614

[2] M. Pfutzner et.al., Rev. Mod. Phys. 68(2012), 567

Section:

Nuclear physics (Section 1)

198

Study of the nonleptonic decay $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ in the covariant confined quark model**Author:** Zhomart Tyulemissov¹**Co-authors:** Mikhail Ivanov²; Valery Lyubovitski¹ *INP KZ, JINR*² *JINR***Corresponding Authors:** valeri.lyubovitskij@uni-tuebingen.de, ivanovm@theor.jinr.ru, zhomart161@mail.ru

The nonleptonic decay $\Xi_c^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ with $\Delta C = 0$ is systematically studied in the framework of the covariant confined quark model accounting for both short and long distance effects. The short distance effects are induced by four topologies of external and internal weak W^\pm exchange, while long distance effects are saturated by an inclusion of the so-called pole diagrams with an intermediate $1/2^+$ and $1/2^-$ baryon resonances. The contributions from $1/2^+$ resonances are calculated straightforwardly by accounting for single charmed Σ_c^0 and $\Xi_c'^+$ baryons whereas the contributions

from $1/2^-$ resonances are calculated by using the well-known soft-pion theorem in the current-algebra approach. It allows to express the parity-violating S -wave amplitude in terms of parity-conserving matrix elements. It is found that the contribution of external and internal W -exchange diagrams is significantly suppressed by more than one order of magnitude in comparison with data. The pole diagrams play the major role to get consistency with experiment.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

77

TECHNICAL PREPARATION FOR IN SITU TRITIUM RELEASE STUDIES OF EU REFERENCE CERAMIC BREEDER PEBBLES

Author: Julia Leys¹

Co-authors: Asset Shaimerdenov²; Timur Kulsartov³; Darkhan Sairanbayev²; Evgeniy Chikhray³; Assyl Akhanov²; Saulet Askerbekov²; Inesh Kenzhina³; Mihaela Ionescu-Bujor¹; Regina Knitter¹

¹ Karlsruhe Institute of Technology

² The Institute of Nuclear Physics

³ The Institute of Nuclear Physics / al-Farabi Kazakh National University

Corresponding Authors: tima@physics.kz, regina.knitter@kit.edu, askerbekov@physics.kz, kenzhina@physics.kz, mihaela.ionescu-bujor@kit.edu, chikhray@gmail.com, aashaimerdenov@gmail.com, julia.leys@kit.edu, aakhanov@inp.kz

Advanced Ceramic Breeders (ACB) applied as pebbles serve as the European reference material for the ITER-TBM and the DEMO Helium Cooled Pebble Bed (HCPB) blanket concept. Although ACB pebbles (Li₄SiO₄ with additions of Li₂TiO₃) have been extensively characterised and evaluated in the past, its performance under neutron irradiation still needs to be qualified. Hence, a neutron irradiation campaign was launched to help closing this gap of knowledge.

The irradiation campaign will be performed at the WWR-K reactor in Almaty, Kazakhstan. ACB pebbles produced using the melt-based KALOS process with a high enrichment in lithium-6 will be implemented in the experiment. Two pebble beds will be irradiated at temperature ranges of 400–600 °C and 600–900 °C, respectively. Different purge gas compositions (He + x % H₂) will be used for transporting the tritium out of the samples. The tritium release will be measured in situ. Here, the species HT and HTO will be distinguished. Afterwards, the tritium residence time depending on the selected irradiation parameters will be determined. For the experiment, the neutron spectrum of the fission research reactor will be adapted to simulate more fusion-, and in particular more ITER-like conditions.

The technical preparation for this neutron irradiation campaign will be presented. This comprises the development of the irradiation rig design including neutron-physical and thermophysical calculations that are necessary to meet the requested irradiation criterions. A cadmium shielding was selected to cut off thermal neutrons in the spectrum and to adapt the lithium burn-up to displacement per atom ratio. A mock-up test was performed to validate the selected design option.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

149

TEMPERATURE INDUCED PROCESSES IN HE IRRADIATED BARIUM CERATE

Author: Igor Khromushin¹

Co-authors: Erasyl Slyamzhanov¹; Tatyana Aksenova¹; Diana Mirmanova¹

¹ *Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Almaty*

Corresponding Author: i.khromushin@inp.kz

Solid oxide ionic conductors with a perovskite structure are promising materials for use as electrolytes in fuel cells due to their unique properties. Among the currently known solid oxide proton conductors, doped barium cerates have one of the highest proton conductivities. However, the efficiency of fuel cells based on them is not high enough, which leads to the high cost of generated electricity. In order to improve the properties of these materials and increase the operating efficiency of electrochemical devices based on them, it is proposed to use various methods of modifying materials, in particular, irradiation with low-energy ions helium ions.

The paper presents the results of a study of the effect of irradiation with helium ions with an energy of 40 keV on the structure and properties of solid ceramic samples of barium cerate doped with Gd, Y and Nd ($x = 10$ and 15%). After synthesis, barium cerate samples were annealed in air at a temperature of 650°C for 8 hours, and then irradiated with helium ions with an energy of 40 keV on a DC-60 accelerator. Helium ions were implanted on both sides of the samples to a fluence of 5×10^{16} cm⁻² on each side.

Analysis of the elemental composition of the sample surface before and after irradiation revealed minor deviations from the initial stoichiometry depending on the type and level of dopant cation. It has been established that the implantation of helium ions into undoped barium cerates leads to homogenization of the surface composition of the samples. It has been shown that the surface of doped barium cerates is less susceptible to degradation upon implantation of helium ions than undoped ones, on the surface of which blistering is observed.

Using thermal desorption spectroscopy, the effect of helium implantation on the processes of water dissolution and proton intercalation in ceramic barium cerate was studied. It has been shown that the amount of desorbed water is minimal when barium cerate is doped with neodymium. It is assumed that the tendency of neodymium to exhibit mixed valence III/IV leads to a decrease in the concentration of oxygen vacancies involved in the process of water dissolution. Implantation of helium ions promotes an increase in the amount of dissolved water on barium cerate doped with Gd, Y and Nd, as well as an increase in the amount of desorbed oxygen in the case of neodymium.

Thermogravimetric studies have been performed on solid ceramic samples of barium cerate, subjected to pre-treatment in different conditions: annealing of samples in air or vacuum, thermal cycling, and exposure at room temperature. It made possible to identify the features of the process of dissociative dissolution of water and filling of oxygen vacancies with hydroxyl groups, depending on the type of dopant cation and the level of doping. It has been shown that, as a rule, the degree of filling of vacancies is lower, than expected based on the doping level. It has been established that implantation of helium ions can have a significant effect on the intercalation of protons at certain stages of the water dissolution process.

Differential thermal analysis revealed several phase transitions that are observed in undoped barium cerate at temperatures of ~260, 390, 990 and 1030°C. After the dopant is introduced, the phase transitions disappear. Implantation of helium ions does not affect low-temperature phase transitions in BaCeO₃, but extinguishes the high-temperature phase transition (1030°C), caused by the transformation of the tetragonal into cubic structure.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan (PCF BR18574073).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

284

THE EFFECT OF DOSE AND TEMPERATURE OF NEUTRON IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND STRAIN LOCALIZATION OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS

Author: Mikhail Merezhko¹

Co-authors: Diana Merezhko ¹; Kira Tsai ²; Michael Short ³

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Kira Tsai*

³ *Massachusetts Institute of Technology*

Corresponding Authors: nallika@gmail.com, merezhko.mihail@gmail.com, hereiam@mit.edu, kira.tsai7@gmail.com

Merezhko D.A.1, Tsay K.V.1, Merezhko M.S.1, Short M.P.2

1Institute of Nuclear Physics, Ibragimov st., 1, Almaty, Kazakhstan 050032 Kazakhstan

2Department of Nuclear Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, USA

The sensitivity of mechanical properties of austenitic stainless steels (AuSS) to irradiation temperature after high dose neutron irradiation (up to 57 dpa), already highlighted in one of our previous publications (<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.117858>), shows significant variation from severe embrittlement to increased ductility. Thus, further study of how irradiation temperature affects mechanical properties and strain localization in AuSS is necessary to predict the behavior of such materials during and after irradiation.

For this purpose, specimens of AuSS were cut from fuel wrappers of the sodium-cooled BN-350 fast reactor located in Aktau, Kazakhstan at various heights in the core, corresponding to a range of doses (0.1–57 dpa) and irradiation temperatures (280–405°C). These were subjected to room-temperature uniaxial tensile testing combined with digital image correlation and microstructural analysis. It was found that in different temperature-dose ranges, different parameters determine the ductility of AuSS at room temperature. Dose plays a significant role in the form of changes to strength and plasticity of specimens irradiated to low doses of irradiation at lower temperatures. On the other hand, irradiation temperature plays a defining role in shaping mechanical response in the case of high dose irradiation at high temperatures. We hypothesize that this behavior was caused by a unique set of conditions: An increase in strain hardening due to strain-induced martensite, and to the formation of large defects like voids and precipitates specifically at higher temperatures.

Within the framework of this research, the universality of the conclusions for all metastable AuSS is confirmed based on the results of presented studies, and as published in the open literature by other authors. Therefore, it can indeed be generalized to this highly-used class of structural materials, and is therefore highly applicable to many future uses of these materials in Gen IV reactor designs.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

9

THE ENERGIES OF THE LOWEST LEVELS OF YRAST BANDS IN EVEN-EVEN TRANSFERMIUM NUCLEI

Author: Igor Izosimov¹

Co-authors: Alexander Efimov²; Pazlitdin Usmanov³

¹ *Joint Institute for Nuclear Research (JINR)*

² *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*

³ *Namangan Institute of Engineering and Technology*

Corresponding Author: izosimov@jinr.ru

The report discusses some approaches currently being developed to describe the level energies of heavy and superheavy nuclei. Studies of the decay characteristics of transfermium and superheavy nuclei [1], due to the small statistics, make it especially desirable to obtain estimates of the energies

of the lowest states of these nuclei. Previously, a correlation was found between the energy of 2_1^+ levels and the deformation energy E_{def} , as well as the systematics of the energy ratios within the rotational bands depending on $E(2_1^+)$ energy. This allowed us to obtain estimates for the energies of the first few excitations, namely, 2_1^+ , 4_1^+ , 6_1^+ in even-even heavy and superheavy nuclei with Z from 96 to 118 [2]. Similar correlations and corresponding estimates of the level energies also were obtained for the nuclei in the rare earth region.

Experiments have shown the importance of high-spin orbitals for the formation and description of decays of high-spin isomers in the transfermium region. The fact that some excitation modes not clearly manifested in heavy nuclei up to high spins [3-5] makes heavy and superheavy nuclei the most suitable for testing of the nuclear models. The two-parameter Harris formula describes the rotational energy spectra of these nuclei up to spins $J^\pi < 12^+$ [6,7]. However, the use of the Harris formula does not allow us to describe the high-spin yrast states of the nuclei in the rare earth region. In the rotation bands of heavy and superheavy nuclei, there is a special feature - the absence of a reverse bend (backbanding) in the dependence of the moment of inertia from the square of the rotation frequency. The nature of this special feature was considered in the framework of the extended model of interacting bosons in its microscopic version [5]. The expansion of the configuration space due to excitation modes with spins $J^\pi > 10^+$ made it possible to significantly expand the scope of the model both for describing the effects of band crossing and for its absence in this mass region at fairly high spins (up to $J^\pi \leq 34^+$) [5].

Estimates of the 2_1^+ , 4_1^+ , 6_1^+ level energies based on systematics [2,6,7] and on yrast-bands level structure calculations both [3-5] within the framework of the phenomenology of the IBM1 and the microscopic version of the IBM1 for superheavy nuclei are presented.

1. Yu.Ts. Oganessian, *Herald of the Russian Academy of Sciences*. **90**, 207 (2020).
2. A.D. Efimov, I.N. Izosimov, *Moscow University Physics Bulletin*. **78**, 121(2023).
3. A. D. Efimov, I. N. Izosimov, *Phys. At. Nucl.* **84**, 408 (2021).
4. A. D. Efimov, I. N. Izosimov, *Phys. At. Nucl.* **84**, 660 (2021).
5. A. D. Efimov, I. N. Izosimov, *Phys. At. Nucl.* **86**, 333 (2023).
6. P.N. Usmanov, I.N. Izosimov, S.B. Bokiev, *Proc. of the Intern. Conf. “Fundamental and applied problems of modern physics”*, October 19-21, 2023, Tashkent, Uzbekistan, p.69.
7. P.N. Usmanov, I.N. Izosimov, S.B. Bokiev, *Proc. of the Intern. Forum “Physics-2022”* October 4-5, 2022, Namangan, Uzbekistan, p.135.

118

THE ENHANCEMENT OF X-RAY ABSORBED DOSE IN TUMOR CELLS VIA BISMUTH-BASED COMPOUNDS

Author: Dildora Rasulova¹

Co-authors: Gayana Abdullaeva²; Gayratulla Kulabdullaev³

¹ *Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

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

³ *Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of Uzbekistan*

Corresponding Authors: rasulovadildora0@gmail.com, gkulabdullaev@inp.uz, abdullaeva@inp.uz

Radiation therapy is currently in use for the treatment of cancer. For this reason, binary radiation therapy is one of perspective methods for curing cancer. In this type of therapy, the chief strategy for effectively destroying tumor cells is depositing dose as much as possible directly into the target (tumor cells), while preserving the life-sustaining tissues surrounding the tumor. Staple solution for this method is to inject high-Z containing elements, called radiosensitizers, into a tumor just before irradiating with X-ray source. In our research, as a radiosensitizer we chose Bi-based compounds

that have studied before in preclinical researches both as nanoparticles and contrast agents [1]. Bi is the most stable high-Z leveled and biocompatible element that cause to enhance absorbed dose in the target. These Bi-based compounds have preclinical proofs for theragnostic applications. Modeling the absorbed dose in the tumor cells is completed using GEANT4 program. The probability of interacting of incident photon with the radiosensitizer compounds is higher compared to biological tissue. This is due rate of mass absorption coefficients for bismuth is higher than light elements that constitute biological tissue. Contribution of photoelectrical effect accumulated in tumor volume is noticeable significant compared to other processes. This is evident because cross section of the photoelectric effect predominates at low energy diapason such as 50-150 keV. In our research, we investigated the proportion of occurred processes such as photoelectric, Auger electrons, characteristic X-rays within absorbed dose. This calculation implemented for both category radioactive sources and X-ray spectrum generated by SpecPy [2].

1. Catherine G., Gauthier H., Sophie L. and Marc P. // Medical Applications of Metallic Bismuth Nanoparticles // <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13111793>;

2. R. Bujila, A. Omar, and G. Poludniowski. A validation of SpecPy: A software toolkit for modelling X-ray tube spectra. *Phys. Med.*, 75:44–54, 2020.

Section:

8th CERN School “Introduction to high-energy physics, accelerator technology and nuclear medicine”

46

THE FEATURES OF RADIONUCLIDES ACCUMULATED BY DISTURBED SEMIPALATINSK TEST SITE VEGETATION ECOSYSTEMS

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

The ability of plants to accumulate radionuclides, the methods for its quantitative assessment, and dependence on a large number of different factors and conditions that make it possible to control the removal of radionuclides are not well understood. Meanwhile, the results of such studies allow us to draw conclusions about the possibility of botanical rehabilitation (phytoremediation) of territories contaminated during nuclear tests.

These data can be the basis for predicting the content of radionuclides in fodder plants during animal husbandry in contaminated areas, and therefore for predicting radioactive contamination of food products (meat, milk, etc.). When harvesting medicinal raw materials, data on the accumulation of radionuclides in plants are also needed.

The ability of plants to accumulate a radioactive component is assessed by the factor of radionuclide transfer from the soil to the ground part of the plants. The accumulation factor is used to quantify the transition factor. It depends on the type of soil, their physical and chemical properties and mechanical composition of the content of exchangeable potassium, pH of the soil solution, organic matter and biological characteristics of plants, as well as soil moisture. The determination requires data on the nature of the distribution of radionuclides and plant roots in the soil layer.

On the basis of gamma-spectrometric analysis of paired samples «plant-soil» for the first time in 1998 at the Semipalatinsk test site, the values of radionuclide transfer factors for 14 species of higher plants and one species of lichen were obtained. The studies were carried out in the most common communities of the main types of vegetation. Plants are ranked in descending order of their transition factors. The range of transition factors for these plants is significant. The coefficient of accumulation of radiocesium in the studied plants ranges from 0.029 to 3.732. In this paper, the results of research are considered by us in anthropogenically disturbed ecosystems.

In ecosystems disturbed by nuclear explosions, the highest ability to accumulate radiocesium was found in the lichen *Parmelia vagans*. With a specific activity of Cs137 of 14 470 Bq/kg (in a soil layer

of 0-10 cm), it accumulates in lichen up to 54 000 Bq/kg. The accumulation factor is 3.732. The selection of a paired sample "plant-soil" was carried out on a site disturbed by engineering and technical communications irradiated with radiation.

The exposure dose rate (PED) of gamma radiation reached 150-280 $\mu\text{R/h}$. Anthropogenically disturbed meadow-desert-steppe solonchets are formed on the leveled area of the gentle slope to the sor depression. The mechanical composition of the soils is heavy loamy. As a result of planning and possibly decontamination works, the suprasolonch soil horizon has been disturbed. The upper 10 cm layer does not have a complete set of features characteristic of this soil type. Vegetation cover is broken. The total projective cover ranges from 50 to 70%. Of these, 40-50% are occupied by *Parmelia vagans*.

A significant radiocesium transfer factor was registered in the xeromesophytic dwarf shrub *Ephedra distachya*. With a specific activity of radiocesium of 51 Bq/kg in a soil layer of 0-5 cm, it accumulates up to 67 Bq/kg in the overground part of the plant. The accumulation factor is 1.314. Paired sampling was carried out on a military-technical facility covered with soil, which rises 1.5 m above the surface of a wide flat inter-hill plain. The soil is gravel-stony, sandy loam, with fragments of building concrete. The total projective cover ranges from 10-15 to 100%. Of these, *Ephedra distachya* occupies from 9-10 to 95%. The roots are located in a layer of soil 0-5 cm from the surface. Maximum permissible concentration (MPC) of gamma radiation reaches 150 mR/h. Determination of the factor of transfer of radiocesium to aboveground organs in the semishrub *Atriplex cana* was carried out on a leveled gentle slope to a sor depression in the zone of influence of a power line. MPC of gamma radiation reaches 120-130 Bq/kg. Meadow-desert-steppe solonchets are formed here. Under these radioecological conditions, sparse communities of *Camphorosma monspeliacum* with participation of *Atriplex cana* communities are formed. Of the plants typical for these soils, densely sod grasses have been preserved - the xerophytes *Stipa sareptana* and *Koeleria cristata*, the halomesoxerophytic semishrub *Kalidium schrenkianum*, and the lichen *Parmelia vagans*. This community is one of the stages in the restoration of haloxerophytic coenoses typical of meadow-desert-steppe solonchets. The projective soil cover by plants does not exceed 30-40%. The ground cover is not formed. The penetration depth of *Atriplex cana* roots reaches 80-85 cm. The specific activity of radiocesium in the soil layer of 0-9 cm is 5 397 Bq/kg. In the above ground part of *Atriplex cana*, it accumulates up to 2 770 Bq/kg. The accumulation coefficient is 0.513. To determine the factor of radiocesium transfer from the soil to the aboveground part of the mesophytic perennial *Potentilla virgata*, an elevated flat area in the central part of the stream valley was selected. In 1992, at the experimental site "Degelen" there was an outpouring of water in 27 adits. 24 estuarine areas were contaminated to some extent with radioactive substances. The PED value reached 1-5 $\mu\text{R/h}$. There was a migration of radioactive substances with water. Subsequently, their sorption was observed soil and vegetation. Paired samples "plant-soil" were taken on the meadow carbonate steppe, stony soil. Its hydration is superficial. Vegetation cover is represented by mesophytic grass-forb community (*Galatella biflora*, *G. angustissima*, *Potentilla virgata*, *P. bifurca*, *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios*, *Phragmites australis*). This is one of the stages of restoration of this cenosis after periodic burning of the herbage. The projective cover does not exceed 60-70%, ground cover - 5-10%. The depth of penetration of the roots is 90 cm, the soil layer is 0-10 cm most saturated with them (184 g/m²). Activity of radiocesium in the layer 0-6 cm 1 513 Bq/kg in the overground part of *Potentilla acaulis* accumulates 320 Bq/kg. The accumulation coefficient is 0.212.

Thus, γ - spectrometric analysis (paired samples "soil-plant") of the dominant species of disturbed ecosystems found that all the plants we studied are hyperaccumulators. The highest accumulation coefficients of radionuclides were found in the lichen *Parmelia vagans* - 3.732 and in the overground part of mesoxerophytic shrub *Ephedra distachya* - 1.314. With a significant projective soil cover by these species, their use in phytoremediation of disturbed ecosystems is possible.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

255

THE MOLECULAR DYNAMICS AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF ALCOHOLDEHYDROGENASE ENZYME ON THE GRAPHITIC SORBENT SURFACES

Author: Kholmirzo Kholmurodov¹

¹ *FLNP JINR***Corresponding Author:** kholmirzo@gmail.com

In the present work the proteins' orientation and sorption dynamics on the matrices of various sorbents are investigated both experimentally and numerically. The computer molecular dynamics (MD) and experimental studies have been performed for the enzyme alcoholdehydrogenase with its co-factor (ADH+NAD) solvated by water on a graphitic carbon surface. The MD analysis provides mapping of the orientation adsorption of the ADH+NAD enzyme with a significant extension of the original basic model, thereby allowing the change in protein conformation observed in detail in the region of the ADH titratable amino acid residues. The detection of the characteristic conformation of key titratable aminoacids may become a necessary stage in further research and implementation of a numerical experiment, which will be carried out by varying the pH and charge values. Next, based on the extension of the MD model implementation the mechanism of conformational changes in the whole system (ADH+NAD + water / graphitic carbon surface) is examined and the orientation aspects of the whole protein system along with the key titratable amino acids are studied in details. The numerical MD modeling implemented in this study use the AMBER-18 package with a fast module realization “pmemd.cuda” on a CPU/GPU cluster machine. The MD simulation data discussed with the experimental observations, which indicate on the atomic/molecular mechanism of the influence of pH solution on the proteins' conformation and orientation adsorption.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

301

THE ROLE OF QUARKS IN FORMATION OF NUCLEAR STRUCTURE: SUPER-HEAVY NUCLEI**Author:** Genis Musulmanbekov¹¹ *JINR, INP***Corresponding Author:** genis@jinr.ru

We propose a quark model of nuclear structure where quark correlations lead to nucleon-nucleon correlations and arrangement of them into lattice-like structure. The model is based on the quark model of nucleon structure in which valence quarks are strongly correlated within a nucleon (SCQM) [1]. Nuclei are built by junctions of SU(3) color fields of two quarks of neighboring nucleons. 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. In difference with the shell model, protons and neutrons in our model are strongly correlated. Binding of nucleons in bound nuclei are provided by quark loops which result in three and four nucleon correlations [3]. It turns out that building blocks of the nuclear structure are three-nucleon (triton and ³He) and four-nucleon (⁴He) like configurations which form inside nuclei virtual triton/³He and ⁴He clusters. These configurations are responsible for pairing effect and symmetry energy. We demonstrate applicability of the model constructing nuclei starting from heavy (near Pb) through super-heavy ones up to Z=126. The model used to calculate the deformation parameter of nuclei, to estimate the optimal value of neutron to proton ratio in super-heavy nuclei. We analyze magic numbers for heavy and super-heavy nuclei and possibility of the “island of stability”.

1. G. Musulmanbekov, in *Frontiers of Fundamental Physics*, Ed. B. G. Sidharth, (Kluwer Acad./Plenum Pub., New York, 2001), p. 109–120. (2004); *PEPAN Lett.*, Vol., № 5, p. 548-558.
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].

Section:

Nuclear physics (Section 1)

80

THE USING OF LIVING SLICES OF HUMAN ANAPLASTIC ASTROCYTOMA IN VITRO CONDITIONS IS USEFUL TOOL FOR EVALUATION OF TUMORS SENSITIVITY TO GAMMA IRRADIATION AND GADOLINIUM NEUTRON CAPTURE IRRADIATION.

Authors: Andrey A. Kim¹; G.A. Kulabdullaev^{None}; G.T. Djuraeva^{None}; N.R. Kadyrbekov^{None}; H.J. Beknazarov^{None}; R.T. Kadyrbekov^{None}

¹ *Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: aakim2012@mail.ru

The aim of study was to evaluate the effectiveness of the method for determining individual radiosensitivity and radioresistance to gamma irradiation and gadolinium neutron capture irradiation using living tissue slices of human anaplastic astrocytomas in vitro conditions. In study 30 patients with clinically and histologically confirmed diagnosis of anaplastic astrocytoma with disease duration of 3 years were included. In gamma irradiation group were included 19 patients and 11 patients were included in the neutron capture irradiation group. In this group, patients were divided into two subgroups –6 patients were included in the first subgroup and in second subgroup 5 patients were included. .

Biopsy samples of human anaplastic astrocytoma tumors were taken during routine surgical operations. The extracted tissues were dissected into slices with standard sizes from 3 to 5 mm thick. For gamma irradiation were used three slices - one slice was irradiated with absorbed dose of 5 Gy, the second slice was irradiated with absorbed dose of 10 Gy and the third slice was irradiated with absorbed dose of 15 Gy in the gamma installation of the INP AS RUz (cobalt-60 with energy peaks of 1.1732 MeV and 1.3325 MeV).

For neutron capture irradiation, a magnetic resonance contrast agent Magnevist (Bayer AG, Germany) was used as a gadolinium-containing drug. Magnevist was added to the slices to a final gadolinium concentration of 32.958 mg/g and used for irradiation with a beam of epithermal neutrons and secondary particles arising from the gadolinium-neutron capture reaction. In the first subgroup, three slices were used for irradiation –one slice was irradiated with absorbed dose of 5 Gy, the second slice was irradiated with absorbed dose of 10 Gy and the third slice was irradiated with absorbed dose of 15 Gy. In the second subgroup, one slice was used for irradiation, which was irradiated with one absorbed dose of 20 or 40 Gy. The irradiation was carried out on the horizontal channel of the WWR-SM reactor of the INP AS RUz at epithermal neutron flux density of 1.5×10^8 n/cm²·s. The absorbed dose was calculated using the MNCNP program. After irradiation, the slices were transferred in fresh saline solution with 5% glucose, cooled to 4 °C, and incubated at 4 °C for 24 hours. After incubation, histological analysis was performed to determine the degree of necrosis of the samples.

In the gamma irradiation group of 19 patients (irradiation with doses of 5, 10 and 15 Gy) we found the following distribution of sensitivity to gamma radiation: high sensitivity was observed in 12 out of 19 patients (63.16%), low sensitivity - in 4 out of 19 patients (21.04%) and resistance –in 3 patients from 19 patients (15.80%).

In the neutron capture irradiation group, we found the following distribution in sensitivity to gamma radiation: In the first subgroup of 6 patients (irradiation with doses of 5, 10 and 15 Gy), high sensitivity was observed in 3 patients (50%), one patient (16.7%) showed resistance to radiation doses of 5 and 10 Gy and resistance to all three doses of 5, 10 and 15 Gy was observed in 2 patients (33.3%). In the second subgroup of five patients (irradiation with doses of 20 and 40 Gy) all five patients showed good sensitivity to radiation doses of 20 and 40 Gy.

Thus, the effectiveness of gadolinium neutron capture therapy on living slices of tumors of anaplastic astrocytoma of the human brain has been shown. The data obtained showed that living biopsy slices of human anaplastic astrocytoma can be used as in vitro model to study therapeutic pathomorphosis under irradiation with epithermal neutrons and secondary particles arising from the gadolinium-neutron capture reaction. Such model may prove to be extremely useful tool for testing the effectiveness of various irradiation modes for NCT and new drugs designed to deliver gadolinium to the tumor.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

131

THREE-PARTICLE BINDING ENERGY and WAVE FUNCTION of 14A NUCLEI BASED on THE HH METHOD

Author: Bakhadir Irgaziev¹

Co-authors: K. I. Tursunmahatov²; P.N. Yovqochev³

¹ National University of Uzbekistan

² Gulistan State University, Gulistan 120100, Uzbekistan

³ National University of Uzbekistan, Tashkent 100174, Uzbekistan

Corresponding Author: irgaziev1947@gmail.com

As is known, light nuclei are well described by the shell model. However, the shell model does not take into account residual interactions between nucleons. It is the residual forces of proton-proton and neutron-neutron pairing that cause the zero spin of a nucleus whose shells are filled. We propose to apply a three-particle model for the ¹⁴A nucleus, which we will consider as a system consisting of a ¹²C core nucleus and two nucleons. The most acceptable approach to solving three-particle problems in nuclear physics is solving the Faddeev equation [1]. However, in the general case, one has to solve a system of two-dimensional differential or integral equations, which become more complicated when taking into account the Coulomb interaction between charged particles. From the point of view of simplicity of solving the problem of bound states of three particles, the method of hyperspherical functions [2,3] is the most convenient.

As an initial stage, we consider the ¹⁴C=¹²C+2n nucleus. We expand the desired three-particle wave function into a system of hyperspherical functions and additionally use the Rayleigh-Ritz variational principle:

$$|\Psi^{J; J_z}\rangle = \sum_{\mu} c_{\mu} |\Psi_{\mu}^{J; J_z}\rangle \quad (1),$$

$$\langle \delta \Psi^{J; J_z} | H - E | \Psi^{J; J_z} \rangle \quad (2),$$

where $\delta \Psi^{J; J_z}$ indicates the variation of $\Psi^{J; J_z}$ for arbitrary infinitesimal changes of the linear coefficients c_{μ} , μ is the index set. The problem of determining c_{μ} and the energy E is then reduced to a generalized eigenvalue and eigenvector problem of the matrix. The expansion states $|\Psi_{\mu}^{J; J_z}\rangle$ of Eq. (1) are then given by

$$|\Psi_{\mu}^{J; J_z}\rangle = \rho^{\mu} Y_{\{G\}}(\Omega_5), \quad (3)$$

where ρ and $Y_{\{G\}}(\Omega_5)$ are hyperradius and hyperspherical function, respectively. Ω_5 is a five-dimensional solid angle. As a result, we obtain a system of linear equations for finding the energy and expansion coefficients:

$$\sum_{K'L'S'; l'_{x_1} l'_{y_1} \nu'} \left[KLS l_{x_1} l_{y_1} \nu | T - \kappa^2 | K'L'S' l'_{x_1} l'_{y_1} \nu' \rangle \delta_{KK'} \delta_{LL'} \delta_{SS'} \delta_{l_x l'_x} \delta_{l_y l'_y} - \frac{2m}{\hbar^2} \langle KLS l_{x_1} l_{y_1} \nu | V_1 + V_2 + V_3 | K'L'S' l'_{x_1} l'_{y_1} \nu' \rangle \right] c_{\nu' K' L' S'} = 0. \quad (4)$$

$T = \frac{d^2}{d\rho^2} - \frac{K(K+4)+15/4}{\rho^2}$ is the hyperradial kinetic energy operator, $\kappa = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} \epsilon}$ is a wave number for the bound state and V_1, V_2, V_3 are the interaction potentials between particles.

The calculations use the n-n potential from Ref.[4] and the ¹²C-n potential (the Woods-Saxon) from Ref.[5], adjusted to describe low-energy data. We calculate the linear system of Eq. (4) and receive the following results for the ground state energy (ϵ_{12C-2n}) of ¹⁴C=¹²C+2n

Set of nn potentials	Our result for the binding energy (MeV)	Experimental value of the binding energy (MeV)
1 (Yukawa)	14.32	13.12
2 (Gaussian)	14.10	

1. L.D. Faddeev, S.P. Merkuriev, *Quantum Scattering Theory for Several Particle Systems*, Springer, August 31, 1993.

2. Delves, L. M.: *Nucl. Phys.* 9, 391 (1959); 20, 275 (1960).

3. Smith, F. T.: *Phys. Rev.* 120, 1058 (1960); *J. Math. Phys.* 3, 735 (1962).

4. B. F. Irgaziev, V. B. Belyaev, Jameel-Un Nabi, *Phys., Rev.C* 87, 035804 (2013).

5. B. F. Irgaziev, Abdul Kabir, Jameel-Un Nabi, *Can. J. Phys.* 99, 176-184 (2021).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

250

TIME DETECTORS WITH HIGH RESOLUTION FOR STUDY EXTENSIVE AIR SHOWERS FRONT

Author: Aliya Baktorzat¹

Co-authors: Orazaly Kalikulov²; Nurzhan Saduyev¹; Nurzhan Yerezhep¹; Saken Shinbulatov³; Shynbolat Utey⁴; Ivan Sopko⁵; Yerzhan Mukhamejanov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *INP*

³ *INP RK&Al-Farabi KazNU*

⁴ *KazNu after al- Farabi*

⁵ *Al-Farabi KazNU*

Corresponding Authors: shinbolat1993@mail.ru, a_baktorzat@mail.ru, shynbulatov.saken@gmail.com, nurzhan.yerezhep@gmail.com, orazaly82@gmail.com

A system comprising five pyramid-shaped scintillation detectors (500 mm × 500 mm) has been developed to determine the direction of extensive air shower axes by time delays. The detectors' compact design and ease of assembly enable the construction of a chronotron setup. This system is situated at the Tien-Shan High Altitude Scientific Station (TSHASS) at an elevation of 3340 meters above sea level near Almaty, Kazakhstan. This paper discusses the current state and characteristics of the detectors.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

140

TL AND EPR DATING OF POLUTEPE ARCHEOLOGICAL SITE IN AZERBAIJAN

Author: Sahib Mammadov¹

Co-author: Aybeniz Ahadova¹

¹ *Institute of Radiation Problems, Ministry of Science and Education*

Corresponding Authors: mammadov.irp@gmail.com, a.ahadova@irp.science.az

Sahib Mammadov¹, Aybeniz Ahadova¹

1 Institute of Radiation Problems, 9. B.Vahabzade str.,1143, Baku, Azerbaijan Corresponding author: [s.mammadov@irp.science.az]

Polutepe is the largest Neolithic-Eneolithic monument in the Caucasus. It is located on the eastern outskirts of Uchtepe village of Jalilabad region, Azerbaijan Republic, on the right (southern) bank of the Injachai river (39°19' 37. 67" N, 48° 27' 05.71" E) at 38 m above sea level. This work used EPR and TL methods to determine the age of archaeological artifacts found at the archaeological site of Polutepe (Azerbaijan). The results of radiocarbon dating for the same site have been published elsewhere [1][2]. A charcoal sample excavated at the Polutepe site was dated by the conventional radiocarbon method at 4,270±160 BC.

The quartz inclusion method is employed for the TL dating. The quartz samples used in this experiment were extracted from ceramics using conventional chemical separation. Plotting the TL glow-curve intensity at 375°C against the dose adsorbed and backward extrapolation enables the estimated historical dose to equal 22.19±1.36 Gy. U, Th, and K concentrations were 2.24±0.20 ppm, 8.31±0.80 ppm, and 2.39±0.23%, respectively. Dose rate and age calculation were conducted using the DRAC version 1.2, and output results are as follows: Environmental dose rate: 3.46±0.19 Gy/ka and; sample age: 6,400±530 BC years.

The investigated object for the EPR investigations was the presumable lower jaw of a caw with a well-preserved tooth. The calculation of the annual dose rate was based on the estimated cosmic dose rate and U, Th, and K content obtained from soil sample analysis. The cosmic dose rate was determined to be 119 microGy/a. The average moisture content of the sediment was taken as 15% based on measurements at the site. Uranium concentration determined directly in the tooth enamel was less than the detection limit; therefore, the possible uranium uptake was not considered. The total estimated annual dose rate was equal to 1,543 microGy/a. The mean age of the sample was determined as 7,770 ± 130 years

Keywords: ESR dating, TL dating, tooth enamel, pottery

References

[1] S. Mammadov, East Eur. J. Phys. 2024, 2024 (1), 442–446. DOI: <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-1-48>. [2] S. Mammadov, M. Gurbanov, L. Ahmadzade, A. Abishov, Radiat. Phys. Chem. 2024, 219 (October 2023), 111650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.111650>.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

32

TRACK-ETCHED MEMBRANE/ PVC@HKUST-1 ELECTROSPUN NANOCOMPOSITE MEMBRANE FOR CO₂ CAPTURE

Author: Aigerim Shakayeva¹

Co-authors: Ilya Korolkov¹; Maxim Zdorovets¹; Olgun Güven²; Raphael Shakirzyanov³

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

² *Department of Chemistry, Hacettepe University*

³ *L.N. Gumilyov Eurasian National University*

Corresponding Author: shakayevaa19@gmail.com

The escalating concentration of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere, largely attributed to human activities such as fossil fuel combustion and industrial processes, is a primary driver of climate change. Mitigating the adverse impacts of rising CO₂ levels necessitates effective capture and storage technologies [1]. Among various approaches, CO₂ capture using membranes has garnered significant attention due to its potential for energy-efficient and scalable implementation [2]. In this context, metal-organic frameworks (MOFs) have emerged as a promising class of materials for membrane-based CO₂ capture. MOFs are crystalline materials composed of metal ions or clusters

coordinated to organic ligands, forming highly porous structures. These materials offer exceptional advantages for gas separation applications, including high surface area, tunable pore size, and functionalizable surfaces. The unique properties of MOFs enable selective adsorption and separation of CO₂ from gas mixtures, making them ideal candidates for integration into membrane technologies. MOFs are an organic–inorganic hybrid material with ions coordinated by organic linker molecules [3]. It has been used as a sorbent due to its high porosity, high surface area, good thermal stability, excellent pore volume and regeneration ability. Among all the MOF, HKUST-1 is one of the most studied one. It contains Cu²⁺ ions coordinated to the oxygen atoms of benzene tricarboxylate (H-BTC) units [4].

In this work, we focused on the fabrication and characterization of a hybrid membrane based on poly(ethylene terephthalate) track-etched membranes (PET TeMs) and electrospun nanofibers. This membrane was used directly as an adsorbent material for CO₂ capture. The HKUST-1 crystals were produced using the hydrothermal method. Nanofibers of PVC with MOFs were deposited on the PET TeMs surface using the electrospinning method. The nanofibre mats consisted of polyvinyl chloride with nanoscale HKUST-1. The crystals formed in the nanomats structure served as nucleation sites for the subsequent growth of MOFs on the surface of the hybrid membranes. The synthesized HKUST-1 samples were analyzed using various characterization techniques to examine and confirm their properties, such as thermogravimetric analysis (TGA), X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), BET analysis, Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) spectroscopy and contact angle measurement. The morphology of nanofibers affected strongly its ability to sorb dry CO₂. The thickness of the obtained PVC@HKUST-1 layer was approximately 35 μm, while the TeMs thickness was 11 μm. All samples exhibited well-defined octahedrons with a particle size ranging from 3 to 7 μm. SEM images show that the layer formed by electrospinning adheres closely to the PET TeMs. X-ray diffraction patterns of the samples indicate that the original HKUST-1 powder has a cubic lattice with the space group Fm-3m. BET analysis results show a significant increase in surface area after HKUST-1 growth, from 1.97 to 135.26 m²/g and pore volume from 0.0079 to 0.014 cm³/g. TGA curves of the nanocomposite membranes show a three-step mass reduction. The first step is characterized by the removal of bound and free water forms. Then, at 210°C, dehydrochlorination of the PVC nanofibers occurs. In the temperature range from 300°C to 500°C, the structure of organic substances breaks down, followed by cyclization into aromatic compounds. Subsequently, the samples remained stable starting at 500°C as CuO. The adsorption test can be divided into two parts: degas and adsorption. Sorption and desorption were studied at different temperatures and for membranes with varying molar ratio Cu²⁺ and H-BTC. The samples demonstrated good CO₂ capture performance, with an adsorption capacity of 1.4 mmol/g. CO₂ adsorption performance could still retain up to 90%. Additionally, this sample also showed excellent regenerative performance as it could be reused for at least 8 cycles with minimum drop in its adsorption capacity. Hence, membrane synthesized in this work is worth further study as potential sorbent for CO₂ capture and storage

References

1. Ghanbari T. et al. Science of the Total Environment A review on production of metal organic frameworks (MOF) for CO₂ adsorption. –2020. –Vol. 707.
2. Demir H. et al. Carbon Capture Science & Technology Perspective article MOF Membranes for CO₂ Capture: Past , Present and Future // Carbon Capture Science & Technology. –Elsevier Ltd, 2022. –Vol. 2. - № November 2021. –P. 100026.
3. James S.L. Metal-organic frameworks // Chemical Society Reviews. –The Royal Society of Chemistry, 2003. –Vol. 32. - № 5. –P. 276–288.
4. Li Y. et al. Integration of metal-organic frameworks and covalent organic frameworks: Design, synthesis, and applications // Matter. –Cell Press, 2021. –Vol. 4. - № 7. –P. 2230–2265.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

5

Testing the concept of isospin splitting of giant dipole resonance in reactions (γ, p) on nuclei $^{74,77,78,80}\text{Se}$

Authors: Alexander Kuznetsov¹; Alexander Madumarov²; B Yuldashev²; Fazilat Rasulova^{None}; I Chuprakov²; J Khushvaktov^{None}; N Fursova¹; Nikolay Aksenov²; Ramiz Aliev³; S Alekseev²; S Belyshev¹

¹ Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University² JINR³ National Research Center “Kurchatov Institute”**Corresponding Author:** rasulova@jinr.ru

In this study experiments were performed at bremsstrahlung end-point energies of 10-23 MeV with the beam from the MT-25 microtron using of the γ -activation technique. The electron energies were in range of 10-23 MeV with an energy step of 1 MeV. To produce gamma radiation, a radiator target made of tungsten, which is a common converter material, was used. To remove the remaining electrons from the bremsstrahlung beam, a 30 mm thick aluminum absorber was placed behind the tungsten converter. The target of natural selenium was at a distance of 1 cm from the converter. After irradiation, when the radiation levels in the experimental hall became safe, the targets were transferred to a separate measuring room, where the induced activity in the irradiated target was measured using a high purity germanium γ -detector. The experimental yields of the reactions were normalized to the yield of reaction $^{82}\text{Se}(\gamma, n)^{81\text{m}}\text{gSe}$.

The experimental values of relative yields were compared with theoretical results obtained on the basis of TALYS with the standard parameters [1] and the combined model of photonucleon reactions [2]. On Fig. 1 are shown the relative yields of $\text{natSe}(\gamma, p)$ reactions as a function of bremsstrahlung end-point energy from the literature data (open rectangle) [3] and present work (solid rectangles), and the simulated values using CMPR (solid line) and TALYS code (dashed line) based on monoenergetic photons. Also the contribution of the $T<$ (dash dot) and $T>$ components (dot) simulated values using CMPR to the theoretical relative yields for photoproton reactions on a natural mixture of selenium isotopes are shown in Fig. 1.

In the case of the $^{74}\text{Se}(\gamma, p)$ reaction, theoretical calculations and experimental results are in good agreement with each other. In the case of relative yields for photoproton reactions on the heavy selenium isotopes, the theoretical values calculated using the CMPR are much larger than the TALYS results.

For photoproton reactions on the isotopes of ^{77}Se , ^{78}Se , and ^{80}Se , the ratios of theoretical relative yields $Y_{\text{relCMPR}} / Y_{\text{relTALYS}}$ with increasing energy increase in the ranges of 2-5, 3-11, and 11-23, respectively. The experimentally obtained results lie closer to the theoretical curve according to the CMPR code. Including isospin splitting in the CMPR allows to describe experimental data on reactions with proton escape in the energy range from 10 to 23 MeV. At the energy region above 25 MeV, in addition to isospin splitting, quadrupole resonance, the overtone of the giant resonance, and the quasideuteron mechanism make a significant contribution to the cross sections [3].

REFERENCES

1. A. Koning, S. Hilaire, S. Goriely. TALYS-1.96: A Nuclear Reaction Program, User Manual, 2021.
2. B. S. Ishkhanov, V. N. Orlin, Modified version of the combined model of photonucleon reactions, *Physics of Atomic Nuclei*, 78: 557 (2015).
3. F.A. Rasulova, R.A. Aliev, S.S. Belyshev, M.A. Demichev, D.L. Demin, S.A. Evseev, N.J. Fursova, M.I. Gostkin, J.H. Khushvaktov, V.V. Kobets, A.A. Kuznetsov, S.V. Rozov, E.T. Ruziev, T.N. Tran, E.A. Yakushev, B.S. Yuldashev, Multiparticle $\text{natSe}(\gamma, xnyp)$ reactions induced with bremsstrahlung end-point energies of 20-80 MeV, *NIM A*, 1054: 168428 (2023).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

196

The Highly Granular Neutron Detector prototype at the BM@N experiment

Author: Aleksandr Zubankov¹¹ INR RAS

Corresponding Author: zubankov@inr.ru

Developed prototype of Highly Granular Neutron Detector (HGND) with multilayer longitudinal structure (absorber/scintillator), high transverse granularity and good time resolution (about 140ps) provide the ability to identify spectator neutrons in nucleus-nucleus collisions and measure its energies by time-of-flight in the range from 300 MeV to 4 GeV. At the first time the prototype was used to measure forward spectator neutron yields in the hadronic interactions and electromagnetic dissociation in the reaction Xe+CsI@3.8 AGeV in the BM@N experiment at the beginning of 2023. The experimental data and their comparison with models will be discussed.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

278

URANIUM AND THORIUM ISOTOPES IN SOILS OF ALMATY REGION (KAZAKHSTAN)

Author: Nurgul Nursapina¹

Co-author: Ilona Matveyeva¹

¹ *al-Farabi Kazakh National University*

Corresponding Author: nurgul.nursapina@kaznu.edu.kz

Intensive development of various industries leads to environmental degradation, including soil pollution. The natural radioactivity of soils is caused by the content of natural radionuclides of the uranium and thorium series in the soil [1]. Soil contamination with radionuclides provokes many negative consequences, including negative effects on vegetation, animals, and humans, entering the body through the food chain [2-3]. The aim of this work to evaluate content of uranium and thorium isotopes, as well as determine mobile and potentially mobile species of radionuclides, which can easily migrate and accumulate in environment.

A sampling of soil was done from the territory of Almaty region in a village Avat which is located 40 km from Almaty one of the biggest cities of Kazakhstan. Soil sample was digested with application of lithium borates with usage of Claisse LeNeo furnace. Extraction chromatography TEVA resin was used for separation of Th isotopes, and UTEVA resin was used for U isotopes. The micro-precipitation technique was used for counting source preparation [4]. To analyse the fractionation and bioavailability of uranium, a sequential extraction protocol was applied. For the measurement of alpha particles of uranium, thorium isotopes, an alpha spectrometry system (Alpha Analyst, Canberra, USA) with PIPS semiconductor detectors was used. A standard reference material IAEA-375 (Radionuclides and Trace Elements in Soil) were used as quality control samples.

Content of thorium isotopes was almost two times higher in comparison to uranium isotopes. Uranium isotopes mostly distributed in strongly bond fraction, where radionuclides can be fixed in crystal lattice of the clay minerals and mostly be immobile. In first three fractions, which belongs to the mobile and potentially phytoavailable, are distributed 9% of U-234 and 5% of U-238. In potentially mobile fractions such as bound to Fe/Mn oxides and bound to organic matter are distributed 39% of U-234 and 40% of U-238. Formation of anionic carbonate forms of uranium - $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$, $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$ is possible in bound to carbonate fraction, these complexes belong to the highly mobile due to their low adsorption onto soil colloids [5]. Uranium isotopes distributed in bound to organic matter fraction could bond with hardly decomposable organic matter which led to immobilisation of uranium. Thorium isotopes (Th-230, Th-232) was mostly distributed in strongly bond fraction (69% of Th-230, 91% of Th-232) which belongs to immobile fraction, where thorium isotopes possible are fixed in crystal lattice of different minerals, such as quartz, aluminosilicates due to high affinity of thorium to adsorption onto mineral surfaces [6]. Nine percent of Th-232 was distributed in bound to carbonates, bound to Fe/Mn oxides, bound to organic matter fractions while thirty one percent of Th-230 was distributed in first five fractions, which belongs to the mobile and potentially

mobile. Such differences in distribution of thorium isotopes in mobile and potentially mobile fractions could indicate that Th-230 is more mobile compared to Th-232.

Despite that content of thorium isotopes in soil sample were higher than uranium isotopes, thorium isotopes were less mobile and phytoavailable. Mostly uranium isotopes could be presented in mobile and phytoavailable fractions as carbonate complexes.

Acknowledgments. This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP22684045), where AP22684045 - is the IRN of the project.

References

1. N.V. Larionova, A.V. Panitskiy, A.Ye. Kunduzbayeva, A.M. Kabdyrakova, A.R. Ivanova, A.O. Aidarkhanov (2021) Nature of radioactive contamination in soils of the pine forest in the territory adjacent to Semipalatinsk test site. *International Journal of Radiation Research*, Vol. 19, Is. 1. 114-120. DOI10.18869/acadpub.ijrr.19.1.113
2. Yan, L., Le, Q. V., Sonne, C., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., Peng, W. (2020) Phytoremediation of radionuclides in soil, sediments and water. *Journal of Hazardous Materials*, 407:124771. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124
3. Mohamed H.E. Monged, Mohamed H.M. Salama, Soheir T. El-Hemamy, Salah A. El-Sayed (2022) Levels of Cs-137, natural radionuclides and heavy metals in soil of Al-Negila area, Northwestern Coast of Egypt: distribution and risk assessment. *International journal of environmental journal of environmental analytical chemistry*. 1-31. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2062237>
4. Štok, M., Smodiš, B., 2013. Soil-to-plant transfer factors for natural radionuclides in grass in the vicinity of a former uranium mine. *Nucl. Eng. Des.* 261, 279-284. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2013.03.036>
5. Zhou, P. & Gu, B. 2005. Extraction of oxidized and reduced forms of uranium from contaminated soils: Effects of carbonate concentration and pH. *Environ. Sci. Technol.* 39: 4435-4440
6. Langmuir D., Herman J. S. The Mobility of Thorium in Natural Waters at Low Temperatures // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. –1980. –Vol. 44. –P. 1753-1766.)

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

241

UTILIZING IONIZING RADIATION (GAMMA AND NEUTRON) TO DEVELOP DROUGHT AND SALINITY-RESISTANT RICE VARIETIES

Author: Yulia Aleksiyenak¹

Co-authors: Anastasiya Kruglyak²; Kurmanbek Bakiruly³; Aidos Zhalbyrov³; Gulsim Baimbetova³; Laura Tokhetova⁴; Yuriy Gledenov¹; Nurbol Appazov⁴; Zeinolla Yershin⁵; Aleksandr Doroshkevich¹

¹ JINR

² Joint Institute for Nuclear Research

³ Kazakh Research Institute of Rice named after I. Zhakhaev, Kyzylorda, Kazakhstan

⁴ Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

⁵ Joint-stock company «Park of Nuclear Technologies», Kurchatov, Kazakhstan

Corresponding Authors: ershin@pnt.kz, nurasar.82@mail.ru, baimbetova.g@bk.ru, kurmanbekbakiruly@mail.ru, aidos090@mail.ru, lauramarat_777@mail.ru, beataa@gmail.com, anastasiya.kruglyak@nf.jinr.ru

Ionizing radiation, including gamma rays and fast neutrons, has been widely used in plant breeding to induce mutations and develop new crop varieties with desirable traits [1, 2, 3]. Irradiation could be effective for creating drought and salinity-resistant rice varieties, which are crucial for ensuring food security in the face of climate change and soil degradation [4].

In the study M1 and M2 lines of three rice varieties (Syr Suluy, AiKerim and the Leader) were generated using gamma rays and fast neutrons irradiation, along with treatments using NaCl and sorbitol to simulate salinity and drought conditions. These rice varieties are approved for use and widely cultivated in the Kyzylorda region of the Republic of Kazakhstan. In particular, Syr Suluy and AiKerim

are local varieties specifically bred for the specific soils of Kazakhstan. The γ -ray irradiation was conducted at ILU-10 Electron Linear Accelerator in JSC “Park of Nuclear Technologies” (Kurchatov, Republic of Kazakhstan), and neutron irradiation was performed at the EG-5 electrostatic generator at the Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research (Dubna, Russian Federation)

Out of 54 mutant lines obtained in 2022, 50 survived. Among these, 34 lines were productive, including 18 from the Syr Suluy variety, 4 from AiKerim, and 12 from the Leader variety. The remaining lines were either sterile or did not mature completely. Of the productive mutants, 17 lines were induced by gamma rays and 17 by fast neutrons. The AiKerim variety was the most vulnerable to mutagens, salinity, and drought stress, while the Syr Suluy variety exhibited the highest resistance. Further obtained lines will be used as initial material in synthetic breeding, as well as, in the cultivation of new varieties by direct propagation of altered species.

1. Feng Li, Akemi Shimizu, Takeshi Nishio, Nobuhiro Tsutsumi, Hiroshi Kato, Comparison and Characterization of Mutations Induced by Gamma-Ray and Carbon-Ion Irradiation in Rice (*Oryza sativa* L.) Using Whole-Genome Resequencing, *G3 Genes|Genomes|Genetics*, Volume 9, Issue 11, 1 2019, 3743–3751, <https://doi.org/10.1534/g3.119.400555>
2. Elsherbiny, Heba A et al. Inducing potential mutants in rice using different doses of gamma rays for improving agronomic traits. *Chilean journal of agricultural research*, 84(3), 2024, 380-390. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392024000300380>
3. Kadam, S.T., Vishwakarma, G., Kashyap, Y. et al. Thermal neutron as a potential mutagen for induced plant mutation breeding: radiosensitivity response on wheat and rice. *Genet Resour Crop Evol* 70, 789–798, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01461-z>
4. Viana VE, Pegoraro C, Busanello C and Costa de Oliveira A. Mutagenesis in Rice: The Basis for Breeding a New Super Plant. *Front. Plant Sci.* 10:1326, 2019. doi: 10.3389/fpls.2019.01326

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

43

АККУМУЛЯЦИЯ ТРИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ ПОДВЕРГШИМСЯ ОСТРОМУ КРАТКОВРЕМЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОКСИДА ТРИТИЯ

Authors: Yelena Polivkina^{None}; Yelena Syssoeva^{None}

Corresponding Author: syssoeva@nnc.kz

Тритий, поступая в окружающую среду в форме оксида трития (НТО), легко включается в трофическую структуру экосистемы, конечным звеном которой может являться человек. В данном аспекте значительное внимание уделяется исследованию процессов поглощения и инкорпорирования трития и его возможного вклада в дозовую нагрузку на человека при поступлении внутрь с загрязненной растениеводческой продукцией. Цель исследования заключалась в оценке аккумуляции неорганической и органической форм трития в овощах, подвергшихся загрязнению в результате кратковременного аварийного выброса НТО.

В качестве экспериментальных растений выбраны широко культивируемые сельскохозяйственные культуры: салат, томат и фасоль. Растения предварительно выращивали в пластиковых вегетационных сосудах на фоновой почве до стадии созревания. Экспозицию растений проводили в местах проведения подземных ядерных испытаний с высокой концентрацией НТО в приземном воздухе. Длительность экспозиции составляла 6 часов. В течение экспериментов измеряли температуру, относительную влажность, атмосферное давление. Отбор проб растений проводили спустя 6 часов в трехкратной повторности. Пробы воздуха отбирали с использованием тритиевого коллектора «OS 1700» (АМТЕК, США). Выделение трития свободной воды тканей

растений (ТСВ) производили посредством специальной установки. Выделение органически связанного трития (ОСТ) производили на установке «Sample Oxidizer». Активность трития измеряли методом жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии с использованием спектрометра «QUANTULUS 1220». Минимально-детектируемая активность трития составила $-0,7$ Бк/л. Температура во время экспозиции варьировала от 21 до 35 °C, относительная влажность воздуха – от 28 до 56% , ФАР – от 870 до 1485 мкмоль/с/м², активность трития в воздухе – от 1234 до 4071 Бк/л.

Распределение ОСТ для нелистовых культур можно представить в виде следующего убывающего ряда: «листья > стебли > плоды». Максимум ТСВ в листьях, очевидно, обусловлен постоянной диффузией НТО с парами воды в мезофилл листа. Удельная активность ОСТ надземных органах на порядок ниже по сравнению с ТСВ, что обусловлено биохимическим путем образования данной формы радионуклида в растениях.

Сравнительный анализ значений относительного содержания НТО, ОСТ, а также индекса транслокации показал, что, на накопление изотопа в съедобной части культур при аэральном поглощении окиси трития в большей степени влияют внешние факторы, определяющие интенсивность фотосинтеза, а также морфологические особенности съедобной части.

Согласно консервативной оценке, вклад в дозу внутреннего облучения от перорального поступления трития при употреблении 1 кг овощей, загрязненных в результате кратковременного выброса окиси трития, исходя из абсолютной активности форм радионуклида, составит для НТО: салат -42 и 110 нЗв; томат -1 нЗв; фасоль -6 и 10 нЗв соответственно. Для ОСТ: салат -6 и 5 нЗв; томат -7 нЗв; фасоль -54 нЗв соответственно. Учитывая, что предел годового поступления с пищей свободного и органически-связанного трития для населения составляет $2,1 \cdot 10^7$ Бк в год и $8,3 \cdot 10^6$ Бк в год соответственно, возможный вклад трития в дозу внутреннего облучения будет пренебрежимо мал.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Грант МНВО РК ИРН АР19675034 «Исследование радиоэкологической опасности органически-связанного трития при его накоплении сельскохозяйственными растениями».

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

93

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА АЛМАТЫ

Authors: Dmitriy Zheltov^{None}; Igor Gorlachev^{None}; Marina Krasnopyorova^{None}; Pavel Kharkin^{None}

Corresponding Author: kharkin77@mail.ru

Токсичные элементы в почвах стали экологической проблемой [1] из-за все более серьезного загрязнения, вызванного бурным ростом индустриализации и чрезмерной антропогенной деятельностью, такой как добыча и выплавка цветных металлов, промышленная деятельность, применение удобрений и гербицидов, орошение сточными водами и автомобильное движение [2].

Для изучения элементного состава были отобраны 64 пробы почвы зимой, весной, летом и осенью 2023 года с 16 выбранных точек в городе Алматы. Пробы отбирались на глубине 0-5 см с площади 100 см² и массой не менее 500 грамм.

При определении тяжелых металлов в пробах почв использовался комплексный подход, включающий следующие методы исследования: методы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП–МС), оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП–ОЭС) и с целью расширения круга определяемых элементов и точности анализа метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). В случае анализа методами ИСП–МС и ИСП–ОЭС было выполнено двухстадийное кислотное микроволновое разложение навесок почвы. Были исследованы содержания 28 химических элементов, основываясь на полученных данных были рассчитаны средне-сезонные содержания по четырем выборкам и стандартные отклонения для каждой точки пробоотбора.

В некоторых точках отбора проб почвы наблюдаются аномально высокие выбросы среднесезонных

содержаний Zn, Pb и Cu. Для проведения более детального исследования зоны загрязнения в северной части города Алматы было дополнительно отобрано 40 образцов почвы с целью выявления потенциальных источников загрязнения. Наиболее вероятным загрязнителем является ТОО «КазФерросталь».

Данное исследование финансируется Комитетом науки и Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP14869418).

Ссылки

1. Adimalla, N. (2020). Heavy metals pollution assessment and its associated human health risk evaluation of urban soils from Indian cities: a review. *Environmental geochemistry and health*, 42(1), 173-190.
2. Wang, Y., Guo, G., Zhang, D., & Lei, M. (2021). An integrated method for source apportionment of heavy metal (loid)s in agricultural soils and model uncertainty analysis. *Environmental Pollution*, 276, 116666.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

123

БЕССЕТОЧНЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ЭНЕРГОАНАЛИЗАТОР ДЛЯ ЯДЕРНОЙ И ОЖЕ-ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Author: Игорь Спивак-Лавров¹

Co-author: Шугаева Жалгасовна²

¹ муж

² жен

Corresponding Authors: spivakif@rambler.ru, tlektes21@mail.ru

Цилиндрический зеркальный анализатор с закрытыми торцами (ЦЗАЗТ) рассмотрен в работе [1]. Ввод и вывод заряженных частиц в анализаторе производится через систему сеток, что и является его основным недостатком.

В случае осесимметричных систем потенциал электростатического поля в цилиндрических координатах r, φ, z зависит только от переменных r, z и удовлетворяет уравнению Лапласа.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

139

БИОАКУМУЛЯЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Author: Andrey Panitskiy¹

Co-authors: Symbat Baigazy¹; Ivan Alexandrovich¹

¹ Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology” of RSE NNC RK

Corresponding Authors: alexandrovich@nnc.kz, panitskiy@mail.ru, baigazy@nnc.kz

Семипалатинский испытательный полигон (СИП) характеризуется наличием участков с высоким содержанием радионуклидов в компонентах природной среды (почве, воде, растениях). В пределах данных участков обитают дикие животные, которые относятся к объектам любительской и промысловой охоты, в том числе и крупные копытные животные – лось (*Alces alces* Gray, 1821), косуля (*Capreolus pygargus* Pal., 1771), сайгак (*Saiga tatarica* Lin., 1766) и внесенный в Красные книги Республики Казахстан и Международного союза охраны природы архар (*Ovis ammon* Lin., 1758). Радионуклиды, попадая в организм этих животных могут попадать в организм человека. Поэтому изучение особенностей биологической аккумуляции радионуклидов животными на СИП весьма интересно. Таким образом в рамках различных научных программ на территории СИП производился отбор проб тканей и органов животных для радионуклидных анализов посредством изъятия отдельных видов животных в научных целях и сбора биологического материала с туш павших животных. Также проводится оценка возможного содержания радионуклидов в организме диких копытных животных расчетным методом, по удельной активности радионуклидов в фекалиях этих животных, собранных с различных участков полигона.

Прямые измерения удельной активности в тканях и органах исследованных животных показали, что содержание радионуклидов в организме копытных животных, обитающих на различных участках СИП различно. Удельная активность радионуклида ¹³⁷Cs в тканях и органах изменялась в пределах 0,2-170 Бк/кг. Максимальные значения зафиксированы в мышечной ткани животных. Установлена возможность прижизненного определения радионуклида ¹³⁷Cs в костной ткани архаров при помощи определения удельной активности этого изотопа в рогах животных. Удельная активность радионуклида ⁹⁰Sr изменяется в пределах 2-4,3×10³ Бк/кг. Максимальные значения отмечены в костной ткани и рогах животных. Удельная активность изотопов ²³⁹⁺²⁴⁰Pu изменяется в пределах 6,4×10²-72 Бк/кг. Максимум отмечен в рогах архара с площадки «Дегелен». Удельная активность радионуклида трития в свободной воде из тканей животных (НТО) изменяется в пределах 0,026-77 кБк/л, а в форме органически связанного трития (ОСТ) в пределах 0,03-16 кБк/кг. В отдельных случаях в тканях и органах преобладает тритий в форме ОСТ, что может говорить о том, что в рационе животных в относительно отдаленный период присутствовал тритий. В других случаях преобладает тритий в форме НТО, что может говорить о наличии постоянного источника трития в рационе этих животных в относительно недавнем промежутке времени. Также имеются случаи, где содержание НТО и ОСТ находятся в одном порядке, что может являться показателем того, что животное длительное время потребляет рацион с тритием.

Исследования выполнены в рамках гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP19675376).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

76

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ²¹⁰Pb В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ОЗЕР ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Author: Rinata Yermakova¹

Co-authors: Almira Aidarkhanova²; Ainur Mamyrbayeva²; Zhanna Tleukanova¹

¹ Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology” RSE “National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan”, Kurchatov, Kazakhstan

² Branch «Institute of Radiation Safety and Ecology» of the RSE «National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan»

Corresponding Author: lavrikova@nnc.kz

Радиоэкология водных экосистем представляет собой одну из наиболее значимых областей, на которую обращается особое внимание в проведении радиоэкологических исследований. В Республике Казахстан уже продолжительное время проводится широкий спектр исследований, направленных на изучение последствий ядерных испытаний, проводившихся на территории Семипалатинского испытательного полигона, включая исследования поверхностных водных объектов. Для проведения комплексной оценки очень важно иметь информацию о радионуклидном загрязнении не только самой воды, но и других компонентах водной экосистемы, включая донные отложения. Для научно-исследовательской работы датирование донных отложений имеет большое значение, поскольку позволяет установить хронологию развития окружающей среды, в то время как изучение вертикального распределения радионуклидного загрязнения в донных отложениях представляет возможность анализировать долговременную динамику изменений окружающей среды.

В донных отложениях ^{210}Pb состоит из равновесного ^{210}Pb , который непрерывно образуется и предположительно находится в равновесии со своим исходным радионуклидом ^{226}Ra , и неравновесного (избыточного) ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$), поступающего на поверхность водных объектов и, в последующем, в донные отложения. Величину $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ определяют путем вычитания удельной активности ^{226}Ra из исходного содержания ^{210}Pb в соответствующем слое донных отложений.

Для исследования вертикального распределения радионуклидов в донных отложениях выбраны природные озера Жаксытуз и без названия (б/н) 4, которые расположены на площадке «Опытное поле», а также Шубран и на следе 1951 г., расположенные на следах радиоактивных выпадений. Отбор проб донных отложений производили точно в виде ненарушенной колонки цилиндрическим пробоотборником, состоящим из двух половин, которые облегчают извлечение проб. Высота отобранных колонок составляла до 11-19 см. Послойное разделение колонок донных отложений проводили сразу на местах отбора. Толщина одного слоя составляла 10-12 мм, масса 0,070-0,090 кг. Перед γ -спектрометрическим анализом все исследуемые образцы донных отложений высушивали при температуре 90°C , просеивали для удаления крупных взвесей, камней, остатков растений и гомогенизировали. Подготовленные образцы переносили в специальную тару, герметично закрывали и оставляли на 30 календарных дней для достижения равновесия между материнским радионуклидом ^{226}Ra и дочерними продуктами распада. Это необходимо для предотвращения эманации ^{222}Rn , которая может привести к снижению активности ^{226}Ra в цепочке его распада. По истечению срока герметично закрытые образцы передавали на γ -спектрометрические измерения.

Согласно полученным результатам, залегание максимумов по профилям вертикального распределения $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ в донных отложениях исследованных озер находится в поверхностных слоях до 3 см и составляет для оз. Жаксытуз -41 ± 8 Бк/кг; для оз. б/н 4 -90 ± 20 Бк/кг; для оз. Шубран -120 ± 20 Бк/кг и для оз. на следе 1951 г. -38 ± 8 Бк/кг. Распределение $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ имеет достаточно монотонный характер. Измерения значений $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ в каждом слое исследуемых колонок донных отложений по описанному методу позволили рассчитать скорости осадконакопления, которые для каждого озера составили: для оз. Жаксытуз $-0,07$ см/год; для оз. б/н 4 $-0,17$ см/год; для оз. Шубран $-0,15$ см/год и для оз. на следе 1951 г. $-0,12$ см/год.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

297

ВЛИЯНИЕ G- ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА Al_2O_3

Author: Turgara Tuseev¹

Co-authors: Danlybayeva A. ¹; Doszhanov O. ¹; Kuikabayeva A. ¹; Zul' buharova E. ¹

¹ AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY, Faculty of Physics and Technology

Corresponding Author: turgaratus@mail.ru

Изучался g- адсорбционный эффект на образцах g- Al_2O_3 , подвергнутых традиционной термовакuumной обработке, зависимости радиационноиндуцированных центров адсорбции от температуры

предварительной обработки, связь между парамагнитными и адсорбционными центрами, механизмы поглощения газов на оксиде, поверхностные структуры, образующиеся адсорбированными молекулами, и природа дефектов на поверхности (и в объеме) окиси алюминия.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

243

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СТОЙКОСТЬ СВЕТОДИОДОВ, ОСНОВАННЫХ НА ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ Al-GaAs К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Author: Фаиль Жамалдинов¹

Co-authors: Александр Градобоев¹; Анастасия Симонова²; Ксения Орлова³

¹ *Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

² *Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, Москва, Российская Федерация*

³ *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Российская Федерация*

Corresponding Author: zhamaldinov@nnc.kz

В работе исследованы изменения светотехнических и электрофизических характеристик светодиодов (СД) при воздействии эксплуатационных факторов, при облучении статическим гамма-излучением и их комбинированном действии. Определены критериальные параметры прямой ветви вольт-амперной характеристики и ватт-амперной характеристики СД, позволяющие описать изменение мощности излучения СД.

Выявлено, что наблюдаемое снижение мощности излучения СД (соответствующее изменение критериальных параметров) при облучении гамма-квантами в различных описывается тремя стадиями.

Установлено, что предварительная эксплуатация СД приводит к повышению радиационной стойкости к облучению гамма-квантами, что объясняется частичным отжигом исходных дефектов.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

82

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ GSO

Author: Muxsindjan Ashurov¹

Co-authors: Izzatilloh Nuritdinov¹; Kakhraman Saidakhmedov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

Corresponding Author: skhahramon@yandex.ru

В последнее время кристаллы с редкоземельными элементами (TR3+, R-Y, La, Gd, Eu, Yb) широко используются в качестве детекторов для регистрации ионизирующего излучения в

физике высоких энергий, других областях науки и техники. Так как эти материалы подвергаются действию различного рода ионизирующего излучения в полях повышенной радиации, то изучение радиационных свойств и деградации люминесцентных характеристик является очень актуальной задачей. Целью данной работы является изучение влияния мощности дозы γ -облучения на спектрометрические свойства кристаллов силиката гадолиния с примесью церия-Gd₂SiO₅:Ce, т.е. GSO(Ce). Содержание церия составляло 0,5 мол.%. Для исследования были выбраны две партии кристаллов. В образцах первой партии (GSO-1) имелись дефекты в виде мелких включений, а в образцах второй партии (GSO-2) эти дефекты отсутствовали. Изучение влияния мощности дозы γ -облучения на спектрометрические свойства кристаллов GSO показали, что величина световыхода - S образцов независима от мощности дозы (образцы начально испытывались при мощности дозы 17 Р/с, а затем при мощности дозы 1115 Р/с). В диапазоне до дозы ~104 рад значения световыхода - S, для кристаллов GSO-2 практически не изменяется. Выше дозы ~104 рад наблюдается даже незначительный рост величины световыхода - S, который достигает максимальной величины при дозе ~106 рад (при мощности P=1115 Р/с). После этого наблюдается некоторый спад световыхода - S. Максимальное увеличение световыхода при дозе ~106 рад и мощности γ -облучения 1115 Р/с достигает ~25%. Для кристаллов из партии GSO-1 зависимость световыхода иная, во первых, до дозы ~105 рад наблюдается медленный спад, а затем резкий спад величины световыхода - S. Следовательно, мощность излучения также незначительно сказывается на относительном изменении световыхода - S кристаллов GSO. В кристаллах партии GSO-1 эти показатели существенно меняются в пределах ~ 20-25%, некоторых случаях больше. Следовательно, из этого вытекает, что величина - S зависит от качества кристалла.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

220

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА Cu@PC КОМПОЗИТНЫХ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

Author: Саида Алесханова¹

Co-author: Динара Нурпейсова²

¹ магистрант, ЕНУ им.Л.Н.Гумилева

² ЕНУ им.Л.Н.Гумилева

Corresponding Authors: dinara_1808@mail.ru, nurpeisova_dt_1@enu.kz

Фармацевтические препараты представляют собой класс веществ, которые вызывают растущую обеспокоенность окружающей среды из-за их сильной биологической активности. Наиболее мощные и вредные фармацевтические препараты в сточных водах больниц это антибиотики, гормоны, ферменты, контрастные вещества для МРТ и рентгенографии, анестетики, дезинфицирующие средства. Среди этих веществ антибиотики представляют особый интерес, поскольку они вызывают устойчивость (патогенных) бактерий к антибиотикам, что является одной из важнейших проблем современной медицины во всем мире. Рокситромицин является наименее активным из 14-членных макролидов с активностью против грамположительных и грамотрицательных кокков, грамположительных бацилл и некоторых грамотрицательных бацилл.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture"(Section 4)

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ РАСТВОРА НА АДсорбЦИОННОЕ УДАЛЕНИЕ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ

Author: Anna Zagrebova¹

¹ *Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: azagrebova@gmail.com

Ионы тяжелых металлов являются стойкими загрязняющими веществами в окружающей среде и представляет собой значительную угрозу для экосистем и здоровью человека. Использование ферритов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью железосодержащих реагентов находит все большее практическое применение [1]. Применение образцов наночастиц феррита никеля NiFe₂O₄ со структурой шпинели для адсорбционной очистки водных сред от катионов тяжелых металлов обладает рядом преимуществ, таких как возможность одностадийного удаления ионов тяжелых металлов, устойчивость к влиянию других солей и др. [2]. Не маловажным фактором влияющий на механизм протекание процесса адсорбции, безусловно, является pH среды раствора.

Целью данной работы является изучение влияние pH среды раствора на адсорбционное удаление из водных сред катионов тяжелых металлов, в модельном растворе, содержащем ионы Mn (II) наночастицами феррита никеля NiFe₂O₄ со структурой шпинели.

Влияние среды раствора на адсорбционное удаление ионов Mn (II) наночастицами феррита никеля NiFe₂O₄ со структурой шпинели изучали по истечении 60 мин контакта с адсорбентом. Изначальная среда раствора стандартного образца была сильноокислой pH=1,7, в которой адсорбция не происходила. При переходе к pH=3-4 происходило постепенное увеличение сорбции ионов Mn (II). Максимальная емкость сорбента приходилась на pH=5. Дальнейшее повышение значение pH, приводило к снижению сорбционной емкости частиц феррита никеля, что связано с устойчивостью ионов марганца в щелочной среде. Соответственно, следующие серии экспериментов по изучению сорбционной способности феррита никеля и соединений на его основе планируется проводить в слабоокислой среде pH=5, являющейся рабочей средой для данных наночастиц.

Список литературы

[1] Manos D., Miserli K., Konstantinou I. Perovskite and spinel catalysts for sulfate radical-based advanced oxidation of organic pollutants in water and wastewater systems //Catalysts. –2020. –Т. 10. –№. 11. –С. 1299.

[2] Salih S. J., Mahmood W. M. Review on magnetic spinel ferrite (MFe₂O₄) nanoparticles: From synthesis to application //Heliyon. –2023. –Т. 9. –№. 6.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА МЕТАЦИРКОНАТ ЛИТИЯ, ДОПИРОВАННЫЙ MgO

Author: Ainagul Khametova¹

¹ *Astana branch of the Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: ainagul.khametova11@gmail.com

Хаметова А.А.1

1Астанинский филиал Института ядерной физики, Астана, Казахстан

Многообещающим источником чистой энергии по сравнению с современными традиционными способами получения энергии является синтез трития и дейтерия на термоядерном реакторе, в связи с большим количеством энергии, выделяемой при данной реакции. Термоядерные реакторы, в свою очередь, зависят от керамики на основе лития для производства трития. Для удержания и контроля дейтериево-тритиевой плазмы используемой керамике требуется выдерживать высокие температуры, радиационные облучения и механические повреждения [1, 2]. Для усовершенствования устойчивости литийсодержащих керамик к радиационным и механическим трансформациям предлагается использовать допанты на основе оксида магния. Целью данной работы является изучение возможности допирования литийсодержащих керамик (Li_2ZrO_3) оксидным соединением MgO для повышения устойчивости к радиационному охрупчиванию и набуханию при накоплении гелия в структуре.

Анализ фазового состава показал, что в результате 7 циклических высокотемпературных воздействий на синтезируемую керамику $1,5\text{Li}_2\text{ZrO}_3-0,5\text{MgO}$ создается новая примесная фаза $\text{Li}_2\text{MgZrO}_4$. $\text{Li}_2\text{ZrO}_3 + \text{MgO} = \text{Li}_2\text{MgZrO}_4$. Анализ морфологических данных выявил увеличение агломерации частиц при том же размере зерен при каждом повышении количества циклов воздействия на керамику. Методом рамановской спектроскопии в результате 9 кратного циклического температурного воздействия на керамику выявлены дефекты в ZrO_2 . В дальнейшем планируется провести проверку на устойчивость к радиационному воздействию.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

95

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА И СТАРТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФАЗОВУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ZrO_2 , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА

Author: Yuriy Garanin^{None}

Co-authors: Artem Kozlovskiy¹; Natalia Volodina²; Rafael Shakirzyanov²

¹ Astana branch of the Institute of Nuclear Physics

² L.N. Gumilev named Eurasian National University

Corresponding Author: jorge.r2448@gmail.com

Частицы диоксида циркония (ZrO_2), благодаря высокой термической и химической стабильности, коррозионностойкости, механической прочности и вязкости разрушения, высокой ионной проводимости при высоких температурах и биосовместимости, является важным материалом во многих отраслях промышленности. ZrO_2 при нормальном атмосферном давлении имеет три кристаллические формы: моноклинную ($m\text{-ZrO}_2$) при температуре до $1170\text{ }^\circ\text{C}$; тетрагональную ($t\text{-ZrO}_2$) при температуре от 1170 до $2370\text{ }^\circ\text{C}$; кубическую ($c\text{-ZrO}_2$) при температуре выше $2370\text{ }^\circ\text{C}$. Несмотря на то что $m\text{-ZrO}_2$ является наиболее стабильным при комнатной температуре именно $t\text{-ZrO}_2$ и $c\text{-ZrO}_2$ обладают свойствами необходимыми при производстве высокотехнологичных функциональных и конструкционных материалов.

Существует несколько методов стабилизации высокотемпературных фаз ZrO_2 . Первый метод, введение примесных $3+$ и $4+$ оксидов Y_2O_3 , MgO , CeO_2 , в результате чего происходит замещение некоторых ионов Zr^{4+} на ионы большего размера (например Y^{3+}) и стабилизация высокотемпературных фаз [1]. Другим методом получения c и $t\text{-ZrO}_2$ является синтез наночастиц размером менее 10 нм . Полученные наночастицы ZrO_2 обладают высокой поверхностной энергией вследствие чего происходит и происходит стабилизация. Одним из методов получения наночастиц ZrO_2 является гидротермальный синтез. Благодаря простоте метода и возможности вариации процессов синтеза (температура синтеза, используемые стартовые материалы, pH среды, тип минерализатора) удается получать наночастицы ZrO_2 в диапазоне размеров от 5 нм до сотен нм с высокой гомогенностью. Несмотря на большой интерес научного сообщества к данному методу синтеза ZrO_2 , влияние используемого стартового материала и температуры

синтеза на фазовый состав, размер частиц, оптические свойства и фазовую стабильность достаточно не изучен. В связи с вышеизложенным, целью данной работы является изучение влияния стартового материала и температуры синтеза для получения наночастиц ZrO_2 методом гидротермального синтеза на их фазовый состав и функциональные свойства.

В данной работе, в качестве стартового материала использовали цирконилхлорид октагидрат ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) и циркония (4) оксонитрат дигидрат ($ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$) из которых подготавливали 17,5 мл 0,1 моль/л раствора с дистиллированной водой. В качестве минерализатора использовали 5 мл 10 моль/л раствора NaOH с дистиллированной водой. Процесс гидротермального синтеза проходил в стальном автоклаве с тefлоновым вкладышем объемом 25 мл при температуре от 110 до 160 0C с шагом 10 0C.

В результате проведенного исследования установлено, что вне зависимости от используемого стартового материала, полученные частицы при температуре от 110 0C – 120 0C являются с – ZrO_2 размером от 5 до 15 нм. Дальнейшее увеличение температуры приводит к увеличению среднего размера частиц, преодоление критического размера в 10 – 20 нм и как следствие переход в m – ZrO_2 . Все образцы сохраняют фазовую стабильность при термическом отжиге до 600 0C после чего происходит активация процессов роста и спекания частиц и фазовый переход по типу с \rightarrow m – ZrO_2 .

Section:

Energy and materials science (Section 2)

166

ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, Г. АЛМАТЫ

Author: Igor Danko¹

¹ *Republican State Enterprise on the right of economic management «Institute of Nuclear Physics» of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: dankoigorvit@gmail.com

В 2021 году Институт Ядерной физики в г. Алматы стал первой организацией, оказывающей услуги по радиационной стерилизации в Казахстане, внедрившим систему менеджмента качества в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 13485:2016 «Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей нормативного регулирования». Данный стандарт разработан Международной организацией по стандартизации и устанавливает требования к системе менеджмента качества организаций, участвующей в одной или нескольких стадиях жизненного цикла медицинского изделия.

Процесс радиационной стерилизации является высокотехнологичным, современным и экологическим методом стерилизации изделий медицинского назначения. Комплексное регулирование всех аспектов процесса радиационной стерилизации, включая разработку, валидацию, контроль и управление качеством регламентируется целым рядом международных стандартов (таких как ISO 11137, ISO 13485, ISO 9001, ISO 14971, ISO 11737, EN 556-1 и др.). Внедрение стандарта качества ISO 13485 в процессы радиационной стерилизации представляет собой ключевой этап в обеспечении безопасности и эффективности медицинских изделий, позволяющий консолидировать требования целой группы вышеуказанных стандартов. Настоящая работа посвящена анализу опыта внедрения стандарта ISO 13485 в Институте ядерной физики, г. Алматы.

Разработанная четырехуровневая система документации, включающая нормативные документы внешнего происхождения, документированные процедуры, стандартные операционные процедуры и формы записей, вместе с результатами валидированных процессов была представлена в международный орган по подтверждению сертификации. В 2021 году система менеджмента качества Научно-производственного центра радиационных технологий была проверена и признана соответствующей требованиям стандарта ISO 13485:2016 для следующей области сертификации: «Электронно-лучевая стерилизация медицинских изделий, стерилизация на электронно-лучевом ускорителе. Опыт оказания услуг по радиационной стерилизации изделий медицинского назначения в течение 3-х лет показал эффективность и надёжность

внедренной системы, что подчеркивает важность системного подхода к управлению качеством и демонстрирует значительные преимущества для организаций, стремящихся к международному признанию и высокому уровню безопасности своей продукции.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

216

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ЭТИЛЕНА-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Author: Маннаб Ташметов¹

Co-authors: Нормамат Исмамов¹; Садулла Аллаяров²; Шермахмат Махкамов¹

¹ *Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан*

² *Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН*

Полимеры зарекомендовали себя как перспективная замена традиционным материалам благодаря уникальным характеристикам - хорошим механическим свойствам, легкости, теплостойкости, самосмазываемости, износостойкости, технологичности и экономичности [1]. Одним из наиболее перспективных полимерных материалов являются чередующиеся сополимеры этилена-тетрафторэтилена (ЭТФЭ).

Анализ литературы свидетельствует, что радиационное излучение неодинаково влияет на спектры фотолюминесценции полимеров, а данные о характере влияния излучений необходимы для определения ее возможностей и ограничений, в том числе в условиях действия радиации. Исследование фотолюминесцентных характеристик даст информацию об изменениях в электронной структуре и возбужденных состояниях материала. Поэтому изучение этих свойств при малых дозах облучения является актуальным для понимания влияния радиации на свойства ЭТФЭ и прогнозирования его поведения в реальных условиях эксплуатации.

В спектре фотолюминесценции исходного образца ЭТФЭ при возбуждении в области 230 нм обнаружена широкополосная люминесценция с максимумом в области 340 нм. Наблюдалось значительное изменение интенсивности фотолюминесценции облученных образцов ЭТФЭ с разными поглощенными дозами по сравнению с исходным. С увеличением поглощенной дозы гамма облучения интенсивность фотолюминесценции ЭТФЭ уменьшается. При поглощенной дозе 20 кГр в образцах ЭТФЭ полосы спектра возбуждения (230 нм) и спектра фотолюминесценции с максимумом 340 нм полностью исчезают.

Облучение образцов ЭТФЭ гамма-квантами приводит к различным изменениям полимерных цепей, которые проявляются в спектрах фотолюминесценции. Гамма-облучение «случайным» образом разрывает связи С-С, С-Ф и С-Н. Снижение интенсивности спектра фотолюминесценции можно объяснить структурными изменениями, происходящими в полимере. При малых дозах облучения основную роль играет сшивка полимерных цепей, которая способствует распаду возбужденного экситона при активации [2-4]. Для того, чтобы связанные электрон и дырка рекомбинировали с эмиссией фотолюминесценции, они должны находиться на одном и том же участке полимерной цепи [4]. Поэтому сшивка макромолекул ЭТФЭ «облегчает» переход электрона или дырки на соседнюю полимерную цепь с соответствующим распадом экситона и последующей безызлучательной рекомбинацией. Кроме того, при воздействии гамма-излучения образуются дефекты из-за разрыва молекулярных связей, что может привести к образованию центров безызлучательной рекомбинации.

Таким образом, установлено, что в не облученном образце ЭТФЭ присутствуют максимум возбуждения при 230 нм и максимум люминесценции при 340 нм. Определено, что интенсивность спектра фотолюминесценции уменьшается при малых дозах гамма-излучения (до 20 кГр), что способствует распаду возбужденного состояния за счет преобладания процесса сшивки полимерных цепей.

Литература

1. Song F., Wang Q., Wang T. // Tribology International. 2016. Vol.93. pp. 1–10.
2. Zhang Ya., Ma H., Zhang X., Guo B., Li J. // Iranian Polymer Journal. 2021. Vol.30. pp.393–399.
3. Nasef M.M., Saidi H., Dahlan Kh.Z.M. // Radiation Physics and Chemistry. 2003. Vol.68. pp.875–883.
4. Romanov N.M., Musikhin S.F. // Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. 2018. Vol.11. No.2. pp.41–48.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

58

ВЫДЕЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДА ГЕРМАНИЯ-68 ИЗ ГАЛЛИЕВОЙ ЦИКЛОТРОННОЙ МИШЕНИ

Authors: Serik Egamediev¹; Д.А. Нурбаева¹; С.С. Хужаев¹

¹ Institute of Nuclear Physics AS RUz

Corresponding Author: egamedievs@mail.ru

В современной ядерной медицине стремительно развиваются технологии получения РФП на основе позитрон-излучающих радионуклидов. Некоторые позитрон-излучающие радионуклиды (рубидий-82, медь-62, галлий-68, марганец-52m) могут быть получены из генераторов, транспортируемых на значительные расстояния от мест их производства. Использование таких генераторов создает возможность для организации мобильных ПЭТ-центров (не «привязанных» к циклотрону). Весьма перспективным представляется применение галлия-68 ($T_{1/2} = 68,1$ мин), являющегося дочерним нуклидом германия-68 ($T_{1/2} = 270, 95$ сут). Радионуклид ^{68}Ga является, практически, чистым позитронным излучателем ($\beta^+ - 90\%$, $E_{\beta^+} = 1190$ КэВ). Он легко образует различные комплексы без присутствия восстанавливающего агента и поэтому является удобной меткой для изготовления РФП, которые применяются для сцинтиграфии мозга, диагностики эндокринных опухолей (DOTATATE, ^{68}Ga ; DOTATOC, ^{68}Ga и др.), визуализации скелета (хелатные комплексы), исследования функции печени, почек и других органов.

Анализ данной литературы показывает, что для промышленной наработки радионуклида ^{68}Ge значительный интерес представляет ядерная реакция $^{69}\text{Ga}(p,2n)^{68}\text{Ge}$. Так при облучении галлиевой мишени протонами с начальной энергией 35 МэВ и током пучка 100 мкА в течении 100 часов теоретически можно наработать около 440 мКи ^{68}Ge . Однако на практике за один цикл облучения на циклотроне по этой ядерной реакции нарабатывают около 20-30 мКи ^{68}Ge при облучении галлиевой мишени в виде оксида галлия. Ядерная реакция $^{66}\text{Zn}(\alpha, 2n)^{68}\text{Ge}$ также может быть использована для исследования и разработки технологии получения радионуклида ^{68}Ge вследствие простоты изготовления мишени. По этому способу можно получить около 20 мКи ^{68}Ge , если цинковая мишень будет облучаться α -частицами с энергией 36 МэВ и током пучка 100 мкА в течении 200 часов.

Наиболее оптимальной мишенью для наработки германия-68 на средних циклотронах являются мишени на основе сплава Ga-Ni на медной подложке. Сплав (65% Ga и 35% Ni) наносится на плоскую медную подложку (оребренную с внутренней стороны) методом горячего прессования. Толщина покрытия составляла 0,35 мм). Облучение проводят протонами интенсивностью несколько сотен микроампер при $E_{\text{max}} = 23$ МэВ. Получаемый германий-68 обладает высокой удельной активностью (> 74 ГБк/мг (> 2 Ки/мг)) и радионуклидной чистотой 99,8%. Химическая и механическая конструкция мишени является важным фактором вследствие высокой тепловой мощности, подводимой и рассеиваемой в мишенях, которая достигает значений от 1–6 кВт и более. Обеспечение достаточного охлаждения обязательно для термической стабильности мишени. Выход ^{68}Ge для толстой мишени составлял 10 мКи/мкА · ч.

В настоящее время для выделения ^{68}Ge без носителя широко применяют метод экстракции четыреххлористым углеродом. Также многие исследователи для выделения ^{68}Ge применяли метод ионообменной хроматографии, дистилляцию четыреххлористого германия и комбинацию различных физико-химических процедур. Основная стратегия и выбор радиохимической переработки ядерных мишеней несомненно зависят от типа и химического состава исходной

ядерной мишени, применяемой для наработки радионуклида ^{68}Ge .

Поэтому нами предлагается применение метода экстракционной хроматографии, который одновременно сочетает в себе достоинства экстракции и хроматографии и позволит упростить технологию получения радионуклида ^{68}Ge . Таким образом нами разработан способ выделения радионуклида ^{68}Ge из промышленных цинковой мишеней или галлиевой мишени на основе интерметаллида Ga-Ni с использованием в качестве неподвижной фазы смеси CCl_4 + α -ксилол на фторопласте. Радиохимический выход радионуклида ^{68}Ge составляет более 90%.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

19

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТВОЛОВОЙ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ ТК-5бис, ПРОБУРЕННОЙ В ПОЛОСТЬ ТК-5 ОБЪЕКТА ”ЛИРА”

Author: Дмитрий Желтов¹

Co-authors: Маргарита Цяцко²; Марина Краснопёрова¹; Надежда Белая¹; Нурбулат Сейтимов²

¹ ИЯФ, г. Алматы, РК

² ИЯФ, г. Аксай, РК

Corresponding Authors: marina.k@inp.kz, n.seytimov@inp.kz, m.tsyatsko@inp.kz, zheltovda@gmail.com

Мониторинг химического состава стволовой воды скважины ТК-5бис необходим прежде всего для оценки гидрологической стабильности как косвенного показателя степени герметичности ствола скважины. Ежегодный гидрохимический мониторинг по макросоставу скважинной воды ТК-5бис осуществляется в РГП ИЯФ с 2019 года. Для этого на объекте “ЛИРА” (г. Аксай) выполняется сезонный отбор 2-х проб (4 пробы в год) воды из ствола скважины ТК-5бис на глубинах 200 м и 400 м.

В РГП ИЯФ проводят химический анализ содержания Na, Ca, Mg, Sr, K, Ba (методом ИСП-ОЭС), а также Cl⁻, SO₄²⁻ и сухого остатка в отобранных пробах скважинной воды ТК-5бис.

Результаты мониторинга указанных химических показателей с 2019г. по 2023 г. с малыми коэффициентами вариации (от 1.3. до 3,7%) средних годовых значений показывают отсутствие значимого междугодичного изменения химического состава внутриводостовоной воды ТК-5бис для указанного периода.

Полученные сезонные результаты мониторинга за 2019-2023гг. демонстрируют однородность и стабильность химического состава воды по стволу скважины ТК-5бис до отметки 400 м. Также не выявлено заметного межсезонного изменения химического состава внутриводостовоной воды ТК-5бис.

Соотношение Na⁺ - Cl⁻ принято за основной индикатор стабильности гидрологического режима в стволе скважины ТК-5бис. Проведено сравнение полученных средних годовых “точек” с 2019 г. по 2023 г. в системе координат Na⁺ - Cl⁻. Расположение этих “точек” хаотично и характерно для их случайного разброса.

По результатам 5-летних данных по содержанию Na⁺ и Cl⁻ не выявлены значимые изменения/тренды по общей минерализации, определяемой в основном содержанием NaCl. Учитывая все полученные данные химического анализа с 2019г., техническая вода в скважине ТК-5бис имеет стабильный макрокомпонентный состав с 2019 г. по 2023 г. Т.о. по состоянию на 2023г. гидрологическая ситуация в стволе скважины ТК-5бис с высокой вероятностью стабильная, разгерметизация ствола скважины ТК-5бис маловероятна. Гидрохимический мониторинг скважины ТК-5бис продолжается для оценки гидрологической ситуации.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

ДЕТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСПАДА ИЗОТОПОВ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Author: М.С. Тезекбаева¹

Co-authors: А.А. Кузнецова¹; А.В. Еремин¹; А.В. Исаев¹; А.Г. Попеко¹; А.И. Свирихин¹; Б.С. Сайлаубеков¹; В.И. Чепигин¹; Д.Е. Катрасев¹; Е.А. Сокол¹; М.Л. Челноков¹; О.Н. Малышев¹; Р.С. Мухин¹; Ю.А. Попов¹

¹ Объединенный институт ядерных исследований

Corresponding Authors: mereykai01@gmail.com, isaev@jinr.ru, eremin@jinr.ru

В ЛЯР ОИЯИ на новом универсальном газонаполненном сепараторе GRAND [1] на ускорителе ДЦ-280 планируются эксперименты по детальному изучению свойств радиоактивного распада изотопов сверхтяжелых элементов (СТЭ).

В данной работе будут представлены результаты первого тестового эксперимента с мишенью большого диаметра, позволяющая работать с высокоинтенсивными пучками тяжелых ионов. Тестовые измерения проводились при помощи реакции полного слияния $^{48}\text{Ca}+^{206}\text{Pb}$, при двух различных энергиях пучка 228 и 231 МэВ. Эксперимент был направлен на исследование барьера стойкости новой мишени.

Приводятся результаты изучения структуры тяжелых изотопов *No* и *Rf*, на основании которых был освоен метод α -, β -, γ -спектроскопии. Данный метод позволяет измерять уровни, определять каким образом развивается систематика этих уровней для сильно деформированных ядер.

Первыми кандидатами на исследование радиоактивных свойств распада СТЭ являются изотопы ^{286}Fl и ^{288}Mc , которые образуются в реакциях $^{242}\text{Pu}(^{48}\text{Ca},4n)$ и $^{243}\text{Am}(^{48}\text{Ca},3n)$, соответственно.

В экспериментах на DGFS2 [2] для изотопа ^{286}Fl была обнаружена новая α -линия с энергией на 100–200 кэВ ниже основного пика α -частиц, что может быть связано с заселением низколежащего 2^+ состояния в дочернем ядре ^{282}Cn или переход, соединяющий изомерные состояния в ^{286}Fl и ^{282}Cn [3]. Синтез изотопа ^{288}Mc позволяет исследовать сразу 6 изотопов СТЭ в генетической цепочке α -распада вплоть до ^{268}Db [4]. На установках TASCA (GSI) [5] и BGS (LBNL) [6], на основе γ -спектроскопии, была получена предварительная информация о расположении уровней изотопов ^{280}Rg и ^{276}Mt , которые образуются в 3-ем и 4-ом поколении α -распада ^{288}Mc .

1. Еремин А.В. и др. Универсальный газонаполненный сепаратор GRAND. Первые экспериментальные результаты // Письма в ЭЧАЯ. 2024. Vol. 3, № 254. P. 647–659.
2. Oganessian Y.T. et al. DGFRS-2—A gas-filled recoil separator for the Dubna Super Heavy Element Factory // Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip. Elsevier Ltd, 2022. Vol. 1033, № March. P. 166640.
3. Ibadullayev D. et al. Study of the $^{242}\text{Pu} + ^{48}\text{Ca}$ Reaction at Super Heavy Element Factory // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2023. Vol. 87, № 8. P. 1118–1122.
4. Kovrizhnykh N.D. et al. First Experiment at the Super Heavy Element Factory: New Data from the $^{243}\text{Am} + ^{48}\text{Ca}$ Reaction // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2023. Vol. 87, № 8. P. 1098–1104.
5. Rudolph D. et al. Spectroscopy of element 115 decay chains // Phys. Rev. Lett. 2013. Vol. 111, № 11. P. 1–5.
6. Gates J.M. et al. Decay spectroscopy of element 115 daughters: $^{280}\text{Rg} \rightarrow ^{276}\text{Mt}$ and $^{276}\text{Mt} \rightarrow ^{272}\text{Bh}$ // Phys. Rev. C - Nucl. Phys. 2015. Vol. 92, № 2. P. 5–10.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

ДЕТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИУСТЬЕВЫХ ПЛОЩАДОК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ОБЪЕКТОВ ЛИРА

Author: Varvara Makarova^{None}

Co-authors: Л.Н. Филиппова¹; М.А. Левашов¹; М.А. Севериненко¹; М.М. Умарова¹; О.С. Мильц¹

¹ РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК, г.Алматы, Республика Казахстан

Corresponding Author: v_artiomova@mail.ru

Объекты ЛИРА созданы в результате подземных ядерных взрывов, проведенных в мирных целях на территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения в 1983-1984 гг. Всего было создано шесть подземных резервуаров в отложениях каменной соли на соляном куполе Карачаганак для временного хранения газоконденсата в производственном цикле разработки месторождения.

Подземные резервуары ТК-1, ТК-2, ТК-3, ТК-4 использовались в процессе опытно-промышленной эксплуатации КНГКМ до 1995 года. Подземный резервуар скважины ТК-5 в процессе создания заполнился подземными водами. Была проведена его изоляция от дневной поверхности установкой в стволе скважины дублера ТК-5 «бис» цементной пробки. В подземном резервуаре ТК-6 при вводе в эксплуатацию произошло технологическое осложнение. В результате проведенных аварийно-технологических работ осложнение устранено не было. Резервуар находится в естественных природных условиях. Состояние его подземной части неизвестно.

Все шесть подземных резервуаров (ТК-1, ТК-2, ТК-3, ТК-4, ТК-5 и ТК-6), наблюдательные скважины, территория объектов ЛИРА, а также прилегающие к границам объектов территории КНГКМ и ближайшие к объектам ЛИРА населенные пункты, расположенные за контуром КНГКМ являются объектами долгосрочного комплексного мониторинга.

В связи с истечением длительного периода времени с начала мониторинговых исследований территории объектов ЛИРА, в результате воздействия природных факторов, таких как осадки, ветровая эрозия, климатические условия и техногенной деятельности могло произойти перераспределение и локальное накопление радионуклидов в грунте в приповерхностной зоне. Для определения таких возможных локальных участков с 2020 года начаты работы по детальному исследованию приустьевых площадок технологических скважин ТК-1 –ТК-6.

За период 2020-2023 год проведено обследование территорий приустьевых площадок скважин ТК-3 –ТК-6 и по их периметру.

Лабораторный анализ состава отобранных проб почвы проведен в базовой лаборатории Центра комплексных экологических исследований РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК. Методами инструментальной гамма-спектрометрии и радиохимии определены удельные активности искусственных радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ($^{239}+^{240}\text{Pu}$), ^{241}Am).

Из полученных данных следует, что удельные активности радионуклидов в пробах грунта находятся в следующих диапазонах значений (Бк/кг): ^{137}Cs –от 0,13 до 740, ^{90}Sr –от 0,8 до 64,9, ($^{239}+^{240}\text{Pu}$) –от 0,08 до 0,26, ^{241}Am –от 0,1 до 0,95.

Большинство значений удельных активностей исследуемых радионуклидов находятся на фоновом уровне и значительно ниже нормируемых значений, установленных гигиеническими нормативами. Выявлены точки с повышенными над фоном значениями удельной активности ^{137}Cs в пробах грунта, которые располагаются на территории приустьевых площадок скважин ТК-4 и ТК-5. Вероятнее всего это связано с проводимыми на ТК-4 и ТК-5 технологическими работами в 1987-1988 гг.

Проведенные исследования показали, что радиоэкологическая ситуация на исследуемых территориях является стабильной и не вызывает опасений.

В 2024-2025 гг. запланированы работы по исследованию территорий приустьевых площадок скважин ТК-1 –ТК-2 и по их периметру.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

165

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПИРОВАНИЯ ОКСИДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА ЛИТИЯ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ

Author: Shyngys Khametov¹

¹ *Kazakhstan*

Corresponding Author: kh.shyngys@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПИРОВАНИЯ ОКСИДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА ЛИТИЯ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ

Хаметов Ш.М.

НАО Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Возможность использования литиевых керамик в качестве материалов для воспроизводства трития в термоядерных реакторах увеличивает научный интерес к исследованиям в этой области. Так в 2023 году было выпущено 46 научных публикаций в исследовательских журналах, индексируемых только в системе Web of Science. Для повышения устойчивости в качестве допантов используются оксидные соединения. Подбор оксидных соединений происходит за счет их физико-химических и структурных свойств, которые могут внести изменения в свойства допируемых керамик. В качестве допанта для титаната лития предлагается оксид магния, благодаря свойствам которого повышается устойчивость к повышению температуры, радиационным и механическим воздействиям. В качестве метода синтеза был выбран метод твердофазного механохимического перемалывания, в диапазоне температур спекания 800-1200°C.

Целью данной работы является оценка потенциала улучшения устойчивости к радиационному охрупчиванию и набуханию при накоплении гелия в структуре литийсодержащих керамик (Li_2TiO_3) путем их допирования оксидными соединениями. Анализ морфологических данных полученных таблеток из керамики, легируемой оксидом магния выявил высокую пористость (до 30%), что дает нам возможность беспрепятственного высвобождения трития. Ведутся работы над увеличением прочности, а также планируется эксперимент по высокотемпературному облучению ионами He^{2+} .

Section:

Energy and materials science (Section 2)

245

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ФАЗОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В КОМПОЗИТНЫХ $x\text{Al}_2\text{O}_3 - (1-x)\text{Si}_3\text{N}_4$ КЕРАМИКАХ ПРИ ВАРИАЦИИ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТ

Author: Serik Azambayev¹

Co-author: Artem Kozlovskiy²

¹ *L.N. Gumilyov Eurasian National University*

² *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: artem88sddt@mail.ru, s.azambayev@ncste.kz

Расширение перспектив применения композитных керамик в качестве огнеупорных, жаропрочных или радиационно-стойких конструкционных материалов, способных выдерживать экстремальные условия эксплуатации требует детального изучения не только процессов их получения, но и

комплексных исследований, направленных на определение влияния фазового состава композитных керамик на сохранение стабильности прочностных и теплофизических параметров. Цель исследования заключается в определении влияния изменений фазового состава $Al_2O_3 - Si_3N_4$ керамик, полученных с применением метода механохимического твердофазного перемалывания, на устойчивость к процессам длительного термического воздействия, сопровождающегося процессами окисления и разупрочнения. Синтез $xAl_2O_3 - (1-x)Si_3N_4$ керамик был осуществлен с применением метода твердофазного механохимического перемалывания с использованием вариации стехиометрического соотношения компонент, изменение которых обуславливает фазовые трансформации, а также вариацию прочностных, оптических и теплофизических параметров.

Согласно оценке фазовых трансформаций в $xAl_2O_3 - (1-x)Si_3N_4$ керамик при вариации соотношения компонент было установлено, что термический отжиг в кислородосодержащей среде при концентрации Al_2O_3 равной порядка 0.3–0.5 М происходит формирование орторомбической фазы $Al_2(SiO_4)O$, увеличение вклада при концентрациях выше 0.5 М которой обуславливает увеличение теплофизических параметров и устойчивости к высокотемпературной деградации. При определении теплофизических параметров было установлено, что формирование в составе керамик фазы $Al_2(SiO_4)O$, увеличение вклада которой приводит к снижению пористости обуславливает увеличение коэффициента теплопроводности на 10–60 % в сравнении с теплопроводностью однокомпонентных Si_3N_4 и Al_2O_3 керамик, низкие значения для которых обусловлены высокой пористостью.

В ходе проведенных испытаний не термостойкость было установлено, что формирование композитных керамик с фазовым составом $Si_3N_4(SiO_2)/Al_2(SiO_4)O/Al_2O_3$ приводит к увеличению стабильности прочностных свойств к термически–индуцированному окислению, оказывающему негативное влияние на устойчивость к разупрочнению и снижению твердости. При этом наличие фазы $Al_2(SiO_4)O$ в составе керамик обуславливает замедление процессов термического окисления фазы Si_3N_4 при длительном температурном воздействии.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

187

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИКИ $Sm_2Zr_2O_7$, ПОЛУЧЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОМОЛА

Author: Malik Kaliyekperov^{None}

Co-author: Rafael Shakirzyanov¹

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University

Corresponding Authors: vostokuka@mail.ru, shakirzyanov_ri@enu.kz

В последние годы цирконаты со структурой пироклора ($A_2Zr_2O_7$) нашли широкое применение во многих областях, таких как изготовление высокотемпературных термобарьерных покрытий, твердых топливных элементов и иммобилизация радиоактивных изотопов. Основной причиной использования $A_2Zr_2O_7$ керамик в вышеупомянутых областях является сочетание высокой стойкости к радиационному повреждению, высокой температуры плавления и химической инертности.

В данной работе были получены $Sm_2Zr_2O_7$ керамики методом твердофазного синтеза, а также изучено влияние высокоэнергетического помола и температурного отжига на механические свойства и микроструктуру образцов. Для характеристики полученных керамик использовались методы рентгенофазового анализа, энерго-дисперсионного анализа, метод индентирования и оценка распределения размера зерен.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

286

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РАЙОНЕ Г.ТОМСКА

Author: Олеся Марченко^{None}

Co-author: Борис Белан¹

¹ *Институт оптики атмосферы им.Зуева*

Corresponding Author: marchenko@nnc.kz

В районе г.Томска проведен мониторинг содержания парниковых газов в приземном слое атмосферы. Измерения проходили на трех постах мониторинга в условиях разного уровня антропогенной нагрузки. В данной работе представлены результаты за 2013-2017 гг.

В ходе выполнения работы исследованы суточный и годовой ходы CO₂ и O₃ в приземном слое атмосферы, в следствие чего определены и интерпретированы их особенности.

Наибольшие изменения в поведении исследуемых малых газовых компонентов отмечаются в теплое время года.

В случае CO₂ изменение его концентрации напрямую связаны с погодными условиями и процессами фотосинтеза и дыхания растительности. Это отражается в особенности суточного хода CO₂. Накопление происходит в ночные часы, а уменьшение его концентрации в дневные часы, Процесс четко проявляется с апреля по октябрь.

Повышенная изменчивость O₃ в теплый период связана с фотохимической генерацией днем, а также более интенсивным прогревом воздушных масс. В суточном ходе содержание O₃ больше в дневное время, чем в ночное время. В годовом ходе концентрация O₃ намного выше в весенний и летний период и значительно уменьшается в осенний и зимний сезоны.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

161

ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПОЛИМОРФНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В ZrO₂ КЕРАМИК ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

Author: Artem Kozlovskiy¹

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Author: artem88sddt@mail.ru

Одним из важных факторов определяющих перспективы использования керамических материалов в качестве основы для создания инертных матриц дисперсного ядерного топлива является устойчивость керамик к совокупности эффектов, связанных с термическим воздействием и радиационными повреждениями. При этом в случае перехода к новым типам ядерных реакторов, в частности, к высокотемпературным ядерным реакторам, при определении типа материала инертной матрицы необходимо учитывать ее устойчивость к деградации при высокотемпературной эксплуатации (в режимах 500–700 °С, характерных температур активной зоны). При подобных режимах эксплуатации могут возникать эффекты, характерные для

процессов термического расширения, которые в свою очередь способны привести либо к ускорению процессов радиационно – индуцированной деградации либо к эффекту «самозалечивания» образующихся дефектов в результате облучения.

Рассматриваемый в качестве перспективного материала для ядерной энергетике диоксид циркония (ZrO_2) обладает достаточно хорошим набором свойств, таких как высокие показатели инертности к агрессивным средам, температурным воздействиям (малая величина коэффициента теплового расширения при длительной эксплуатации при высоких температурах), прочностных характеристик (твердости, износостойкости, трещиностойкости). Однако, известные эффекты полиморфизма (возможности испытывать полиморфные фазовые трансформации типа $m-ZrO_2 \rightarrow t-ZrO_2$ или $t-ZrO_2 \rightarrow c-ZrO_2$), которые сопровождаются изменением плотности керамики, а также обусловленными подобными эффектами изменениями прочностных и теплофизических параметров необходимо учитывать при работе с данными керамиками в случае использования их в качестве основы для создания инертных матриц дисперсного ядерного топлива или же материалов контейнеров для длительного хранения отработанного ядерного топлива.

В работе рассмотрено влияние температуры высокодозного облучения тяжелыми ионами He^{23+} на изменение оптических и структурных свойств, а также степень полиморфных трансформаций в поликристаллических ZrO_2 керамиках. Интерес к подобным исследованиям обусловлен в первую очередь возможностью получения новых данных о механизмах радиационно – индуцированных повреждений, связанных с воздействием тяжелых ионов, сравнимых с осколками деления ядерного топлива, а также сопоставить наблюдаемые изменения свойств поврежденного слоя с процессами полиморфных трансформаций, характерных для ZrO_2 керамик. Анализ полученных данных изменений оптических и структурных особенностей керамик в зависимости от условий облучения показал, что увеличение температуры облучения приводит к менее выраженной структурной деградации, обусловленной деформационными искажениями связей $OI-Zr-OI$ и $Zr-OI-Zr$, а также накоплению кислородных вакансий в поврежденном слое. При этом с применением совокупности исследовательских методов было определено, что при температурах облучения выше 700 К процессы полиморфных трансформаций $t-ZrO_2 \rightarrow c-ZrO_2$, вызванные радиационно – деформационным воздействием менее выражены, что приводит к формированию включений в виде $t-ZrO_2$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования и науки Республики Казахстан (№ AP14871119).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

10

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ГОРОДА АЛМАТЫ

Author: Marina Krasnoporova^{None}

Corresponding Author: kmv001@mail.ru

Вода является важным компонентом всего живого на Земле и загрязнение воды тяжелыми металлами может привести к пагубным последствиям для здоровья населения [1]. В рамках проведенных исследований был изучен элементный состав 78 проб питьевой воды и 64 проб поверхностных рек города Алматы, отобранных зимой, летом и осенью 2023 года в разных районах г. Алматы. Нужно отметить, что для большей части районов города для получения питьевой воды используются поверхностные водотоки.

При элементном анализе исследуемых водных проб в Институте ядерной физики использовались методы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП–МС) и оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП–ОЭС). Для элементного анализа использовались неразбавленные водные пробы.

В нормативной литературе Республики Казахстан [2] рекомендуется использовать следующие

гигиенические критерии качества питьевой воды для содержащихся в ней микроэлементов:

1. Для тяжелых металлов 3 и 4 классов опасности их содержания не должны превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК) для питьевой воды, принятые в Республике Казахстан [2-3].

2. При обнаружении в питьевой воде нескольких тяжелых металлов, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, индекс загрязнения тяжелыми металлами, определяемый как сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК, не должен превышать 1.

Были получены содержания химических элементов As, Be, Co, Cd, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Se, U, Hg, Al, Ba, Cr, Fe, Mn, Sr, V, Zn, Ca, K, Mg и Na. На основе полученных данных были рассчитаны средние содержания по трем выборкам и стандартные отклонения для каждой точки пробоотбора.

Для всех изученных химических элементов 3 и 4 классов опасности средние содержания не превышают ПДК. Таким образом, для всех точек пробоотбора выполняется 1 гигиенический критерий качества питьевой воды.

Для элементов 1 и 2 классов опасности отсутствуют точки пробоотбора, в которых средние содержания превышают ПДК. В то же время для этих химических элементов 2 гигиенический критерий качества питьевой воды не выполняются для 10 из 26 точек пробоотбора. Особенно обращает на себя внимание большие содержания урана, относящегося к первому классу опасности. Причем средние содержания элемента стабильно высокие для всех точек пробоотбора. В пробах поверхностных вод помимо элементного состава определены также общая минерализация, содержание хлорид- и сульфат-ионов. В некоторых точках пробоотбора для Ba, Ca, Mg, хлорид- и сульфат-ионов наблюдаются превышения ПДК. Таким образом, имеет место локальное сезонное загрязнение отдельных участков рек.

В соответствии с классификацией, принятой в РК [4], качество воды для всех точек отбора соответствует 3 классу – умеренно загрязненные воды. Превышения пороговых значений, соответствующих хорошему качеству воды, наблюдаются по элементам медь, алюминий и марганец. При этом на стадии водоподготовки происходит достаточно эффективная очистка от потенциальных загрязнителей питьевой воды.

Для характеристики степени пригодности воды поверхностных водотоков в целом был использован метод взвешенного арифметического индекса [5], рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения, который определяет рейтинг качества воды, характеризуя, таким образом, степень ее пригодности в питьевых целях. Рассчитанные индексы качества воды для всех точек пробоотбора соответствуют критерию «Прекрасное качество воды» с возможностью ее использования для питьевых целей.

Представленные исследования финансируются Комитетом науки и Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP14869418).

Ссылки:

1. Singh, A., Sharma, A., Verma, R. K., Chopade, R. L., Pandit, P. P., Nagar, V., ... & Sankhla, M. S. (2022). Heavy metal contamination of water and their toxic effect on living organisms. In the toxicity of environmental pollutants. Intech Open.
2. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», утв. приказом и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № КР ДСМ-275/2020.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03.
4. Об утверждении единой системы классификации качества воды в водных объектах, Приказ Председателя Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от 9 ноября 2016 года № 151
5. Brown, Robert M., et al. “A water quality index—crashing the psychological barrier.” Indicators of Environmental Quality: Proceedings of a symposium held during the AAAS meeting in Philadelphia, Pennsylvania, December 26–31, 1971. Springer US, 1972.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ БЕТА-РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Authors: Yuliya Zaripova¹; Vyacheslav Dyachkov²; Alexandr Yushkov¹; Kuralay Dyussebayeva¹

¹ *al-Farabi Kazakh National University*

² *Faculty of Physics. Voronezh State University*

Corresponding Authors: kura15@mail.ru, lnirp206@gmail.com, zj_kaznu@mail.ru

Международное агентство по атомной энергии считает, что облучение населения естественной радиацией мало влияет на здоровье [1], в то время как Всемирная ядерная ассоциация заявляет, что любая доза облучения сопряжена с возможным риском для здоровья человека [2]. Особенно это связано с радоном, который является первой причиной возникновения рака лёгких среди некурящих людей [3] и его вклад в годовую дозу облучения составляют не менее 50%. Помимо того, что человек вдыхает радон и его дочерние продукты распада (ДПР), он также употребляет в пищу продукты содержащие в себе радионуклиды. Продукты распада естественных радиоактивных рядов и такие изотопы, как K-40 и Rb-87 являются наиболее распространенными радионуклидами, встречающимися в природе в почве, воздухе, воде, растениях и пищевых продуктах [2]. Радионуклиды трудно удалить из пищевой цепи, поэтому необходимо уделять больше внимания изучению и постоянному анализу пищевых продуктов которые входят в рацион населения [4]. Поэтому для защиты населения от нежелательного облучения естественными источниками радиации, радиоактивность в пробах окружающей среды, включая пищевые продукты, нуждается в периодическом контроле. А изучение проблемы накопление радионуклидов при их длительном хранении является актуальной задачей.

Целью данной работы являлось изучение абсорбции ДПР радона в продуктах питания при их длительном хранении для оценки вклада в дозовую нагрузку на пищеварительную систему организма отдельных радионуклидов. В качестве объектов исследования были выбраны: а) грецкие орехи (со сроком хранения - 5 лет и 1 месяц); б) чай в гранулах (4 года, 6 месяцев); в) крупяные изделия (4 года, 2 месяца), являющимися одними из наиболее потребляемых в стране [5]. Предметом исследования являлась удельная бета-активность образцов, а также количественная оценка концентрации Pb-210 и Bi-210 в изученных образцах. Так как при распаде радона в ДПР образуются, в том числе бета-радионуклиды Pb-210 и Bi-210 с энергиями бета-частиц 0,063 МэВ и 1,161 МэВ и периодами полураспада равными 22,2 года и 5,012 дней, соответственно. Они являются самыми долгоживущими бета-радионуклидами при распаде изотопов радона, что приводит к необходимости учета дозы, которую они формируют. После пробоподготовки выполнялись бета-спектрометрические измерения с помощью установки СКС-99 «СПУТНИК». Экспозиция измерения составляла не менее 10000 событий.

Было обнаружено увеличение удельной бета-активности в образцах чая и крупяных изделиях не более чем на 26% с увеличением срока их хранения. Для анализа вклада каждого долгоживущего бета-радионуклида в получаемую дозу, полученные спектры были проанализированы с помощью собственного разработанного программного обеспечения. Установлено, что содержание Pb-210 и Bi-210 в исследуемых образцах не превышает уровни вмешательства для данных радионуклидов. Согласно [6, 7], при поступлении с водой и пищей соответствует 0,12 Бк/кг для Po-210, 0,2 Бк/кг –Pb-210. А ожидаемая эффективная эквивалентная доза при употреблении продуктов питания с длительным периодом хранения увеличивается на 12,5%.

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP23486701 финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан

1. Elegba S.B., Funtua I.I. Naturally occurring radioactive material assessment of oil and gas production installations in Nigeria // Int. At. Energy Agency. –2005. –Vol. 37. –P. 256-258.
2. World Nuclear Association. Available online: <https://world-nuclear.org/>.
3. Jankovic M.M., Todorovic D.J., Todorovic N.A., Nikolov J. Natural radionuclides in drinking waters in Serbia // Appl. Radiat. Isot. –2012. –Vol. 70. –P. 2703-2710.
4. EL-Araby E.H., Shabaan D.H. Measurement of radioactive concentration in different foodstuffs consumed in Jazan region // Food Chemistry. –2023. –Vol. 424. –136363.

5. Бюро национальной статистики. –URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/labor-and-income/stat-life/spreadsheets/>
6. Приказ МЗ РК от 2.08.2022 г. № ҚР ДСМ-71 «Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности». –URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012>.
7. СП «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам». Приказ МЗ РК от 25.08.2022 г. № ҚР ДСМ-90. –URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029292#z7>

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

124

ИМЕЕТСЯ ЛИ ОСТРОВК СТАБИЛЬНОСТИ ПРИ $Z=126$?

Author: Игорь Спивак-Лавров¹

Co-author: Шугаева Жалгасовна²

¹ муж

² жен

Corresponding Authors: spivakif@rambler.ru, tlektes21@mail.ru

Может ли существовать достаточно стабильное атомное ядро с $Z=126$? В настоящее время экспериментально получен и официально зарегистрирован элемент 118 –Оганесон (Og). Получено несколько атомов этого вещества с периодом полураспада 1 мс. Экспериментальные трудности пока не позволили получить элемент с большим значением Z .

Section:

Nuclear physics (Section 1)

259

ИММЕРСИОННЫЙ ОБЪЕКТИВ С УЛУЧШЕННОЙ ФОКУСИРОВКОЙ

Authors: Евгений Якушев¹; Сеиткерим Бимурзаев¹

¹ Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева

Corresponding Author: bimurzaev@mail.ru

Иммерсионный объектив является основным элементом электронно-оптического тракта эмиссионного микроскопа, ответственным за ускорение вылетевших из точек поверхности катода электронов и формирование первичного увеличенного электронного изображения этой поверхности. Для оценки качества изображения используется абберация второго порядка малости, которая, как известно, принципиально не зависит от пространственного распределения потенциала в объективе. При этом качество изображения определяется только закономерностями электронной эмиссии и напряженностью поля у поверхности катода. В настоящей работе рассмотрена новая теоретическая возможность улучшения качества фокусировки иммерсионного объектива путем учета сферо-хроматических аббераций третьего порядка,

зависящих также и от пространственного распределения поля.

Впервые рассчитаны фокусирующие свойства иммерсионного объектива, состоящего из плоского катода и соосных цилиндров равного диаметра, с учетом статистических закономерностей тока электронной эмиссии и сферохроматических аберраций до третьего порядка малости включительно. Существенное повышение разрешающей способности в плоскости гауссова изображения достигается в случае, когда электронно-оптический тракт иммерсионного объектива, кроме ускоряющего электрода, содержит дополнительный фокусирующий электрод, причем соотношения потенциалов на этих электродах определенным образом согласуются с параметрами электронной эмиссии.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP14869293).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

240

ИНДУКЦИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ У ТРИТИКАЛЕ (× TRITICOSE-SCALE) С ПОМОЩЬЮ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Author: Anastasiya Kruglyak¹

Co-authors: Александр Соловьев²; Юлия Алексеёнок¹; Александр Дорошкевич¹

¹ *Joint Institute for Nuclear Research*

² *Всероссийский центр карантина растений*

Corresponding Authors: anastasiya.kruglyak@nf.jinr.ru, beataa@gmail.com

Учитывая постоянный рост населения планеты, сокращение площади земель и быстрые темпы изменения климата, существует постоянная необходимость в создании новых генотипов, сочетающих признаки высокой урожайности и устойчивости к био- и абиотическим факторам. Культура тритикале (×Triticosecale) используется для различных целей (кормовые, продовольственные, технические) и получает все большее распространение в мировом земледелии. По последним данным FAOSTAT (2023) площадь ее посева на земном шаре превышает 4 млн.га, при этом для тритикале характерен низкий уровень генетического разнообразия [1].

Несмотря на стремительное развитие современных технологий, включая геномное редактирование, радиационный мутагенез остается востребованным методом в селекции растений и молекулярно-генетических исследованиях в виду отсутствия нормативных и этических проблем.

Плотнoионизирующее облучение быстрыми нейтронами вызывает множество отличных по размеру и количеству копий мутаций, такие как замена одиночных оснований, инверсии, делеции, вставки, транслокации, тогда как другие виды воздействия вероятнее вызывают одинаковый тип мутации [2].

С целью создания и дальнейшего изучения генетического потенциала у культуры тритикале проводится облучение быстрыми нейтронами семян сорта Ботаническая 4 на ускорителе ЭГ-5 (Россия, Дубна, ОИЯИ, ЛНФ). Получены предварительные характеристики растений поколений M1 и M2, проведен фенотипический анализ поколения M2, в результате которого выявлены мутации различного типа.

Литература

1. Медведев, А. М., Горянина, Т. А. О перспективах улучшения озимых и яровых тритикале в Российской Федерации (2024). *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2(50):61-68. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-61-68.
2. Belfield, E. J., Gan, X., Mithani, A., Brown, C., Jiang, C., Franklin, K., Alvey, E., Wibowo, A., Jung, M., Bailey, K., Kalwani, S., Ragoussis, J., Mott, R., & Harberd, N. P. (2012). *Genome-wide*

analysis of mutations in mutant lineages selected following fast-neutron irradiation mutagenesis of *Arabidopsis thaliana*. Genome research, 22(7), 1306–1315. DOI: 10.1101/gr.131474.111.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

135

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Author: Markelova Elena¹

Co-authors: Samad Vasidov²; Saydahmad Khujaev²

¹ Scientist

² Scientist

Corresponding Authors: hopel1988@mail.ru, samad@inp.uz

Радионуклиды с рентгеновским излучением такие как ^{125}I ($T_{1/2}=60$ d; $E_{\gamma}=28$ keV), ^{103}Pd ($T_{1/2}=17$ d; $E_{\gamma}=21$ keV) и ^{131}Cs ($T_{1/2}=9.8$ d, $E_{\gamma}=31$ keV) успешно используются во всем мире.

Этот вид радионуклидов имеет небольшие периоды полураспада и невысокие энергии рентгеновского излучения. Специалисты ядерной медицины американской компании «IsoRayMedical» (www.isoray.com) отдали предпочтение ^{131}Cs , чем ^{125}I и ^{103}Pd , из-за более короткого периода полураспада и более высокой энергии рентгеновского излучения. При классическом подходе радионуклид закрепляется в титановых капсулах для имплантации в опухоль. Использование радионуклидов ^{131}Cs в титановых капсулах в наших условиях связано с некоторыми техническими трудностями и недоступностью высокотехнологичного оборудования.

Целью работы была разработка технологии получения ^{131}Cs и создание сферических биополимерных X-излучателей на основе радионуклида ^{131}Cs и хитозанового сорбента.

^{131}Cs является дочерним радионуклидом родительского радионуклида ^{131}Ba , который образуется в результате реакции $^{130}\text{Ba}(n,\gamma)^{131}\text{Ba}$ после облучения в течение 140 часов 3 г BaO на ядерном реакторе ВВР-СМ ИЯФ АНРУ Уз. Для выделения ^{131}Cs из высокоактивного раствора бария разработана радиохимическая схема получения ^{131}Cs и отработаны оптимальные условия. В схеме используется микроволновое излучение и циклическое выделение целевого нуклида с радиохимической чистотой, отвечающей медицинским требованиям.

Эффективность сорбции ионов ^{131}Cs гранулами хитозана не превышает 36%. Для повышения эффективности сорбции хитозан модифицирован добавками ферроцианида калия и хлоридов переходных металлов. Используемый хитозан – синтезирован из коконов тутового шелкопряда и предоставлен Научным центром химии и физики полимеров Национального университета Узбекистана. На основе $^{131}\text{CsCl}$ и хитозанового сорбента с модифицирующими добавками получены рентгеновские биополимерные гранулы. Для получения рентгеновских гранул разработан способ грануляции с помощью двухслойной осадительной ванны. Угловое распределение активности дозы гранул измеряли в воздухе, воде и биологической ткани с помощью универсального дозиметра FH-40LG Eberline. Полученные гранулы подвергали шивке глутаральдегидным раствором для образования твердых и герметичных сфер. Диаметры и радиоактивность гранул можно регулировать в пределах $0,5\pm 0,05 - 1,0\pm 0,1$ мм и $(0,74-2,22)\cdot 10^8$ Бк/гранула соответственно.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РОДИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Author: Bakhrom Yarmatov^{None}

Corresponding Author: yarmatov@inp.uz

Садиков И. И., Ярмагов Б.Х., Мирсагатова А.А., Мухтарова С.К., Каромов Ю.К.

Лаборатория ядерной аналитики Институт Ядерной Физики, Академия Наук Республики Узбекистан, Улугбек, Ташкент, 100214

Родий применяется в катализаторах, в том числе в каталитических фильтрах-нейтрализаторах выхлопных газов автомобилей. Основная сложность при разработке методик анализа родия является вскрытие образца, в связи с тем, что родий в силу химической инертности практически не растворяется в кислотах и щелочах.

Вместе с тем НАА является одним из редких методов, которые при анализе элементного состава не требует перевода образца в раствор. Инструментальный вариант НАА применяется в тех случаях, когда матрица слабо активируется, образующиеся радионуклиды имеют короткий период полураспада, или низкий выход гамма излучения.

Цель этих исследований является определение содержания примесных элементов в образце родия высокой чистоты, методом инструментального нейтронно-активационного анализа. С использованием компьютерной программы NAAPRO смоделированы условия ИНАА родия. Установлено, что для обеспечения необходимой чувствительности анализа оптимальными условиями ИНАА родия являются время облучения 10 ч, время охлаждения 1; 5; 10 и 30 суток, расстояние образец-детектор 5-10 см.

Методика определения примесных элементов в родии высокой чистоты заключалась в следующем: 0,15 г металлического родия вместе с образцами сравнения определяемых элементов запаляли в кварцевую ампулу, поместили в алюминиевый контейнер и облучили в ядерном реакторе ВВР-СМ в течение 10 часов в потоке нейтронов 5-7¹⁰13см-2с. Через 1,5 сутки после облучения образец распаковали, удалили поверхностное загрязнение промывкой в хлористоводородной кислоте, затем дистиллированной водой, ацетоном и измеряли гамма активность образца на гамма спектрометре в течение 1000 с, на расстоянии 10 см от детектора.

Повторное измерение проводили через 10 дней после облучения в течение 1000 с непосредственно на детекторе и 30 суток в течение 3000 с на расстоянии 5 см от детектора. Измерение гамма активности образцов сравнения проводили в аналогичных с образцом условиях в течение от 100 до 500 с в зависимости от их активности. При измерении на поверхности детектора расчетная входная нагрузка составила 148,3 тысяч имп/с. При такой нагрузке систематические погрешности настолько велики, что измерение в этих условиях не рекомендуется.

На расстоянии 5 см от детектора входная нагрузка существенно уменьшается и составляет 33 тысяч имп/с. При этом 17,4 тыс. имп/с за счет матричных радионуклидов и 15,6 тыс. имп/с за счет радионуклидов примесных элементов. Качественное измерение на стандартных гамма спектрометрах по рекомендациям производителей проводится при входной нагрузке до 15 тыс. имп/с. Однако при использовании разработанной нами методики измерения при высоких скоростях счета, возможно снизить систематические погрешности и проводить измерение в данных условиях. Расчеты показали, что при нагрузке на расстоянии 10 см от детектора входная нагрузка составляет 12,4 тысяч имп/с. При этом 7100 имп/с за счет матрицы, а 5300 за счет примесей. В этих условиях можно проводить качественное измерение без применения особых способов измерения.

При измерении образца через 10 дней после облучения и распада 105Rh входная нагрузка составила 10 тыс. имп/с, из которых 9,2 тыс. имп/с за счет примесей и только 800 имп/с за счет матрицы.

Через 30 дней после облучения входная нагрузка всего 1080 имп/с, и при этом полностью только за счет примесных радионуклидов. Через 10 дней после облучения доля активности радионуклидов матричных элементов менее 10 % от общей нагрузки и уже не влияет на измерение радионуклидов примесных элементов, и нет необходимости проводить дальнейшее измерение с более длительными временами охлаждения. Однако при этом можно наблюдать влияние радионуклидов примесных элементов с относительно высоким содержанием, например, золота, лантана, сурьмы и некоторых др. с периодом полураспада 1-5 дней. Поэтому измерение через 30 дней позволит снизить пределы обнаружения долгоживущих радионуклидов. Это позволяет определять в инструментальном варианте более 30 элементов с пределами обнаружения n.10⁻⁴ – n.10⁻⁸ % масс., а для некоторых элементов и ниже.

На основании полученных расчетных данных была разработана методика инструментального

нейтронно-активационного анализа чистого металлического родия.

С использованием компьютерного моделирования разработана методика ИНАА родия, позволяющая определить около 40 элементов с пределами определения $n \cdot 10^{-4}$ – $n \cdot 10^{-9}$ % масс. при $Sr = 0,1-0,12$.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

256

ИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИОБИИ, ПОДВЕРГНУТОМ РАДИАЦИОННОМУ И ТЕРМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Authors: Mikhail Vereshchak¹; Irina Manakova¹; Zhandos Tleubergenov¹; Aiken Nurpeisov²; Gauhar Yeshmanova¹; Anastassiya Migunova¹; Adilkhan Shokanov³

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Institute of nuclear physics, Kazakhstan*

³ *Abai Kazakh National Pedagogical University*

Corresponding Authors: aiken9898@mail.ru, zhandos_t85@mail.ru, mikhail.vereshchak@mail.ru, i.manakova25@mail.ru

Настоящая работа является продолжением исследований [1] и направлена на более детальное изучение радиационно-индуцированных процессов в ниобии, имплантированном ионами ^{57}Fe , для получения данных из зоны влияния этих ионов на структурно-фазовое состояние облученных образцов. Методами эффекта Мессбауэра в геометрии на пропускание (МС), обратного рассеяния по электронному каналу (КЭМС) и рентгенодифракционного анализа (РДА) проведены исследования влияния имплантации однозарядных ионов ^{57}Fe с энергией 200 кэВ и последующего изохронного отжига на структурно-фазовое состояние ниобия. Спектры образца после имплантации ионов ^{57}Fe и отжига при температуре 500оС состоят из синглета и дублета. Дублет и синглет имеют отрицательный изомерный сдвиг и, как следствие, более высокую электронную плотность по сравнению с металлическим железом. В работе обсуждается кинетика фазовых превращений в облученном ниобии при изохронном отжиге.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

62

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ (ИСП-МС) ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ЗОЛАХ И ШЛАМАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДАХ АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА.

Author: Temur Usmanov¹

¹ *Mamasolievich*

Corresponding Author: telefon7888@gmail.com

В данной работе речь идет об использовании методов масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) для определения элементного состава проб, отобранных из отходов Алмалыкского горно-металлургического производства.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

225

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА *SERRATULA CORONATA* L.

Author: Нуржигит Сейтжапар¹

Co-authors: Алишер Жумабаев²; Анастасия Машенцева²; Нургулим Айманова²; Сауле Ахметова³

¹ Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева

² Институт ядерной физики МЭ РК

³ Карагандинский медицинский университет.

Corresponding Authors: seitzhapar13@gmail.com, nurgulim.a.a@gmail.com, mashentseva.a@gmail.com, akhmetova_sb@mail.ru, zhumabaev.alisher2000@gmail.com

С использованием экологичного подхода методом мокрого сжигания нами были синтезированы биогенные наночастицы оксиды никеля(II). На финальной стадии синтеза НЧ варьировали температуру отжига в диапазоне 200-1000 °С, что позволило получить порошки НЧ с различной кристаллической структурой и составом. В данном исследовании нами изучена антибактериальная и противомикробная активности синтезированных биогенных наночастиц. Результаты показывают, что образцы биогенных наночастиц оксида никеля (II), синтезированных при температурном режиме –NiO 200-400°С умеренно выраженная в отношении грамположительных бактерий и дрожжеподобных грибов рода *Candida*, но наночастица оксида никеля (II), синтезированные при температурном режиме –NiO 200°С более эффективнее, чем синтезированные при температуре 300-400°С. В отношении грамотрицательных тест-штаммов и спорообразующих бацилл наночастицы оксида никеля (II), синтезированные при температурном режиме - NiO-200-400°С слабо эффективны. Эффективность биогенных наночастиц оксида никеля (II), синтезированных при температурном режиме –NiO 200-400°С антибактериальная и антигрибковая активность была выше в отношении всех изученных бактерий, но в образцах, синтезированных при температурном режиме выше указанных данных - антимикробная активность к тест-культурам не проявлялось. Отсутствие антимикробной активности биогенных наночастиц оксида никеля (II), при повышении температуры синтеза может быть связано с увеличением размера частиц, что полностью согласуется с данными электронной микроскопии. Исследования показали, что наночастицы NiO изменяют морфологию мембран бактерий и грибов, взаимодействуя с ними и останавливая их рост. Это нарушает процессы жизнедеятельности плазматической мембраны, в результате чего клетка погибает. Поскольку наночастицы NiO имеют меньший размер частиц, следовательно, наночастицы вступают в реакцию с фосфором или серой в ДНК, из-за чего наступает прекращение образования белка и происходит гибель клеток. Грамположительные штаммы бактерий более чувствительны к NiO по сравнению с грамотрицательными штаммами бактерий, после адгезирования к поверхности бактерий наночастицы могут взаимодействовать с клетками по двум различным механизмам. Наночастицы меньшего размера проникают непосредственно в клетку, в то время как более крупные наночастицы остаются вне бактерий. В обоих случаях наночастицы непрерывно выделяют ионы Ni²⁺, эти ионы связываются с клеточными мембранными структурами, дестабилизируя мембранный потенциал. Нарушение клеточной стенки значительно увеличивает бактериальную проницаемость, позволяя также и более крупным наночастицам проникать в клетку. Оказавшись внутри клетки, наночастицы и ионы взаимодействуют с многочисленными структурами и биомолекулами (белками, липидами и ДНК), что приводит

к нарушению функции бактериальной клетки. Грамотрицательные бактерии более устойчивы к противомикробным препаратам благодаря своей непроницаемой клеточной стенке и мембранной структуре. По этой причине грамположительные бактерии более чувствительны, чем грамотрицательные. На основании анализа МИК в микропланшетах ингибирование роста тест-штаммов зависит от концентрации и от размера наночастиц оксида никеля (II), синтезированных при температурном режиме - NiO-200-400°C. По результатам определения минимальной ингибирующей концентрации образцов NiO-200, NiO-300, NiO-400 в отношении к тест-штаммов *S. aureus* ATCC-6538, *E. coli* ATCC 25922, *B. subtilis* ATCC 6633, *C. albicans* ATCC-885-653 составляет 1,0 мкг/мл. МИК в образцах NiO-500, NiO-600 по отношению к тест-штаммам *S. aureus* ATCC-6538, *E. coli* ATCC 25922, *B. subtilis* ATCC 6633 составляет 2,5 мкг/мл, концентрация 1,0 мкг/мл наблюдается рост бактерий. В испытуемых образцах: NiO-700, NiO-800, NiO-900, NiO-1000 во всех концентрациях был визуализирован видимый рост в бульоне.

Список используемой литературы:

1. Mashentseva AA, Seitzhpar N, Barsbay M, et al. (2023) Adsorption isotherms and kinetics for Pb(II) ion removal from aqueous solutions with biogenic metal oxide nanoparticles. RSC Adv 13:26839–26850.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

119

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ И РАСТВОРИМОСТИ РОДИЯ В КРЕМНИИ

Authors: Avaz Rafikov¹; Sherzod Maxmudov²

¹ *Master, Reasercher*

² *Senior researcher*

Corresponding Authors: rafikov@inp.uz, makhmudov@inp.uz

Рафиков А.К., Ташметов М.Ю., Махкамов Ш., Махмудов Ш.А., Сулайманов Н.Т., Сулаймонов А.А.

Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В этой работе рассматривается спектр рентгеновской флуоресценции и диффузионные параметры родия в кремнии. В качестве исходного материала использовались монокристаллы кремния КЭФ 1÷15 Ом·см и КДБ 5÷10 Ом·см. Родий чистоты 99,99% вводился в кремний методом термодиффузии в интервале температур 1300÷1570 К в течение 4÷15 часов в кварцевых ампулах, в режимах последующего охлаждения: быстро 250оС/мин. и медленно 5оС/мин. Спектр рентгеновской флуоресценции кремния, легированного родием, представлен на рис. 1, где вместе с пиком родия можно увидеть нескольких дополнительных откликов технически неконтролируемых примесей (Fe, Ca, S, F).

а) б)

Рис. 1. Рентгенофлуоресцентный спектральный анализ крема, легированного родием: а) медленно охлажденный n-Si<Rh>, б) быстро охлажденный n-Si<Rh>.

Результаты измерений показывают, что концентрация родия в кремнии зависит от времени диффузионного отжига (T=1500 К). Эксперименты также показывают температурную зависимость коэффициента диффузии родия в кремнии ($\Delta E=1.23$ эВ, $D_0=4 \cdot 10^{-2}$ см²/с). Как видно из рисунка спектр родия зависит от скорости охлаждения после диффузии, и установлено, что пик родия в быстроохлажденном кремнии в 1,7 раза больше, чем в медленно охлажденном кремнии. Диффузионные параметры и растворимость родия в кремнии исследовались нейтронного-активационным и электрофизическими методами по времени насыщения и диффузионному профилю. При исследовании растворимости после термодиффузии со всех сторон удаляется

приповерхностный слой ≈ 60 мкм. После электрических измерений образцы подвергались нейтронного-активационному анализу для определения содержания родия стандартной методикой по изотопу Rh102.

Измерения показали, что родий в кремнии распределяется по объему практически равномерно, за исключением приповерхностного участка (до 80 мкм), характеризующегося резким падением концентрации. С увеличением длительности диффузионного отжига и температуры характер распределения в приповерхностной области не изменяется, в то время как в объеме происходит постепенный подъем уровня концентрации. Аналогичное явление наблюдалось и для некоторых других быстро-диффундирующих примесей (Au, Co) в кремнии. Подъем уровня насыщения со временем отжига, по-видимому, обусловлен сложным диссоциативным механизмом диффузии родия в кремнии – быстрой миграцией по междоузлиям и медленной по вакантным узлам кристаллической решетки кремния с взаимными переходами из одного состояния в другое до тех пор, пока концентрация атомов родия в узлах и междоузлиях не достигнет своего равновесного значения для данной температуры. После этого концентрация родия в объеме остается постоянной. Такое значение уровня концентрации примеси, которое при дальнейшем отжиге остается постоянным, и принималось нами за растворимость родия при соответствующей температуре.

В интервале температур 1200–1570 К коэффициент диффузии, определенный по времени насыщения образца родием и концентрационному распределению при малых временах отжига (15 мин.), изменяется в пределах $1,8 \cdot 10^{-7}$ – $3 \cdot 10^{-6}$ см²/с. Температурная зависимость коэффициента диффузии имеет экспоненциальный характер и может быть выражена соотношением формулу $D = 4,2 \cdot 10^{-2} \exp(-1,3 \pm 0,1/kT)$ см²/с.

Температурная зависимость растворимости родия в кремнии показывает значение растворимости в исследованном интервале температур от $1 \cdot 10^{15}$ до $9 \cdot 10^{16}$ см⁻³ и описывается выражением $N = 4 \cdot 10^{23} \exp(-2,2 \pm 0,1/kT)$ см⁻³.

Концентрация электрически активных атомов родия в кремнии оказалась примерно на 1,4 порядка ниже, чем общая концентрация растворенных атомов. Такое различие, видимо, обусловлено тем, что значительная часть атомов родия секретируется на дислокациях, как это имеет место, например, для кобальта в кремнии.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

162

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФАЗОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ЛАНТАНА – СТРОНЦИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ДЕГРАДАЦИИ

Authors: Artem Kozlovskiy¹; Daryn Borgekov^{None}

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: artem88sddt@mail.ru, borgekov.d@gmail.com

Интерес к керамикам на основе феррита лантана-стронция, обладающих смешанной электронной и кислород-ионной проводимостью, а также хорошей стабильностью, обусловлен большим потенциалом применения в качестве электродных материалов для ТОГЭ. В качестве объектов исследования были выбраны керамики на основе соединений феррита лантана – стронция, полученные с применением метода механохимического твердофазного перемалывания с последующим термическим спеканием. При этом изменение фазового состава исследуемых керамик производилось путем изменения соотношения химических соединений, используемых для получения керамик, вариация которых позволила получить высокопрочные керамики с двумя или тремя фазами.

В работе представлены результаты оценки изменений морфологии и фазового состава керамик на основе соединений феррита лантана – стронция, полученных методом твердофазного синтеза при моделировании условий максимально приближенных к условиям их эксплуатации в режиме повышенных температур. Основной упор в исследованиях сделан на изменении

соотношения фазового состава керамик при длительном термическом воздействии, моделирующим процессы термического старения, и как следствие, процессы окисления, возникающие при длительных циклических испытаниях. В ходе проведенных исследований было определено, что наличие в составе керамик фазы $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ приводит к увеличению устойчивости к коррозионным процессам окисления при высокотемпературной коррозии. Оценка изменения фактора σ фазовый состав, отражающего устойчивость керамик к окислению и деградации, показала, что формирование в составе керамик фазы $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ приводит к увеличению стабильности к внешним воздействиям, связанным с формированием оксидных включений, а сам эффект увеличения устойчивости обусловлен наличием межфазных границ, а также более высокими показателями прочности данной фазы к деградации.

Согласно полученным данным оценки изменения электрохимических характеристик керамик в зависимости от времени выдержки при моделировании высокотемпературной деградации было установлено, что наиболее значимые снижения наблюдаются после 400 часов последовательных испытаний при температуре 500–600 °С и после 250–300 часов при температурах выше 700 °С. При этом снижение величины удельной мощности обусловлено формированием оксидных включений в керамиках, возникающих в результате разложения фазы $(\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7})\text{FeO}_4$ в составе керамик. В свою очередь наличие фазы $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ приводит к формированию устойчивой к окислению структуры, приводящей к менее выраженным изменениям удельной мощности при измерении параметров электрохимических характеристик.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования и науки Республики Казахстан (№ AP13068071).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

177

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ФЕРРИТО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-450, ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В РЕАКТОРЕ БН-350

Authors: Kira Tsai¹; Mikhail Merezhko²; Yelena Kim³

¹ Kira Tsai

² Mikhail Merezhko

³ Yelena Kim R.

Corresponding Authors: yelenakimr@gmail.com, kira.tsai7@gmail.com, merezhko@inp.kz

Е.Р. Ким^{1,2}, М.С. Мережко¹, Д.А. Мережко¹, К.В. Цай¹, С.Б. Кислицин¹, М.Р. Short³

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан (yelenakimr@gmail.com)

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

³Массачусетский технологический институт, Кембридж, США

Ключевые слова: Феррито-мартенситная сталь, облучение нейтронами, прочность и пластичность.

В качестве материалов активной зоны быстрых реакторов требуются стали и сплавы стойкие к потокам высокоэнергетических нейтронов и способные сохранять достаточную среднетемпературную прочность. Феррито мартенситная сталь ЭП 450, содержащая 11–13,5% хрома используется в качестве приемлемого материала для оболочек и чехлов тепловыделяющих сборок (ТВС) реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Ее конкурентным преимуществом является высокая стойкость к набуханию и ползучести, особенно при повышенных температурах активной зоны. В то же время, одной из проблем феррито-мартенситных сталей является то, что с ростом дозы нейтронного облучения увеличивается температура хрупко-вязкого перехода, что приводит к резкому снижению пластичности при относительно невысоких температурах, характерных для эксплуатации.

В данной работе исследовали образцы из стали ЭП 450 (1X13M2БФР), вырезанные из шестигранных

чехлов ТВС реактора БН-350 необлученных и облученных нейтронами до 50,4 сна, предварительно подвергнутых термической обработке — 1050°C в течение 30 минут с последующим отпуском при 720°C в течение 1 часа. Для проведения механических испытаний на одноосное растяжение использовали образцы в форме двойной лопатки с геометрическими размерами рабочей части 10×3,5×0,3 мм. Испытания проводили при комнатной температуре, скорость растяжения 0,5 мм/мин. Особенности структуры исследовали с помощью электронного растрового микроскопа Hitachi TM-4000 PLUS и просвечивающегося электронного микроскопа JEOL JEM-2100. Микротвердость по Виккерсу определяли на микротвердомере eVick-1A (нагрузка на индентор 50 г). В результате материаловедческих исследований было выявлено, что облучение быстрыми нейтронами стали ЭП-450 приводит к снижению пластичности и увеличению прочности материала, при этом равномерная деформация сплава облученного до 50,4 сна уменьшается катастрофически — до 1–2% вследствие эффекта низкотемпературного радиационного охрупчивания. Деформация, в таком случае, ограничивается в пределах нескольких благоприятно ориентированных к оси нагружения зерен феррита. Согласно фрактографическим исследованиям зоны излома, в необлученной стали разрушение носит вязкий характер, а в облученной до 50,4 сна — хрупко-вязкий или хрупкий в зависимости от температуры облучения. В работе обсуждается влияние параметров облучения на прочность, пластичность и характер разрушения стали ЭП-450.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

273

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦА СМЕШАННОГО ВОЛЬФРАМАТА - $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{W}_2\text{O}_8$ МЕТОДОМ ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ $\gamma\gamma$ -КОРРЕЛЯЦИЙ

Author: Наргиза Темербулатова¹

Co-authors: Атанас Величков²; Димитр Караиванов²; Дмитрий Философов³; Мария Миланова⁴; Мартин Цветков⁴; Ниджат Мирзаев⁵

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

² Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София, Болгария

³ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

⁴ Софийский университет им. святого Климента Охридского, София, Болгария

⁵ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, Институт радиационных проблем Министерства науки и образования Республики Азербайджан, Баку, Азербайджан, Университет Хазар, Баку, Азербайджан

Corresponding Author: tnargiza@jinr.ru

Вольфраматы относятся к классу материалов, обладающих уникальным свойством – отрицательным коэффициентом теплового расширения (КТР). Традиционно сжатие таких материалов небольшое, анизотропное и проявляется в очень узких температурных интервалах. В этом отношении вольфрамат циркония ZrW_2O_8 – перспективный материал благодаря изотропному отрицательному коэффициенту теплового расширения, $\alpha = -8.6 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$, сохраняющемуся в широком температурном диапазоне от 0 до 1043 К. Природа уникального теплового поведения объясняется наличием в структуре жестко связанных между собой октаэдров ZrO_6 и тетраэдров WO_4 , которые при повышении температуры поворачиваются относительно друг друга, инициируя сжатие материала. В работе методом возмущенных угловых $\gamma\gamma$ -корреляций ($\gamma\gamma$ -ВУК) изучено температурное поведение локального окружения участков Hf/Zr в $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{W}_2\text{O}_8$. Ядра-зонды ^{181}Ta были получены путем β -распада ^{181}Hf , который нарабатывался при облучении образца тепловыми нейтронами. Измерения проводились в диапазоне температур 77 - 1260 К. Доказана обратимость $\alpha \rightleftharpoons \beta$ -фазового перехода без изменения химической фазы, а также распад вольфрамата

свыше 710 К. Получена температурная зависимость электрических квадрупольных частот и параметров асимметрии градиентов электрического поля.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

200

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩИХ СРЕДИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОМ МЕТОДОМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ВОКРУГ ПЛАНИРУЕМОГО СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС В УЗБЕКИСТАНЕ.

Author: YAKUB AKHMEDOV¹

Co-authors: Бахром Ярмагов¹; Ильхам Садиков¹; Мухаммад Салимов¹

¹ *Institute of nuclear physics AS RU*

Corresponding Author: yakub8788@gmail.com

Мониторинг экологического состояния окружающей среды является ключевым звеном при оценке рисков и последующей разработке и реализации мер по защите окружающей среды, предотвращению процессов, имеющих негативное воздействие на здоровье населения, состояние окружающей среды и биологическое разнообразие. При формулировании задач по экологическому мониторингу приоритетными являются регионы с имеющимися проблемами природного и антропогенного характера с высоким экологическим риском. Несомненно, территория вокруг планируемого строительства атомной электростанции на берегу озера Тузкон в Джизакской области является одним из таких приоритетных регионов.

Цель работы – исследование содержания и миграции радионуклидов и элементов на территории вокруг планируемого строительства АЭС в Джизакской области.

Методы исследования и аппаратура – нейтронно-активационный анализ, гамма-спектрометрия, альфа- и бета-радиометрия. Используемая аппаратура состоит из гамма-спектрометра CANBERRA, низкофонового радиометра альфа- и бета-излучения УМФ-2000, оборудования для проведения радиохимических процедур. В ходе выполнения работы использован ядерный реактор ВВР-СМ ИЯФ АН РУз.

С целью исследования содержания микроэлементов в образцах окружающей среды разработана и оптимизирована методика инструментального нейтронно-активационного анализа. Показано, что использование разработанной методики позволяет определять в образцах почвы, растений и воды до 30 элементов с чувствительностью от $n \times 10^{-1}\%$ до $n \times 10^{-7}\%$ и с относительной погрешностью от 1% до 20%.

Показано, что сезонные колебания радиационных показателей и элементного состава исследованных образцов окружающей среды не значительны. Однако для окончательного заключения необходимо продолжить исследования по экологическому мониторингу выбранной территории.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

163

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ZnO ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ В ГИПЕРТЕРМИИ

Author: Kamila Kaliyekperova¹

Co-author: Daria Tishkevich ²

¹ *The Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan*

² *SSPA “Scientific and Practical Materials Research Centre of National Academy of Sciences of Belarus”*

Corresponding Authors: kemelin@mail.ru, dashachushkova@gmail.com

Ферритные наночастицы, представляющие собой соединения оксида железа с другими типами оксидов металлов, являются одними из перспективных типов наночастиц среди большого разнообразия. Интерес к данному типу наноструктур обусловлен в первую очередь большими перспективами использования их в биомедицинском применении, адресной доставке лекарственных препаратов, а также гипертермии и магнитно-резонансной терапии.

В данном исследовании с применением методов механохимического синтеза с последующим термическим отжигом были изучены свойства и перспективность применения Fe₃O₄/ZnO наночастиц. Для характеристики полученных наночастиц, были использованы рентгенофазовый анализ, анализ величин SAR и ILP, методы растровой электронной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии.

Ключевым результатом данного исследования является оценка эффективности применения Fe₃O₄/ZnO наночастиц, а также определения влияния условий термического отжига на процессы фазовых превращений в наночастицах. Согласно данным рентгенофазового анализа была установлена динамика фазовых превращений в Fe₃O₄/ZnO наночастицах в зависимости от температуры термического отжига: Fe₃O₄/ZnO → Fe₂O₃/ZnO → Fe₂O₃/ZnFe₂O₄ → ZnFe₂O₄/ZnO. В ходе оценки эффективности применения синтезированных Fe₃O₄/ZnO наночастиц в качестве основы для гипертермического нагрева модельных растворов было установлено, что формирование шпинельной структуры типа ZnFe₂O₄ приводит к увеличению скорости нагрева раствора, и как следствие к увеличению эффективности применения.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

164

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНО-γ-Al₂O₃ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГЕКСАНА И СМЕСИ ГЕКСАН-ВОДА

Authors: Ilaha Faradjzada^{None}; Sevinj Melikova^{None}; Teymur Agayev^{None}

Corresponding Authors: agayevteymur@rambler.ru, sevinc.m@rambler.ru

Радиационно-каталитические процессы получения водорода из воды и смеси вода-углеводород, представляют интерес как в области атомно-водородной энергетики, так и при решении экологических проблем. Ранее были выявлены механизмы радиационно-каталитических действий оксидных катализаторов в процессах разложения воды, а также оптимальные режимы проведения этих процессов. В связи с этим выявлены закономерности радиационно-каталитических процессов накопления водорода из смеси вода-н-гексан (модельной системы) в присутствии nano-γ-Al₂O₃. С целью повышения производительности процесса и скорости получения энергоносителя из гексана, смеси гексан-вода использованы различные катализаторы радиолитических процессов разложения. В данной работе изучено кинетика процессов накопления молекулярного водорода при радиолитических процессах в системах гексан, гексан-вода в присутствии nano-γ-Al₂O₃. В качестве объектов исследования использовали чистый н-гексан. Радиолитический процесс проведен в статических условиях в запаянных ампулах с объемом V=1,0 см³ под действием γ-излучения. Заполнение ампул компонентами системы проведено из парового состояния на вакуумно-адсорбционной установке. После чего, запайку ампул провели замораживанием компонентов при T = 77К. Экспериментально подтверждено, что при запайке ампул с образцами, превращений углеводородов не происходит. Ампулы с образцами облучали на изотопном источнике γ-квантов ⁶⁰Co. Поглощенную дозу в исследуемых системах рассчитывали путем сравнения электронных плотностей исследуемых в дозиметрических системах. Значение мощности поглощенной дозы облучения, определяемое ферросульфатным методом, составляло

Ддоз.= 0,11 Гр/с. Для компонентов исследуемых систем - это значение определялось по выражению $D_{\text{папо-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3} = 0,78 D_{\text{доз. для диоксида циркония}}$ и $D_{\text{гексан}} = 0,96 D_{\text{доз. для гексана}}$. Ампулы вскрывали в специальных ячейках, откуда продукты радиолиза поступали в колонку хроматографа. Анализ H_2 , CO , O_2 проведен на газоанализаторе «Agilent-7890». Использовали, н-гексан, производство «Made in EC», марки «UN11208» с чистотой 99,0%. Чистоту н-гексана проверяли хроматографическим методом. Определены энергии активации процессов. Энергия активации радиационно-термических и термических процессов накопления молекулярного водорода $E_a = 13,5$ и $21,7$ кДж/моль - соответственно. Энергия активации процесса термического разложения гексана в присутствии $\text{папо-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ больше, чем при радиационно-термических процессах разложения гексана. В радиационно-термических процессах разложения гексана участвуют радиационно-гетерогенные активные центры поверхности и вторичные электронные излучения, которые обладают большей энергией, чем термически активные центры. Поэтому энергия активации процесса накопления молекулярного водорода растет в термических процессах по сравнению с радиационно-термическими. Исследована кинетика накопления молекулярного водорода при γ -радиолизе чистого гексана и системы $\text{папо-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{C}_6\text{H}_{14}$. Установлено, что радиационно-химический выход водорода для $\text{папо-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{C}_6\text{H}_{14}$ больше, чем при радиолизе гексана. Изучена также кинетика накопления молекулярного водорода при радиационных, радиационно-термических и термических процессах разложения гексана на поверхности диоксида циркония. Выявлено, что при радиационно-гетерогенных процессах радиационно-химический выход молекулярного водорода $G(\text{H}_2)$ при различных температурах в системе $\text{папо-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{C}_6\text{H}_{14}$ увеличиваются. Наблюдаемые относительно высокие выходы молекулярного водорода связаны с особенностями наноразмерных оксидов, удельной поверхности, размеров частиц оксидов, процессов переноса энергии и поверхностно-химических процессов.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

21

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ К ОБЛУЧЕНИЮ ИОНАМИ КРИПТОНА И ГЕЛИЯ

Author: Bauyrzhan Amanzhulov¹

Co-authors: Igor Ivanov¹; Vladimir Uglov²; Sergey Zlotski²; Azamat Ryskulov¹; Mikhail Koloberdin¹; Alisher Kurakhmedov¹; Aset Sapar¹; Yerulan Ungarbayev¹

¹ Institute of Nuclear Physics

² Belarusian State University

Corresponding Authors: igor.ivanov.inp@gmail.com, amanzhulov_bs_1@enu.kz

Аманжулов Б.С.1,2, Иванов И.А.1,2, Углов В.В.3, Злоцкий С.В.3, Рыскулов А.Е.1, Колобердин М.В.1,2, Курахмедов А.Е.1,2, Сапар Э. Д.1,2, Унгарбаев Е.О.1,2

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

2 Евразийский Национальный Университет, г. Астана, Казахстан

3 Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Для изучения возможности применения высокоэнтропийных сплавов (ВЭС) с гранецентрированной кубической (ГЦК) структурой в качестве перспективных конструкционных материалов, чистый никель и ВЭС CoCrFeNi , CoFeCrMnNi были облучены пучками ионов криптона с энергией 280 кэВ и флюенсом $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$ при комнатной температуре, а также пучками ионов гелия с энергией 40 кэВ и флюенсами до $2 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ при комнатной температуре и при 700°C. Эксперименты по облучению проводились на циклотроне ДЦ-60 в АФ ИЯФ (Астана, Казахстан).

Изменения элементного состава образцов исследовались методами Резерфордского обратного рассеяния (ROR) на пучках ионов $^{14}\text{N}^{(2+)}$ с энергией 14 МэВ и энергодисперсионной рентгеновской

спектроскопии (ЭДС). Также были изучены микроструктура ВЭС с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА) и морфология поверхности с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ).

ВЭС CoCrFeNi, CoFeCrMnNi сохраняют основную фазу ГЦК твердого раствора при облучении ионами криптона и гелия. Метод РОР показал, что в результате облучения ионами гелия при комнатной температуре, состав ВЭС остается близким к эквиа tomному и распределение по глубине практически не меняется, но при облучении ионами криптона распределение элементов ВЭС становится менее однородным. Согласно данным РЭМ и ЭДС, в результате облучения ионами гелия в ВЭС сегрегация и блистеринг проявляются при 700°C, а в чистом Ni они наблюдается уже при комнатной температуре облучения.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

40

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОУГЛЕРОДА В ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕСКАРАГАЙСКОГО РАЙОНА С ЦЕЛЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Author: Almira Raimkanova¹

Co-authors: Aidana Sarsenova¹; Ainur Mamyrbayeva¹; Almira Aidarkhanova¹

¹ Branch «Institute of Radiation Safety and Ecology» of the RSE «National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan»

Corresponding Author: raimkanova@nnc.kz

Быстрые изменения климата и окружающей среды могут оказать значительное влияние на круговорот углерода в наземных экосистемах, особенно в лесных экосистемах, и, следовательно, могут привести к положительной реакции для глобального потепления. Масштабы и сроки этой реакции остаются крайне неточными ввиду отсутствия понимания динамики содержания органического углерода в почвах и его реакции на изменения в климате и окружающей среде. Отслеживание радиоуглерода (естественного, или образованного в результате проведения ядерных испытаний) в наземных экосистемах может стать мощным инструментом для изучения динамики органического почвенного углерода. Органическая компонента почв планеты содержит в 2-3 раза больше углерода, чем атмосфера, а также занимает второе место после океанов по объему накопленного углерода. Потепление ускоряет разложение органического вещества почв, и с ростом температуры выделяется все больше CO₂, который относится к парниковым газам и, соответственно, вносит вклад в климатические изменения.

В качестве исследовательских участков выбраны ненарушенные области лесных экосистем Бескарагайского района. Объектами исследований являются почвы сосновых и осиновых лесов. Отбор проб проводился послойно с поверхности шурфа с интервалом в 10 см до глубины 50 см. Для определения радиоуглерода в образцах почвы методом жидкостного сцинтилляционного счета подготовка проб проводилась с помощью автоматизированной системы Pyrolyser-6 Trio, специально разработанной для эффективного извлечения ¹⁴C из различных матриц (почва, донные отложения, пищевые продукты, биота, бетон и другие строительные материалы, металлы и биопробы). Радионуклидные компоненты преобразуются в радиоактивную двуокись углерода (¹⁴CO₂), захват которых происходит в барботажных устройствах, заполненных специальным поглотителем (Carbo-Sorb E).

В ходе проведенных исследований выявлен неравномерный характер вертикального распределения радиоуглерода в почвенном профиле. Максимальные концентрации зафиксированы в верхних слоях почвы, которые варьируют от 40 ± 6 Бк/кг до 330 ± 50 Бк/кг. Содержание радиоуглерода в органическом веществе поверхностного почвенного слоя обусловлено вкладом «бомбового радиоуглерода», так как исследовательские участки расположены на следе радиоактивных выпадений Семипалатинского испытательного полигона. Следовательно, органическое вещество в поверхностном почвенном слое, которое не включено в почвенный оборот, является потенциальным

источником эмиссии углерода в атмосферу через микробильное разложение органической компоненты почвы.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

173

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ СИНТЕЗА ЛЕГКИХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ В НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» ПЕТЕРБУРГСКОМ ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Author: Polina Kravchenko¹

¹ NRC KI PNPI

Corresponding Author: kravchenko_pv@pnpi.nrcki.ru

Интерес к реакциям $d+d$ и $d+{}^3\text{He}$ -синтеза легких ядер вызван как со стороны фундаментальных исследований и астрофизики, так и прикладной науки, в частности, в области создания термоядерных реакторов.

В 1967–1968 годах в Курчатовском институте была предложена идея исследования реакции ядерного dd -синтеза с использованием поляризованных пучков дейтронов. Развитие данной идеи получило продолжение в ядерно-физическом эксперименте PolFusion (Polarized Fusion). Цель ядерно-физического эксперимента PolFusion – исследование реакции ядерного dd -синтеза с поляризованными исходными частицами в области низких энергий. В эксперименте планируется измерить асимметрии рассеяния продуктов реакций dd -синтеза в конечном состоянии при различной взаимной ориентации спинов сталкивающихся дейтронов в диапазоне энергий 10–100 кэВ.

Эксперимент по поиску ядерного $d+{}^3\text{He}$ -синтеза в мюонном катализе – это еще один проект, который был предложен и выполнен в Петербургском институте ядерной физики. Механизм мюонного катализа позволяет создать уникальные экспериментальные условия для изучения реакции синтеза при сверх-низких энергиях. На мюонном пучке в институте Пауля-Шеррера в Швейцарии был проведен эксперимент, результатом которого стала регистрация реакции синтеза $d+{}^3\text{He}$, а так же определение скорости реакции.

Автором будет представлен обзор результатов и текущего статуса обоих экспериментов.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

175

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НИЖАЙШИХ КВАДРУПОЛЬНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ИЗОТОПАХ GE

Authors: Alexey Severyukhin^{None}; Evgenii Mardyban¹; Nikolay Arsenyev¹; Timur Shneidman¹

¹ JINR BLTP

Corresponding Author: mardyban@theor.jinr.ru

Мардыбан Е.В.^{1,2}, Арсеньев Н.Н.¹, Шнейдман Т.М.¹, Северюхин А.П.^{1,2}

¹Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова,
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия
¹Государственный Университет “Дубна”, Дубна, Россия

E-mail: mardyban@theor.jinr.ru

В настоящее время накоплен большой объем экспериментальной информации по структуре низколежащих возбужденных состояний в изотопах Ge [1-3]. Интерес к этим ядрам связан с тем, что с ростом числа нейтронов происходит переход между сферической и деформированными формами ядра, определяющих их структуру [4,5]. С другой стороны, микроскопические расчеты демонстрируют, что изотопы Ge оказываются мягкими по отношению к триаксиальной деформации. В данном докладе мы анализируем свойства низколежащих 2+ возбуждений в изотопах 70-88Ge. Вычисления проводились путем построения и диагонализации коллективного квадрупольного гамильтониана [6,7]. Поверхности потенциальной энергии и массовые параметры, рассчитывались в рамках релятивистской модели среднего поля с двумя параметризациями функционала плотности энергии: PC-PK1 и NL3 [8]. Результаты расчетов сравниваются с имеющимися экспериментальными данными и результатами, полученными в рамках других подходов.

- [1] M. Lettmann et al., Phys. Rev. C 96, 011301 (R) (2017).
 [2] A.M. Forney et al. Phys. Rev. Lett. 120, 212501 (2018).
 [3] A.D. Ayangeakaa et al. Phys. Rev. C 107, 044314 (2023).
 [4] K. Heyde, and J.L. Wood, Rev. Mod. Phys. 83, 1467 (2011).
 [5] P.E. Garrett, M. Zielińska, and E. Clément, Prog. Part. Nucl. Phys. 124, 103931 (2022).
 [6] A. Bohr, B.R. Mottelson, Nuclear Structure, Vols. I & II, World Scientific, Singapore, 1998.
 [7] E.V. Mardyban, E.A. Kolganova, T.M. Shneidman, and R.V. Jolos, Phys. Rev. C 105, 024321 (2022).
 [8] B.-N. Lu, J. Zhao, E.-G. Zhao, and S.-G. Zhou, Phys. Rev. C 89, 014323 (2014).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

134

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С БЕРИЛЛИЕВОЙ ЗАСЫПКОЙ

Author: Aigerim Nessipbay¹

Co-authors: Asset Shaimerdenov¹; Assyl Akhanov¹; Kirill Kisselyov¹; Magzhan Aitkulov¹; Nagao Yoshiharu²; Shamil Gizatulin¹

¹ Institute of Nuclear Physics

² Japan Atomic Energy Agency

Corresponding Authors: kkisselyov@inp.kz, umarkhalinova@mail.ru, maitkulov@inp.kz, sgizatulin@inp.kz, ashaimerdenov@inp.kz, aakhanov@inp.kz

Бериллий широко используется в ядерной энергетике благодаря своим ядерно-физическим свойствам, а именно большому сечению рассеяния нейтронов и малому сечению их захвата. Он часто применяется в качестве отражателя нейтронов в ядерных реакторах для повышения эффективности цепной реакции деления ядерных материалов в реакторе. Бериллий также характеризуется высокой теплопроводностью, что позволяет эффективнее управлять тепловыделением в реакторе.

Предварительные исследования, проведенные в агентстве по атомной энергии Японии, показали, что использование бериллиевой засыпки в облучательном устройстве взамен монолитного бериллия позволяет варьировать энергетический спектр нейтронов в нем, изменяя плотность упаковки пэбблов. С целью экспериментального подтверждения данных расчетных оценок был проведен комплекс научно-исследовательских работ на базе критического стенда Института

Китае, США, Японии, Германии, Великобритании и Южной Кореи. В настоящий момент в мире действуют более 50 токамаков и у каждой установки имеется своя программа научных исследований.

Токамак КТМ, который был создан и введен в эксплуатацию в декабре 2019 года в Национальном Ядерном Центре РК, является первым в мире специализированным токамаком, предназначенным для исследования материалов и конструкций будущих термоядерных реакторов. Запуск установок, подобных токамаку КТМ, потребовал проведения большой научно-исследовательской работы по расчету и экспериментальной настройке сценария разряда, а также настройке режимов работы отдельных подсистем, таких как система импульсного электропитания, система цифрового управления источниками питания, система управления плазмой, системы дополнительного нагрева плазмы и др. КТМ является первой установкой, введенной в эксплуатацию за последние 20 лет в СНГ. Плазменный шнур токамака КТМ имеет форму тора с вытянутым по вертикали сечением – диверторной конфигурацией. Для достижения температуры до 30 миллионов градусов Цельсия будет использоваться система дополнительного высокочастотного нагрева. Основной поток плазмы направляется в диверторную область на приемные пластины. Основные особенности токамака КТМ –аспектное отношение A , равное 2, что позволяет проводить исследования в пограничной области между сферическими ($A \leq 1,5$) и классическими токамаками ($A \geq 3$); возможность обеспечивать тепловые потоки плазмы на исследуемые образцы в диверторной области на уровне до 20 МВт/м², что сравнимо с будущими потоками плазмы в создаваемом международном реакторе ИТЭР; наличие транспортно-шлюзового и подвижного диверторного устройства, позволяющих производить замену исследуемых образцов без разгерметизации вакуумной камеры.

В настоящий момент на токамаке КТМ получены стабильные плазменные разряды с током плазмы $I_p \approx 500$ кА и плотностью до $2 \cdot 10^{19}$ м⁻³ в режиме омического нагрева в лимитерной и диверторной конфигурациях. Длительность разряда до 2 с. Вытянутость плазмы по вертикали в разрядах с диверторной конфигурацией составляет $k=1,7$ при тороидальном поле 0,9 Тл. Номинальные параметры установки $I_p=750$ кА, $k=1,7$, длительность разряда 5 с и плотность плазмы $5 \cdot 10^{19}$ м⁻³ будут получены после ввода в эксплуатацию системы дополнительного ВЧ-нагрева плазмы.

Реализация проекта создания токамака КТМ позволила Республике Казахстан войти в число стран, обладающих передовыми исследовательскими установками термоядерного синтеза, позволила наладить международное сотрудничество в странах СНГ и дальнего зарубежья (Италия, Испания, Франция, Япония). Установка КТМ является значимым звеном в кооперации передовых стран по созданию экологически чистой и безопасной термоядерной энергетики.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

302

Исследование особенностей развития адронных каскадов в стволе ШАЛ методом ионизационного калориметра ”Адрон-55”

Authors: Khanshaiym Makhmet^{None}; Nurzhan Saduev¹; Turlan Sadykov²; Vladimir Osenmuk³; Vyacheslav Piscal³

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Institute of Physics and Technology*

³ *The P.N. Lebedev Physical Institute*

Corresponding Author: hansh2210@gmail.com

Широкий атмосферный ливень формируется в результате ядерно-каскадного процесса от первичного электронно-ядерного ливня. В нем достигают полного расцвета все компоненты, которые есть в атмосфере п: 1) электронно-фотонная, 2) нуклонная и -мезонная, 3) мюонная. Регистрация электронно-фотонной компоненты является самым простым и доступным методом

наблюдения ШАЛ.

Исследования частиц адронных каскадов производились с помощью Тянь-Шаньской комплексной установки “Адрон-55”. Данная установка состоит из 9-рядного ионизационного калориметра площадью 55 м², а ее ливневая часть включает в себя центральный “ковёр” сцинтилляционных счетчиков и несколько групп сцинтилляционных и газоразрядных счетчиков, расположенных на расстоянии 40-100 м от геометрического центра комплексной установки.

Система баз данных комплексной установки “Адрон-55” работает под управлением серверной программы PostgreSQL, доступ к которой через локальную сеть могут получить удаленные клиентские программы с конкретными запросами на обработку данных.

Банк экспериментальных данных установки “Адрон-55” имеет двухуровневую структуру. Исходный банк данных Bank-0 содержит зарегистрированные коды ионизации (амплитуды импульсов) каждого детектора, которые суммируются и преобразуются в двоичный код АЦП. Вторичный банк данных Bank-1 содержит откалиброванные данные из Bank-0 с преобразованием кодов АЦП в ионизацию. Значения данных преобразуются в милливольты, которые пропорциональны энергии E₀ первичной частицы.

С помощью алгоритмов и программ было обработано более 1000 ливней с осями, найденными в радиусе 6 м и числом заряженных частиц $N_e \geq 105$, которые были зарегистрированы за 25.47 ч эффективного времени работы комплексной установки. На основе статистического материала получены пространственно-энергетические характеристики потока частиц в ливнях. При энергиях взаимодействующих частиц $E \geq 1015$ эВ получается средняя множественность выше, чем при применении обычных зависимостей. В результате это дает увеличение высоты максимума развития адронного каскада над уровнем наблюдения и может привести лишь к расширению пространственного распределения в ливне.

Взаимодействие ядро-ядро рассчитывалось по модели суперпозиции. Характеристики были получены для адронов с энергией свыше 3 ТэВ на уровне наблюдения. В результате расчетов был получен интегральный энергетический спектр адронов в ШАЛ. Расчеты в первом приближении согласуются с результатами вычислений других авторов, выполненных подобным моделям.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

204

Исследование радиационной стойкости материалов, пригодных для создания детекторов черенковского излучения.

Author: Alexey Aparin¹

¹ JINR

Corresponding Author: aparin@jinr.ru

В настоящей работе представлены результаты тестирования различных марок стекол, таких как чистый кварц, склнковый кварц, фториды разных оснований и лейкосапфир на радиационную прочность. Рассмотрено поведение тестовых образцов в зависимости от поглощенной дозы для случаев облучения электронами от циклотрона МТ-25 ЛЯР ОИЯИ и нейтронами. Изучается влияние поглощенной дозы на светопропускание образцов. Также производится расчет теоретических кривых пропускания различных видов излучения через образец. Основной задачей работы является подбор материала для создания перспективных детекторов черенковского света для экспериментов следующего поколения для работы на высоких светимостях.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

159

Исследование распределения трития в растениях в зависимости от пути его поступления

Author: Andrei Mikhajlov¹

Co-authors: Andrei Tomson¹; Denis Kondakov²; Mariya Edomsкая¹; Sergey Lukashenko¹

¹ Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»

² Kondakov

Corresponding Authors: thomson_a@mail.ru, kondakovda@oiate.ru, mikhajlovav@oiate.ru, lukashenko.1962@mail.ru, ma.edomsкая@yandex.ru

Тритий – один из основных радионуклидов, присутствующих в выбросах атомных станций в течение штатной работы и определяющих коллективную дозу облучения населения; обладает высокой подвижностью, накапливается в почве и растениях, перемещается по трофическим цепям. Опубликованные результаты исследований распределения трития в растительных сообществах показывают значимые различия в его накоплении в различных органах одного растения в зависимости от пути его поступления¹, однако точных закономерностей распределения изотопа нет.

В рамках данного исследования проведено:

- 1) экспериментальные работы в лабораторных условиях на сельскохозяйственных культурах по исследованию механизма поступления трития «воздух – растение» и «почвенный раствор – растение»;
- 2) исследование концентрации трития в разных вегетативных органах дикорастущих растений, произрастающих на территории с подземным источником трития.

Результаты показали:

- 1) при корневом поступлении трития в растение отношение его концентрации в листе к его концентрации в стебле составляет $0,7 \pm 0,1$;
- 2) при аэральном поступлении трития в растение отношение его концентрации в листе к его концентрации в стебле составляет $2,4 \pm 1$.

Приведённые выводы справедливы как для дикорастущих растений, произрастающих на естественном объекте с подземным источником трития, так и для сельскохозяйственных растений, выращенных в лабораторных условиях.

Таким образом доказано, что распределение трития по вегетативным органам растений существенно зависит от механизма поступления трития в растения.

Литература

1. Поливкина Е. Н., Ларионова Н. В., Ляхова О. Н. Оценка аэральное поглощения НТО культурой *Helianthus Annuus* в условиях Семипалатинского испытательного полигона // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2020. – Т. 29. – №. 1. – С. 79-89.

Исследование проведено за счет гранта РФФИ N23-24-00165.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

201

Исследование реакций многонуклонных передач при столкновениях $^{26}\text{Mg} + ^{238}\text{U}$ на кинематическом сепараторе SHELS

Author: Bekzat Sailaubekov¹

¹ Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Corresponding Author: bsailaybekov@jinr.ru

На сегодняшний день, наряду со стандартными подходами ядерных реакций, таких как фрагментация, деление или слияние, использование реакций многонуклонных передач (MNT, MultiNucleonTransfer) является потенциальным методом достижения области неизвестных экзотических тяжелых и сверхтяжелых ядер, обогащенных протонами/нейтронами. Помимо исследований кинематики и сечений образования продуктов MNT-реакций, продолжается разработка подходящих методов сепарации и регистрации тяжелых ядер, образующихся в MNT-реакциях. Применение кинематического сепаратора SHIP (GSI) для изучения MNT-реакций показало, что данный способ является новым подходом в исследованиях MNT-реакций. В май-июне 2023 года в Лаборатории Ядерных Реакций (ЛЯР) на ускорительном комплексе У-400 был проведен эксперимент по исследованию реакций MNT при столкновениях $^{26}\text{Mg} + ^{238}\text{U}$. Отделение продуктов искомым ядер от продуктов побочных реакций осуществлялось кинематическим сепаратором SHELS (Separator for Heavy Element Spectroscopy). После сепарации ядра отдачи (ЯО) пролетают через времяпролетный детектор и имплантируются в фокальный двусторонний многостриповый кремниевый детектор (DSSD, 128x128 стрипов), вокруг которой размещены 116 пропорциональных счётчиков нейтронов, наполненных ^3He (детектирующая система SFiNx). Здесь происходит регистрация исследуемых ядер, а также испускаемых ими α -частиц, осколков спонтанного деления и нейтронов.

В ходе предварительной обработки было зарегистрировано около 100 событий спонтанного деления различных ядер. Предполагаемые продукты в реакциях MNT $^{26}\text{Mg} + ^{238}\text{U}$, которые можно увидеть в онлайн эксперименте, изотопы америция. Статистика небольшая, но тем не менее, в качестве подтверждения, что нами были получены спонтанно делящиеся ядра, изучены среднее число нейтронов на один акт деления (по предварительным оценкам $\bar{\nu} = 2.68 \pm 0.36$) и распределение нейтронов по множественностям. Для того, чтобы сделать конкретные выводы предлагается продолжение изучения данной реакции MNT, и более тщательная обработка данных.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

96

КАНАЛ И СТАНЦИЯ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ МИКРОЧИПОВ СОЧИ/ CHANEL AND STATION FOR EXPOSURE OF MICROCHIPS

Author: Vladislav Tyulkin¹

Co-authors: Evgeny Syresin¹; Aleksei Slivin¹; George Filatov¹; Andrey Butenko¹; Artyom Galimov¹; Alexander Tikhomirov

¹ JINR LHEP

Corresponding Authors: butenko@jinr.ru, filatov@jinr.ru, esyresin@jinr.ru, slivin@jinr.ru, amtikhomirov@gmail.com, galimov@jinr.ru, tyulkin@jinr.ru

A description is given of the SOCHI Station and channel systems intended for testing microchips, used in the space industry, for radiation resistance to ions from $^{12}\text{C}^{4+}$ to $^{197}\text{Au}^{31+}$ with energies up to 3.2 MeV/nucleon.

Section:

39

КАЧЕСТВО ВОДЫ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕК ШУ-ТАЛАС

Authors: Мария Севериненко¹; Владимир Солодухин¹; Бекмамат Дженбаев²; Светлана Ленник¹; Гульнур Кабирова¹; Дмитрий Желтов¹

¹ РГП на ПХВ "Институт ядерной физики" МЭ РК, Алматы, Казахстан

² Институт биологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

Corresponding Author: severinenko.m@inp.kz

Шу-Таласский речной бассейн занимает площадь 38,5 тыс. кв. км., в геоморфологическом отношении является частью бассейна Аральского моря. Область формирования практически всех рек бассейна расположена в горной области на территории Кыргызстана. На территории Казахстана расположен конус выноса рек и зона рассеяния стока. Крупные и малые реки имеют большое значение для сельского хозяйства соседствующих Республики: Кыргызстана и Казахстана. Речная сеть в основном сосредоточена в горной и предгорной территории и характеризуется многообразием форм: постоянные и сезонно пересыхающие водотоки, каналы, водохранилища. Ирригационная система представляет собой густую сеть переплетённых каналов и арычных сооружений, питающихся водой из этих рек. Исторически, одновременно с развитием орошаемого земледелия на этой территории активно велась разработка месторождений урана, тория и др., создавалась сопутствующая промышленная инфраструктура. Здесь находятся следующие месторождения полиметаллов и тория «Ак-Тюз», крупнейший горнорудный комбинат по переработке урана «Кара-Балта», месторождение урана «Камышановское». Результатами гидрохимического мониторинга трансграничных рек показано, что наиболее загрязненными по признаку присутствия токсичных элементов являются реки Шу и Карабалта.

В докладе обобщены, дополнены и представлены результаты исследования элементного состава вод крупных (Шу, Талас) и малых (Кичи-Кемин, Карабалта, Шор-Кoo, Токтас, Саргоу, Ойранды, Каиндысай, Аспара, Курагаты, Аксу) и Большого Шуйского канала. Показано, что гидрохимический состав поверхностных вод в приграничной зоне на территории Кыргызстана (водные объекты окрестностей г. Кара-Балта и русло р. Карабалта) формируется под действием антропогенных и геохимических факторов. Вода, двигаясь из горной в предгорную зону, в зависимости от природных условий, меняет свой гидрохимический состав и уровень присутствия в ней тех или иных элементов. В предгорной зоне на территории Кыргызстана основным элементом, вносящим вклад в суммарную токсичность воды, вносит барий. В приграничной зоне, за счет преобладания сульфат-ионов, концентрация бария снижается и повышается концентрация урана.

Приграничные участки трансграничных рек имеют признаки загрязнения воды, прибрежной, пойменной почвы и донных отложений U, Ra-226, As, Pb, Th и др. элементами. По суммарной токсичности воды, наиболее загрязненными являются р. Карабалта, Шор-Кoo, Токтас и Ойранды. Уран также в повышенных концентрациях присутствует в донных отложениях и пойменной почве р. Токтас и Ойранды.

Зафиксированы признаки влияния хвостохранилища ГРК «Кара-Балта», проявляющиеся в высокой концентрации Mo (до 540,95 мкг/л при ПДККЗ 250 мкг/л и ПДКВОЗ 70 мкг/л) в воде ручья, вытекающем, в наибольшем приближении с северной стороны хвостохранилища. По мере отдаления, по течению ручья от города и хвостохранилища, вклад Mo снижается и растёт доля As, U, Li, Sr и особенно Ba.

Показаны последствия загрязнения русла р. Кичи-Кемин в результате сейсмосинхронного аварийного сброса 600 тыс. куб. м отходов хвостохранилища рудника Ак-Тюз в 1964 г., проявляющиеся в высоких концентрациях Th, Pb, Zn, Mo, Y, Ce, Zr в донных отложениях и берегах реки.

На приграничном участке р. Шу, в месте протекания через территорию Камышановского месторождения, помимо урана, в воду поступают другие сопутствующие элементы (As, V, Ba, Li, Mo, Sb, Sr). Каналы поступления элементов имеют мозаичный характер. Наибольшее содержание урана отмечается в ирригационном канале, протекающем параллельно руслу р. Шу. Концентрация U в канале до 3,8 раз превышает установленный ПДКВОЗ.

Выражено повышение концентрации Co, Mo, U, V, Li, Sr в воде и донных отложениях р. Карабалта на приграничном участке и в месте, где река втекает в Тасоткельское водохранилище. Концентрации U и Li в воде р. Карабалта, около государственной границы, преводсходит ПДК более чем в 2 раза.

Необходимо продолжить эти исследования для уточнения источников загрязнения и механизмов поступления элементов в поверхностные воды.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

КОМПЛЕКС РАДИАЦИОННОГО СКАНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫЙ МКГ-АТ6111 ДЛЯ БЕСПРОБООТБОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕШЕХОДНОГО СКАНИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ

Author: Алексей Толкачев¹

Co-authors: Алексей Алексеев¹; Алексей Загороднюк¹; Андрей Ничипорчук¹; Вадим Сериков¹

¹ АТОМТЕХ SPE

Corresponding Author: tolkachev@atomtex.com

Алексеев А.А., Загороднюк А.А., Ничипорчук А.О., Сериков В.А., Толкачев А.Н.

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь, info@atomtex.com

Для оценки активности естественных радионуклидов (ЕРН) в процессе геологоразведочных работ активно используются методы радиометрии и спектрометрии. Требования, которые предъявляются к такому классу оборудования – высокая чувствительность, малое время набора спектра в процессе одного измерения и хорошее энергетическое разрешение.

Предприятием «АТОМТЕХ» разработан мобильный комплекс радиационного сканирования МКГ-АТ6111 на базе блока детектирования БДКГ-34 (NaI(Tl)) объемом 2 л (400×100×50 мм) и имеющего высокую чувствительность к гамма-излучению. В качестве устройства обработки и накопления информации используется портативный компьютер (смартфон) с операционной системой Android с разработанным специализированным программным обеспечением. Составные части комплекса размещаются в трекинговом рюкзаке объемом 70 л со специальным защитным вкладышем, что позволяет осуществлять пешеходное радиационное сканирование местности. В ходе разработки были проведены работы по математическому моделированию отклика детектора для различных плотностей почвы и активностей исследуемых ЕРН, по температурной стабилизации блока детектирования, по учету космической составляющей фона детектора, натурные испытания.

В процессе сканирования оператор может наблюдать на экране портативного компьютера расчет активности, набираемый спектр, карту с маршрутом следования в виде точек, в которых проводились измерения. Результатом использования комплекса является накопление массива спектров в течении рабочего дня с координатами местности в точках набора, активностями ЕРН. Данные сканирования можно перенести на стационарный компьютер для последующего анализа в специальном программном обеспечении ПО «GARM» (рис.1).

Были также проведены натурные испытания в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (Гомельская область, Республика Беларусь), с последующим отбором проб и сличением на лабораторном оборудовании. Для корректной работы в условиях радиационно-загрязненной местности в калибровке комплекса помимо ЕРН был также добавлен Cs-137. Проверка комплекса проводилась на аттестованных площадках с различными уровнями содержания Cs-137. Сравнение результатов измерения активности гамма-съемки и лабораторных исследований показало их хорошую сходимость в пределах ±30%.

Рис.1 Отображение результатов пешеходного радиационного сканирования с МКГ-АТ6111 в ПО «GARM»

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПРОПИТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ РАДОНА В ЖИЛЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Author: Renat Khaydarov¹

¹ *Institute of Nuclear Physics, Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding Author: renat2@gmail.com

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных проблем остается увеличение радиационного фона, создаваемого как природными, так и искусственными источниками излучения. Известно, что существенный вклад в дозу облучения населения вносят природные источники и наиболее значимым из них, является радон, продукт естественного распада урана, содержащийся в некоторых горных породах. Основным источником радона в помещениях является почва под зданием, из которой он проникает в подвальные и жилые помещения сквозь трещины и стыки в фундаментах, стенах подвалов. Источником радона в здании также могут быть и материалы строительных конструкций. Проникая в жилые помещения, и постепенно накапливаясь там, радон вызывает серьезные заболевания у людей находящихся постоянно в помещении. Для исключения воздействия радона на здоровье человека проводят изоляцию источника поступления радона в здание, и поэтому при проектировании зданий в радоноопасных зонах предусматривают противорадоновую защиту фундаментов и подвальных перекрытий. В связи с этим, в последнее время увеличились проводимые исследования, посвященные принципам радонозащиты и материалам для ее проведения.

Проведенные эксперименты позволили разработать и получить композицию, являющуюся продуктом взаимодействия полиэтилгидридсилоксана и гидролизата алкилтриэтоксисилана. Были определены их оптимальные соотношения и концентрации, определено необходимое время для протекания реакции гидролиза и поликонденсации. Изучены различные варианты получения композиции в зависимости от соотношения реагентов, времени выдержки и порядка введения каждого реагента. Вследствие происходящей в дальнейшем гидролитической поликонденсации значительно повышается газонепроницаемость бетонных образцов, после нанесения композиции на их поверхность. Нанесенная на поверхность композиция отверждается при комнатной температуре в течение 3-5 суток, а в присутствии катализатора в течение менее, чем 24 часа. Определено оптимальное количество нанесенной композиции и способ его нанесения на бетонную поверхность. Определены коэффициенты газопроницаемости обработанных образцов в зависимости от различных факторов и от временной выдержки (до года). Найдено, что послойное нанесение с интервалами позволяет значительно уменьшить газопроницаемость образцов ($K_0/K_п \geq 100$) и уменьшить количество используемой композиции.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

249

КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ КАК КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ГРАНИЦ ОПТИМАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ДОЗ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Authors: Victoria Ipatova¹; Ulyana Bliznyuk¹; Polina Borshchegovskaya¹; Timofey Bolotnik¹; Arkady Braun¹; Alexander Chernyaev¹; Elena Kozlova¹; Alexander Nikitchenko¹; Anastasia Oprunenko¹; Igor Rodin¹

¹ *Lomonosov Moscow State University*

Corresponding Authors: ipatova.vs15@physics.msu.ru, igorrodin@yandex.ru, oprunenko_anastasiya@mail.ru, uabliznyuk@gmail.com, nikitchenko.ad15@physics.msu.ru, alexeevapo@mail.ru, a.p.chernyaev@yandex.ru, timab@tut.by, waterlake@mail.ru, avbraun@yandex.ru

Глобальная продовольственная проблема, вызванная климатическими, экономическими, политическими и демографическими факторами, является одной из важнейших мировых проблем, способных привести к голоду среди наименее обеспеченных групп населения планеты. Одним из современных и эффективных способов решения данной проблемы является обработка продуктов питания с использованием источников ионизирующего излучения. Радиационные технологии активно применяются в более чем 60 странах мира для сотен различных категорий продукции, позволяя бороться с патогенами пищевого происхождения, а также увеличивать сроки хранения скоропортящейся продукции, за счет снижения микробиологической обсемененности.

При проведении радиационной обработки важным является планирование облучения, в частности, необходимо знать в каких диапазонах доз можно обрабатывать конкретный продукт, поскольку недооблучение может не решить задачу микробиологической безопасности продукта, а его переоблучение может оказать негативное влияние на биомакромолекулы продукта – липиды, белки, ферменты и другие питательные вещества. Для установления диапазонов доз необходимо проводить комплексный анализ продукции, включающий как микробиологические, так и биохимические исследования. Однако, каждый анализ может занимать довольно длительное время, а также являться дорогостоящим из-за использования различных реагентов и сред. Коллектив ученых физического и химического факультета МГУ, а также НИИЯФ МГУ занимается разработкой определения эффективных диапазонов доз косвенным методом, а именно по поведению концентрации летучих органических соединений (ЛОС) в продукте, образующихся за счет окислительных и микробно-ферментативных процессов.

В данном исследовании было проведено облучение образцов охлажденной говядины ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ в дозах от 250 Гр до 10000 Гр на ускорителе УЭЛР-1-25-Т-001 (НИИЯФ МГУ, Россия). Далее, методом ГХ-МС с применением газового хроматографа Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra (Shimadzu, Япония), оснащенного автосемплером HT200H Headspace (NTA, Avola, Италия) для парафазного анализа, были выявлены различные ЛОС – спирты, альдегиды, кетоны, серосодержащие и др., которые продемонстрировали явную дозовую и временную зависимости.

По результатам исследования были выработаны индикаторы микробиологической активности – спирт этанол и индикаторы окислительных процессов липидов и белков – альдегиды, которые могут быть использованы в качестве нижней и верхней границ эффективного диапазона доз соответственно. Таким образом, эффективный диапазон доз для говядины составил –250-750 Гр. Разработанный метод может быть применим к широкому спектру различных категорий продукции для выработки границ эффективного диапазона доз.

Работа выполнена при поддержке гранта РФ №22-63-00075.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

129

КОНЦЕНТРАЦИЯ Ra-226 В КОММЕРЧЕСКИХ БУТИЛИРОВАННЫХ ВОДАХ ТАШКЕНТА

Author: Vasidova Sevara¹

Co-author: Vasidov A¹

¹ INP AS RUz

Corresponding Authors: vasidova91@mail.ru, samad@inp.uz

Жизнедеятельность и здоровье населения во многом зависит от качества питьевой воды. Вода, подаваемая по централизованным трубам или из других источников, может содержать опасные примесные соединения и тяжелые радионуклиды естественного происхождения. Поэтому, в настоящее время, многие отдают предпочтение бутилированной воде, соответствующей требованиям и нормам гигиенической чистоты и радиационной безопасности.

В работе приведены результаты определения удельной активности Ra-226 в шестнадцати марочных бутилированных водах, приобретенных в торговых точках Ташкента. Среди них: 11 - узбекских производителей, 2 - казахских, 2 - чешских и 1 - грузинских.

При определении концентрации Ra-226 в питьевых водах были использованы измерения активности дочернего радионуклида Rn-222. Для этого пробы воды хранили в течение 30 дней в изолированной лабораторной комнате для полного распада остаточного Rn-222 и достижения равновесия активностей между ^{222}Rn и ^{226}Ra .

Для измерения объемной активности Rn-222 был применен сцинтилляционный метод, где исследуемый радоновый воздух из проб воды перекачивали в объем сцинтилляционной ячейки с помощью мини насоса. Световые вспышки ZnS(Ag) детектора, образуемые от альфа-частиц Po-218 были зарегистрированы с помощью ФЭУ. Концентрации Ra-226 в бутилированных водах Ташкента были определены в интервале от 0.20 ± 0.03 Бк/л до 3.16 ± 0.41 Бк/л. В статье приведены сравнения полученных данных, с другими результатами зарубежных авторов и оценены ежегодные дозовые нагрузки на потребителей от Ra-226 в бутилированных водах.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

68

КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА ПИК В ТЯЖЕЛОЙ ВОДЕ

Author: Sergey Friedmann¹

Co-author: Татьяна Викторовна Воронина

¹ Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of National Research Centre «Kurchatov Institute» (NRC «Kurchatov Institute» - PNPI)

Corresponding Authors: fridman_sr@pnpi.nrcki.ru, voronina_tv@pnpi.nrcki.ru

Коррозионные испытания алюминиевых материалов экспериментальных каналов реактора ПИК в тяжелой воде

Т.В.Воронина¹, В.И.Попов², Р.М.Рамазанов², С.Р. Фридман¹

1 НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ

2 НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»

Система тяжеловодного отражателя (ТВО) реактора ПИК по проекту предназначена для размещения экспериментальных устройств и формирования нейтронных потоков с помощью экспериментальных каналов (ЭК), а также, для съема и отвода тепла, выделяющегося при эксплуатации на мегаваттных мощностях в отражателе реактора. Отражателем – теплоносителем является концентрированная тяжелая вода. В период физического пуска и эксплуатации реактора ПИК в режиме длительного останова в баке ТВО были смонтированы экспериментальные каналы, изготовленные из алюминиевых сплавов АМГ3, АД1, нержавеющей стали типа 08X18H10T и циркониевого сплава Э-125. Бак был заполнен тяжелой водой.

Осмотр экспериментальных каналов после слива тяжелой воды показал, что:

- поверхность ЭК из нержавеющей стали и циркониевого сплава находится в удовлетворительном состоянии и проведения компенсационных мероприятий не требует;

- поверхность ЭК из алюминиевых сплавов имеет коррозионное повреждение поверхности. Проведенный комплекс мероприятий (удаление наносных продуктов коррозии с поверхности ЭК, механическая зачистка дефектов на поверхности, визуальный контроль поверхности и сварных соединений ЭК, проведение ультразвуковых измерений толщины оболочки ЭК после зачистки коррозионных повреждений и химическая очистка тяжелой воды) позволил незначительно продлить ресурс алюминиевых экспериментальных каналов.

Дальнейшее продление ресурса ЭК из алюминиевых материалов было связано с неопределенностями скорости развития питтингов на используемых каналах.

Для решения данных вопросов проведены коррозионные испытания на контрольных образцах алюминиевых материалов штатных ЭК в тяжелой воде.

Целью выполненных работ было:

- анализ коррозионной стойкости материалов алюминиевых экспериментальных каналов реактора ПИК НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ в тяжелой воде на контрольных образцах с различными пассивирующими покрытиями и без них;
- сравнительная оценка эффективности антикоррозионных покрытий в тяжелой воде на поверхности контрольных образцов из алюминиевых сплавов марки АД 1 и АМг 3;
- верификация зависимости кинетики роста локальных коррозионных поражений (язв) на поверхности алюминиевых сплавов в тяжелой воде;
- выбор методов предотвращения последующей коррозии ЭК.

В докладе рассмотрены результаты коррозионных испытаний образцов из алюминиевых сплавов АД1 и АМГ3 в течение 6500 часов в тяжелой воде.

Отсутствие заметных коррозионных повреждений образцов в данных испытаниях главным образом связано с низким содержанием в тяжелой воде ионов железа.

Проведена оценка общей скорости коррозии в условиях реактора ПИК, рассчитана скорость роста имеющихся на поверхности каналов питтингов.

Полученные результаты позволили дополнительно продлить ресурс экспериментальных каналов реактора ПИК, изготовленных из алюминиевых сплавов.

Рекомендован тип защитного покрытия для новых экспериментальных каналов.

Section:

17

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ В РАСТЕНИЯ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ МЕСТ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Author: Natalya Larionova¹

¹ Branch 'Institute of radiation Safety and Ecology' of RSE NNC RK

Corresponding Author: larionova@nnc.kz

Оценка радиоактивного загрязнения растительного покрова – один из важнейших этапов при проведении радиоэкологических работ, так как растения являются неотъемлемой частью пищевой цепи «почва-растения-животное-человек». Определяющим параметром в этом случае выступает удельная активность радионуклидов в наземной части растений, которая может быть установлена непосредственно прямым измерением или рассчитана на основании удельной активности радионуклидов в почве. Для количественной оценки поступления радионуклидов из почвы в растения используется один из наиболее широко применяемых показателей – коэффициент накопления (Кн) – отношение содержания радионуклида в единице массы растений и почвы соответственно.

Учитывая большую площадь Семипалатинского испытательного полигона (СИП), которая составляет 18300 км², более экономически выгодно для оценки радиоактивного загрязнения растительного покрова использовать именно Кн. Исходя из природы процессов, происходящих при проведении ядерных испытаний, либо с испытаниями с использованием радиоактивных веществ, обусловивших характер радиоактивного загрязнения различных территорий СИП, можно предположить, что Кн для них могут существенно различаться. Чтобы получить достоверные средние значения Кн радионуклидов для различных территорий СИП, их исследование должно основываться на учете видов проведенных испытаний и механизмов формирования радиоактивного загрязнения.

Для расчета Кн на территории СИП за пределами мест проведения испытаний были отобраны пробы почвы (0-5 см) и растений (чаще всего смешанный образец степного разнотравья). При определении участков отбора проб учитывалось наличие радиоактивного загрязнения, рельеф, распределение растительных сообществ и видовой состав растений, который для большей части исследуемой территории представлен сухими степями на светло-каштановых почвах с преобладанием ковыля (*Stipa sareptana*, *S. capillata*, *S. lessingiana*), типчака (*Festuca valesiaca*) и полыней (*Artemisia gracilescens*, *A. marschalliana*). Измерение удельной активности радионуклидов ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am проводили методом гамма-спектрометрии, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – методом радиохимического выделения с последующей бета- и альфа-спектрометрией.

По результатам проведенных исследований установлено, что в целом диапазон значений

Кн ^{137}Cs варьирует до 2-х порядков, ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ достигает 3-х порядков. Ряд убывания радионуклидов по их способности к накоплению растениями имеет следующий вид: Кн ^{90}Sr > Кн ^{137}Cs > Кн $^{239+240}\text{Pu}$. Значения Кн ^{90}Sr в среднем в 8,3 раз превышают Кн ^{137}Cs и до 13 раз Кн $^{239+240}\text{Pu}$. В качестве средних величин Кн ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ для условно «фоновых» территорий СИП принято считать средние геометрические (GM) – Кн ^{90}Sr = 0,25; Кн ^{137}Cs = 0,030; Кн $^{239+240}\text{Pu}$ = 0,019. Кн ^{241}Am установить не удалось из-за отсутствия количественных величин удельной активности данного радионуклида в растениях. Некоторые отличия в значениях Кн отмечаются на следах радиоактивных выпадений.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

285

МАССА НОСИТЕЛЯ ЗАРЯДА В LSCO КУПРАТЕ: ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И АНИЗОТРОПИИ РЕШЕТКИ

Author: Сардорбек Отажонов¹

Co-author: Бахром Явидов¹

¹ НГПИ имени Ажинияза

Corresponding Authors: bakhrom.yavidov@gmail.com, sardorbek.otajonov@ndpi.uz

LSCO купрат имеет относительно простую, по сравнению с остальными купратами, кристаллическую решетку. Несмотря на это, многие свойства этого купрата все ещё не вполне вписываются в стандартные теории твердого тела. К этим свойствам, кроме свойств нормального состояния, относятся и свойства сверхпроводящего (СП) состояния. В частности, значение массы носителя заряда в LSCO купрате и ее зависимость от уровня легирования и температуры все ещё остается вопросом дискуссии [1-4].

В этом тезисе мы кратко изложим результаты изучения массы носителя заряда в LSCO купрате. В частности, зависимость массы носителя от температуры при фиксированном уровне легирования. При этом мы используем биполярную модель ВТСП купратов. Кристаллическая решетка LSCO купрата квази-двумерная, анизотропная, и как показывают эксперименты $m_{(p,ab)} < m_{(p,c)}$. Тогда, масса трехмерного полярона может быть записана как $m_{(3D,p)} = m_{(p,ab)}^{2/3} m_{(p,c)}^{1/3}$. Здесь $m_{(p,ab)}$ - масса двухмерного полярона или масса полярона в ab - (CuO_2) плоскости решетки кристаллической решетки LSCO купрата, $m_{(p,c)}$ – масса полярона вдоль c -оси кристаллической решетки LSCO купрата. Учитывая, массовый коэффициент анизотропии $\gamma_{(m)}^2 = m_{(p,c)} / m_{(p,ab)}$ имеем $m_{(p,ab)}(T) = \gamma^{(-2/3)}(T) m_p(T_{\text{BEC}})$. При записи последнего соотношения мы учли, что масса трехмерного (би)полярона определяется только температурой БЭК, T_{BEC} . Поэтому при фиксированном уровне легирования, когда температура БЭК также фиксирована, малому (большому) значению коэффициента анизотропии соответствует большое (малое) значение массы двумерного полярона. Согласно [5,6] $\gamma_{(m)}$ купрата LSCO медленно увеличивается с ростом температуры. А именно, значения коэффициентов анизотропии, $\gamma_{(m)}(T)$, при двух различных значениях температуры при фиксированных уровнях легирования равны: (при $x=0.11$) $\gamma_{(m)}(\sim 5\text{K})=21$ и $\gamma_{(m)}(25,0\text{K})=24$, (при $x=0.15$) $\gamma_{(m)}(\sim 5\text{K})=14$ и $\gamma_{(m)}(34,4\text{K})=19$, (при $x=0.18$) $\gamma_{(m)}(\sim 5\text{K})=12$ и $\gamma_{(m)}(27,6\text{K})=15$. Такая тенденция коэффициента анизотропии в зависимости от температуры подтверждается в работах [7] и [8], где приведены значения коэффициентов анизотропии для близких уровней легирования, но при более высокой температуре: $\gamma_{(m)}(x=0.154, T=50\text{K})=20.25$ [48] и $\gamma_{(m)}(x=0.2, T=50\text{K})=18.71$ [7]. Из этих данных следует, что при измерении при более высоких температурах обнаруживаются малые значения массы носителей заряда. Реализацию таких случаев можно найти как раз в работе [4]. Так, они сообщают, что при уровнях легирования $x=0.16$ $m_c(40\text{K})=5.67m_e > m_c(45\text{K})=4.89m_e > m_c(50\text{K})=4.2m_e$; $x=0.198$ $m_c(30\text{K})=7.158m_e > m_c(35\text{K})=6.1m_e$; $x=0.2$ $m_c(15\text{K})=6.0m_e > m_c(25\text{K})=4.99m_e$ и $x=0.26$ $m_c(15\text{K})=13.65m_e > m_c(30\text{K})=11.398m_e$. Однако указанные выше соотношения между массами носителей заряда при фиксированном уровне легирования, но при разных температурах измерения, по-видимому, не выполняются во всем диапазоне фазовой диаграммы (x, T_c). Согласно тем же [4], при $x=0.22$ выполняется следующее соотношение: $m_c(25\text{K})=6.489m_e < m_c(30\text{K})=7.08$ [м] $m_e < m_c(40\text{K})=7.59m_e$. В последнем случае оказывается, что коэффициент

анизотропии $\gamma_m(T)$ уменьшается с ростом температуры. И эта возможность не является исключительной. Полезно вспомнить работу [9], в которой сообщалось об уменьшении коэффициента анизотропии с ростом температуры в диапазоне температур от 32 К до 35 К при фиксированном уровне легирования $x=0.15$.

Наш подход, основанный на сверхтекучести (сверхпроводимости) газа (жидкости) биполяронов, с использованием температуры БЭК для идеального газа биполяронов как температура сверхпроводимости (сверхтекучести) позволяет качественно и количественно объяснить температурную зависимость массы носителя заряда в LSCO купрате при фиксированном уровне легирования.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

160

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО, КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ В РАЗВИТИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РГП ИЯФ В ЯДЕРНОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ

Author: Mikhail Levashov¹

Co-authors: А.К. Наби²; А.Ж. Сериков²; Е.Р. Нуртазин²

¹ RSE "Institute of Nuclear Physics" ME RK

² Институт ядерной физики, г. Алматы, Казахстан

Corresponding Author: levashov_m85@mail.ru

В институте ядерной физики (ИЯФ) на протяжении длительного времени по заявкам правоохранительных органов проводятся специальные исследования различных материалов и устройств, изъятых в ходе борьбы с незаконным оборотом ядерных и других радиоактивных материалов. Организация таких исследований проводится по распоряжению дирекции с назначением руководителя работ, основных исполнителей и сроков исполнения. На основании вопросов, поставленных следователем в постановлении о проведении специальных исследований, разрабатывается план работ с конкретными заданиями исполнителям на проведения специальных исследований. На первом этапе работ проводится приемка ЯРМ и первичный радиационный контроль для установления мощности дозы гамма-излучения, плотности потока α -, β -частиц, чтобы рассчитать безопасное время работы с образцом. Распаковка полученного образца и визуальный осмотр выполняются под постоянным дозиметрическим контролем, фото-, видео-фиксацией, полным описанием геометрических характеристик, во что упаковано и что внутри. В первую очередь для характеристики исследуемых образцов используются такие экспресс-методы неразрушающего контроля, как радиометрия и гамма спектроскопия, которые не требуют трудоемкой пробоподготовки образцов для лабораторных исследований. На втором этапе при необходимости могут проводиться дополнительные исследования и измерения другими более трудоемкими методами как неразрушающими (растровая электронная микроскопия с рентгеновским микроанализом), так и разрушающими (масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой). На третьем этапе составляется заключение правоохранительному органу, издавшему постановление. Для выполнения исследований используется обширный аппаратно-методический комплекс ядерно-физических методов анализа, которым обладает институт ядерной физики, постоянно проводятся работы по освоению новых и усовершенствованию имеющихся методов, применяемых для нужд ядерной криминалистики. В последнее время в рамках различных программ, проектов и мероприятий развивается международное сотрудничество в области ядерной криминалистики, которое привело к расширению компетенций, знаний и навыков специалистов института ядерной физики в области ядерной криминалистики. Практические при решении различных задач ядерной криминалистики осваивались и отработывались в ходе большого количества международных проектов МАГАТЭ и МНТЦ, семинаров, учений, конференций и других совместных мероприятий, в частности программы МАГАТЭ по введению, в ядерную

судебную экспертизу для стран СНГ и Восточной Европы. На учениях, проводимых МАГАТЭ получен практический опыт развития кооперации специалистов по ЯРМ с правоохранительными органами, в том числе взаимодействия экспертов-криминалистов со специалистами по ЯРМ при осмотре места инцидента, исследовании вещественных доказательств, которые в дальнейшем могут пригодиться при выезде на реальное место происшествия.

Одним из примеров являются работы по освоению и использованию электронной микроскопии для исследования различных ядерных и радиоактивных материалов. Практические навыки работы с электронным микроскопом, которые были получены специалистами ИЯФ во время стажировки в Лаборатории анализа микрочастиц (г. Москва), в дальнейшем были внедрены в практику специальных исследований в ИЯФ и в настоящее время позволяют получать дополнительные данные, которые используются для характеристики и изучения возможного происхождения исследуемых материалов. Так, например, в ходе стажировки стало понятным, что для получения более контрастного, четкого и информативного изображения, получаемого с использованием генерации высокопоточного потока электронов, важно выбрать оптимальное значение ускоряющего напряжения и учесть такие факторы, как электрическая проводимость образца.

В данной работе представлены результаты полученные при отработке технологии создания аналитических портретов ядерных материалов на образцах концентратов урановой руды (рисунок 1), переданной ИЯФ из Национальной Ливерморской лаборатории им. Лоуренса США по совместному проекту. Нами экспериментально было выбрано ускоряющее напряжение в 15кВ и учтена удельная электрическая проводимость образца, чтобы при прохождении пучка электронов по образцу не было накопления электрического заряда на его поверхности.

Indico rendering error

Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?

Indico rendering error

Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?

Indico rendering error

Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?

Было установлено, что исследуемый образец содержит частицы, средний размер которых варьирует от 2 до 15 мкм (рис. 1 А). Согласно данным элементного анализа (Рис. 1В), для этого образца характерно наличие около 1% примеси алюминия стехиометрическое соотношение урана и кислорода в структуре составляет U:O = 33:45 % (Рис. 1С). Указанные характеристики могут быть очень полезны для понимания состава исследуемого материала и его происхождения. Авторы выражают глубокую благодарность коллективу Лаборатории анализа микрочастиц (г. Москва) и персонально В.А. Стебелькову за передачу бесценного опыта и обращаются к МАГАТЭ с призывом продолжения практики стажировок на базе ведущих научных организаций с целью повышения квалификации региона в области ядерной криминалистики.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

260

МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ В СТАЛИ CF8 ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ ^{57}Fe

Authors: Irina Manakova¹; Mikhail Vereshchak¹; Zhandos Tleubergenov¹; Gaukhar Yeshmanova¹; Sayabek Sakhiyev¹

¹ *Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: zhandos_t85@mail.ru, mikhail.vereshchak@mail.ru, i.manakova25@mail.ru

В настоящей работе методами мессбауэровской спектроскопии в режиме на пропускание (МС) и конверсионных электронов (КЭМС) исследована аустенитно-ферритная duplexная сталь CF8. В приповерхностном слое (100 мкм) доминирующей фазой после радиационного воздействия являлась ферромагнитная структура, содержание которой составило ~ 84%. МС-спектр практически не показал присутствие этой фазы, о чем свидетельствовала парамагнитная линия аустенитной структуры. Изучена кинетика структурно-фазовых превращений в стали CF8 в зависимости от дозы и термического воздействия.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

69

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ С ОЛОВЯННО-ЛИТИЕВОЙ КПС В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ДЕЙТЕРИЕВОЙ ПЛАЗМОЙ

Author: Евгений Тулубаев¹

Co-authors: Виктор Кудияров²; Ирина Тажибаева³; Юрий Понкратов³; Юрий Гордиенко³; Вадим Бочков³; Эльдана Сапарбек³; Тимур Туленбергенов³; Игорь Соколов³; Гайния Жанболатова³

¹ *Филиал Институт Атомной Энергии НЯЦ РК*

² *Томский Политехнический Университет*

³ *Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК*

Corresponding Authors: tulubaev@nnc.kz, kudiyarov@tpu.ru

В последние десятилетия ведутся интенсивные исследования, направленные на разработку новой концепции дивертора для термоядерного реактора типа ДЕМО, в котором твердые материалы предполагается заменить на жидкие легкоплавкие металлы 1 поскольку традиционные материалы, обращенные к плазме (ОПМ) имеют более низкий потенциал при взаимодействии с потоками энергии и частицами высокой плотности. Анализ результатов работ проведенных с легкоплавкими металлами показал, что литий является наиболее исследованным, если рассматривать его свойства с точки зрения требований, предъявляемых к материалам, обращенным к плазме токамака и совместимости с конструкционными материалами. Однако при использовании лития в ТЯР есть и свои недостатки, это низкий температурный предел, не выше 500 оС, обусловленный высоким давлением его паров. Поэтому все чаще исследователи во всем мире обращают внимание на сплавы лития с легкоплавкими металлами, такими как: олово, галлий, индий. Исследования по данному направлению указывают на перспективность сплава олово-литий (Sn-Li) в качестве нового жидкого металла для защиты внутрикамерных элементов токамака-реактора от потоков энергии и частиц высокой плотности 2. Выбор сплава Sn-Li в качестве ОПМ в ТЯР в основном обусловлен низким давлением паров олова, что значительно расширяет температурный предел использования данного сплава по сравнению с чистым литием. Верхний предел увеличивается с 500 оС до 800 °С 3, что является важным фактором с точки зрения воздействия высокоэнергичных потоков частиц на обращенные к плазме материалы. Однако в настоящее время имеется весьма ограниченное число экспериментальных данных по испытаниям Sn-Li в условиях реального воздействия высокотемпературной плазмы на данный материал. В связи с этим для обоснования применения олово-литиевого сплава в качестве ОПМ необходимо иметь экспериментальные данные о взаимодействии Sn-Li с высокотемпературной плазмой. Данная работа посвящена разработке методики проведения высокотемпературных испытаний олово-литиевой КПС в условиях облучения дейтериевой плазмой.

В докладе описывается работа в ходе реализации, которой была изготовлена мишень для облучения дейтериевой плазмой оловянно-литиевой КПС на имитационном стенде с плазменно-пучковой установкой (ППУ). Приводятся результаты теплофизических расчетов для мишени с оловянно-литиевой КПС при воздействии на нее потоков дейтериевой плазмы различной плотности. Описываются этапы отработки методики проведения испытаний оловянно-литиевой КПС в условиях облучения дейтериевой плазмой и приводятся результаты методических испытаний. В результате проведенных работ была получена работоспособная методика с помощью, которой можно в дальнейшем проводить эксперименты по исследованию взаимодействия оловянно-литиевой КПС с изотопами водорода в условиях высоких тепловых и плазменных нагрузок.

Работа выполняется при поддержке Министерства энергетики Республики Казахстан (ИРН –BR23891779 НТП «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахском материаловедческом токамаке КТМ»).

Список литературы

1. Tabares F.L., Oyarzabal E., Martin-Rojo A.B., Tafalla D., de Castro A., Soletto A. Reactor plasma facing component designs based on liquid metal concepts supported in porous systems // Nuclear Fusion. –2017.–Vol. 57.–P. 11.
2. Dejarnac R. [et al.] Overview of power exhaust experiments in the COMPASS divertor with liquid metals // Nuclear Materials and Energy.–2020.–Vol. 25.
3. Anderl R.A. [et al.] Vaporization properties of the Sn-25 at% Li alloy // Journal of Nuclear Materials.–2002.–Vol. 307-311.–P. 739–742.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

287

МЕТОДИКА СОРБЦИОННО-ДЕСОРБЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МАТЕРИАЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Author: Alexandr Yelishenkov^{None}

Co-authors: Жанна Заурбекова¹; Тимур Кульсартов¹; Inesh Kenzhina¹; Сәулет Әскербекөв¹; Евгений Чихрай¹; Ергазы Кенжин¹; Сергей Ударцев²

¹ *Satbayev University*

² *АО "УМЗ"*

Corresponding Authors: kenzhina@physics.kz, aleksandreisenkov282@gmail.com

В связи с большим ростом интереса во всём мире к водородной энергетике, появляется необходимость хранения водорода и его транспортировки. Традиционные способы хранения водорода в сжатом или сжиженном виде имеют ряд недостатков: высокие энергозатраты, сложности изготовления и безопасной эксплуатации криогенных ёмкостей и баллонов высокого давления и т.д. В качестве альтернативы традиционным способам хранения является использование гидридов, которые должны отвечать основным требованиям:

- сохранять фазовое состояние в нужном диапазоне температур и давлений;
- обеспечивать высокую объёмную и массовую плотность по водороду;
- обеспечивать простую разгрузку водорода (приемлемые температуры высвобождения и поглощения);
- быть перезаряжаемыми.

Предлагается использование для хранения водорода гидридов металлов. Гидриды, способные накапливать большие количества водорода и сравнительно легко его отдавать, часто называются накопителями водорода. Одними из перспективных материалов на роль накопителя водорода является интерметаллидные соединения бериллия.

Для определения спектра и возможности применения необходимо иметь понимание характеристик и механизма взаимодействия этих материалов с водородом, это требует проведения экспериментальных

работ и теоретических исследований.

Представляемая работа нацелена на исследование таких материалов на основе бериллия, т.к. в Казахстане есть действующее промышленное производство позволяющее выпускать бериллий содержащие материалы: АО "Ульбинский металлургический завод".

Для исследования свойств бериллидов разработана методика и изготовлена установка по проведению сорбционно-десорбционных экспериментов (методом Сивертса), позволяющая создавать режимы имитирующие реальные условия работы перспективных материалов. В экспериментах на установке могут быть получены зависимости поглощения и выделения водорода в зависимости от различных давлений и температур.

Важной целью при создании установки была разработка системы автоматической регистрации данных, с возможностью удалённого мониторинга, получения данных для обработки и управления в режиме реального времени через Интернет, создание системы контроля аварийных ситуаций с возможностью удалённого управления отключения установки, а также автономная работа при отключении энергоснабжения.

Таким образом особенностями разработанной методики являются:

- возможность исследовать малоразмерные образцы (малой размера, массы и объёма) что повышает чувствительность метода.
- проведение исследований в диапазонах давлений изотопов водорода от нескольких Торр до сотен атмосфер, диапазоне температур от 25°C до 700°C. Возможность реализации различных температурных режимов в программируемом режиме (линейные нагрев, охлаждение, выдержка на температурных полках).
- возможность безопасного проведения непрерывных экспериментов в течении длительного времени - от нескольких часов до нескольких недель, с удаленным контролем параметров экспериментов оператором через Интернет.

В представленной работе приведена схема установки, параметры, описание систем, принятые решения. Также приводятся циклы методических экспериментов по сорбции/десорбции водорода с исследуемым образцом, выполненных на установке.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

188

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ СПЛАВАМИ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА УСТАНОВКЕ ТiГрА

Authors: Ю.В. Понкратов¹; Эльдана Сапарбек¹; В.С. Бочков¹; Ю.Ю. Бакланова¹; Ю.Н. Гордиенко¹; К.К. Самарханов¹; Е.Ю. Тулубаев¹

¹ Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК

Corresponding Authors: saparbek@nnc.kz, gordienko@nnc.kz, samarkhanov@nnc.kz, basalai@nnc.kz, bochkovv@nnc.kz, ponkratov@nnc.kz, tulubaev@nnc.kz

В последние десятилетия ведутся интенсивные исследования, направленные на разработку новой концепции дивертора для термоядерного реактора типа ДЕМО, в котором традиционные твердые материалы предполагается заменить на жидкие металлы поскольку традиционные конструкционные материалы исчерпали свой потенциал. Литий, галлий и олово рассматриваются в качестве возможных жидкометаллических компонентов для применения в токамаках. Из перечисленных жидких металлов и сплавов литий является наиболее исследованным, если рассматривать его свойства с точки зрения требований, предъявляемых к материалу, обращенным к плазме токамака и совместимости с конструкционными материалами. Хотя по своим свойствам литий обладает рядом преимуществ перед другими легкоплавкими металлами, следует упомянуть о существовании двух еще не полностью решенных проблем, связанных с возможностью накопления в литии высоких концентраций трития и повышенным давлением пара над его расплавом. Эти факторы важны с точки зрения обеспечения безопасности ТЯР и чистоты термоядерной плазмы. Необходимо отметить, что в последнее десятилетие возник повышенный интерес к жидкому

олову и литийсодержащим сплавам, такими как SnLi, GaLi, PbLi с точки зрения его возможного использования в качестве плазма обращённого элемента в будущих установках ТЯР. Данная работа посвящена разработке методического подхода при проведении экспериментов с различными литийсодержащими сплавами в условиях термических нагрузок, проводимых на установке ТиГра. Излагаются этапы создания новой системы подачи газовых и парогазовых смесей различного изотопного состава в рабочую камеру экспериментальной установки ТиГра при проведении экспериментов с различными литийсодержащими сплавами в условиях неизотермических и изотермических режимах нагрева. В результате проведенных исследований получена практическая методика, которая будет использована для проведения дальнейших экспериментов на модернизированной установке ТиГра. Работа выполняется при поддержке Министерства энергетики Республики Казахстан (ИРН – BR24792713 НТП «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» в рамках программно-целевого финансирования на 2024-2026 годы).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

63

МИКРОТВЕРДОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО- НЕЙТРОННОЙ ТРАНСМУТАЦИЕЙ

Author: Ш. Махкамов¹

¹ ИЯФ АН РУз

Corresponding Author: makhkamov@inp.uz

Известно, что нейтронно-трансмутационный кремний является одним из базовым материалом для производства силовых полупроводниковых приборов, где в качестве основного требования выдвигается высокая однородность распределение легированной примеси по всему объему кристалла. Наличие зависимости степени трансмутационного легирования кристалла от времени облучения при постоянной платности нейтронного потока, позволяет регулировать концентрацию вводимой изотопной примеси Р31 в широких пределах с высокой точностью до ~1% и получить монокристаллический кремний с необходимым электрофизическим параметром. Кремний является одним из важным конструкционным материалом в микроэлектронике и находит широкое применение при изготовлении различных гибридных продуктов нанотехнологии.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

110

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛЬФРАМА ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ

Author: Gainiya Zhanbolatova¹

Co-authors: Игорь Соколов¹; Арман Миниязов¹; Тимур Туленбергенов¹; Нурия Мухамедова¹; Эсел Кайырбекова¹; Алина Агатанова¹

¹ Institute of Atomic Energy of National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan

Corresponding Author: kaiyrdy@nnc.kz

Как известно, дивертор будет подвергаться интенсивному плазменно-тепловому воздействию H, D, T с энергией ионов от нескольких эВ до нескольких кэВ, с очень небольшим количеством ионов гелия (He) в диапазоне энергий МэВ. По результатам исследований последнего десятилетия установлено, что наибольший тепловой поток на дивертор составит 10–20 МВт/м² 1. Данные значения получены с учетом специальных мер по снижению тепловой нагрузки 2. Одним из широко известных методов снижения тепловой нагрузки в области дивертора является введение примесных (затравочных) инертных газов как аргон, неон, азот и др. [3, 4]. Однако, затравочные газы, попадая в диверторную область, ионизируются и генерируют новый вид плазмы, который также приводит к распылению, изменению структуры поверхности W и влияет на удержание D в нем.

Настоящая работа посвящена исследованию изменений поверхности вольфрама после облучения инертными газами (Ar, He). Эксперименты по облучению вольфрама инертными газами осуществляли на плазменно-пучковой установке, которая предназначена для развития существующих и разработки новых методов моделирования нагрузок на конструкционные материалы, изучения свойств и поведения материалов после взаимодействия с плазмой [5].

Анализ модификации поверхности вольфрама проводился с помощью оптического микроскопа, сканирующего электронного микроскопа, а также основывался на измерениях шероховатости, микротвердости, потери веса образцов до и после плазменного облучения.

Микроструктура поверхности вольфрама и его модификация после облучения аргоновой плазмой показаны на рисунке 1.

Рисунок 1 – Микроструктура поверхности вольфрама: а – исходное состояние; б – после облучения в аргоновой плазме при $E_i = 500$ эВ ув. $\times 1000$, в – ув. $\times 3000$

Как видно на рисунке 1а, поверхность необлученного образца достаточно ровная со следами механической шлифовки. После облучения в аргоновой плазме на поверхности образца наблюдаются следы характерные процессу эрозии (рис.1б), отчетливо выявляются кристаллиты вольфрама (рис.1в), а также наблюдаются микропоры преимущественно круглой формы. Необходимо отметить, что после облучения гелиевой плазмой также наблюдалось образование пористой структуры. Следует предположить, что пористая структура, образованная в результате облучения инертными газами, может в дальнейшем служить дополнительными местами захвата ионов дейтерия.

Данная работа выполнена в филиале ИАЭ НЯЦ РК в рамках проекта «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском материаловедческом токамаке КТМ» (ИРН – BR23891779).

Список использованной литературы

1 Rieth M, Doerner R, Hasegawa A, Ueda Y and Wirtz M 2019 Behavior of tungsten under irradiation and plasma interaction // J. Nucl. Mater. –2019. –Vol. 519. –P. 334–68

2 А.С. Кукушкин, А.А. Пшенов. Режимы работы традиционного дивертора в TRT // Физика плазмы. –2021. –Т. 47. –№ 12. –С. 1123-1129.

3 A. Kallenbach, M. Balden, R. Dux, T. Eich et al. Plasma surface interactions in impurity seeded plasmas // Journal of Nuclear Materials. –2011. –Vol. 415. –Iss. 1. –P. S19-S26.

[4] H.D. Pacher, A.S. Kukushkin, G.W. Pacher, V. Kotov, R.A. Pitts, D. Reiter. Impurity seeding in ITER DT plasmas in a carbon-free environment // Journal of Nuclear Materials. –2015. –Vol. 463. –P. 591-595 <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2014.11.104>

[5] Патент РК № 2080. Имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой / Колодешников А.А., Зуев В.А., Гановичев Д.А., Туленбергенев Т.Р. и др. –опубл. 15.03.2017, Бюл. № 5.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

ПЛЁНКИ INAS НА САПФИРОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Author: Vladik Yamurzin¹

¹ ЛНФ / FLNP

Corresponding Author: yamurzin.v@nf.jinr.ru

В данной научной работе мы провели обширное численное моделирование воздействия нейтронов различных энергий на полупроводниковые пленки InAs, используя программное обеспечение Geant4. Наше исследование охватывает весь спектр реакций, которые могут происходить в материале при облучении нейтронами, включая как упругие столкновения, так и неупругие процессы.

Важным аспектом нашей работы было детальное изучение влияния энергии нейтронов на реакции, происходящие в полупроводнике, а также изменения этих реакций в зависимости от толщины материала. Наши результаты включают в себя данные о различных типах вторичных частиц, которые образуются при взаимодействии нейтронов с полупроводником. Этот исследовательский проект имеет важное значение для понимания физических процессов, происходящих в полупроводниках при облучении нейтронами, и может привести к разработке новых методов контроля и управления свойствами полупроводниковых материалов. Полученные данные будут использоваться для сравнения с результатами облучения образцов на реакторе с определенным нейтронным спектром, что позволит более точно прогнозировать электрофизические характеристики полупроводника и его поведение в различных условиях.

Кроме того, наше исследование может найти применение в различных областях, включая ядерную энергетику, электронику и медицинскую технику, аэрокосмическую отрасль, где понимание воздействия нейтронов на полупроводниковые материалы играет важную роль.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

117

Мгновенные нейтроны спонтанного деления короткоживущих тяжёлых ядер

Author: Andrey Isaev¹

¹ FLNR JINR

Corresponding Author: isaev@jinr.ru

В результате серии экспериментов на фильтре скоростей SHELS (ЛЯР ОИЯИ), с применением детектирующей системы SFiNx, были получены новые данные по выходам мгновенных нейтронов короткоживущих ядер в области $Z = 100 - 106$. Показано, что распределения нейтронной множественности имеют уникальные формы для каждого изотопа. При этом асимметричные распределения могут использоваться для поиска мод деления тяжёлых ядер.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

191

Многолетние вариации природного бета-радиационного поля в поверхностном атмосферном слое земли на широте г. Алматы

Authors: Vyacheslav Dyachkov¹; Yuliya Zaripova²; Alexander Yushkov²

¹ Faculty of Physics. Voronezh State University

² al-Farabi Kazakh National University

Corresponding Authors: lnirp206@gmail.com, zj_kaznu@mail.ru

Мониторинг природных земных радионуклидов, которые, в конечном счете участвуют в пищевой цепочке человека, являются необходимым условием их контроля. Предельные концентрации природных радионуклидов в соответствующих продуктах питания регламентированы Международным Комитетом по Радиологической защите 1. Исследования концентрации и миграции бета-радионуклидов ДПР радона распространенных в поверхностном грунте и в приземном атмосферном слое Земли являются актуальной задачей. Так процессы диффузии, коагуляции при пищевом и респираторном механизмах взаимодействия с органами организма человека непосредственным образом связаны с накоплением общей поглощенной дозы в экосреде обитания и жизнедеятельности всего населения.

Однако природные радиационные поля приземной атмосферы, которые формирует экосреду обитания человека, складываются из ряда природных источников. Согласно устоявшемуся мнению 2 атмосферный радон и его ДПР оказывает значимое влияние на атмосферные альфа-, бета-, гамма- радиационные поля и является вариационной составляющей компонентой временных вариаций атмосферных радиационных полей приземного поверхностного слоя Земли. Разделение на составляющие компоненты того или иного типа радиационных полей является не тривиальной задачей. Так для разложения спектра бета-радиационного поля на его составляющие возникает ряд неопределенностей. На основную гармонику временной вариации космического излучения, регистрируемого в приземном атмосферном слое, накладываются гармоники бета-радионуклидов ДПР изотопов радона. В работе 3 была предложена модель вертикального распределения выхода ионизирующего излучения, источником которого являлись радионуклиды ДПР изотопов радона. Эта модель учитывала такие процессы рождения, переноса и удаления радионуклидов в атмосфере, как выход радиоактивных газов из грунта в атмосферу; молекулярную и турбулентную диффузию; осаждение под действием силы тяжести; вымывание радионуклидов из атмосферы осадками; ветровой перенос. Однако влияние радиационного фона от космических лучей не был каким-либо образом учтен в данной модели. В свою очередь, космическая компонента влияет на физические и электрофизические свойства окружающей среды в приземной атмосфере поверхностного слоя Земли. Подобные исследования проводятся Томской обсерваторией радиоактивности и ионизирующего излучения.

В данной работе выполняются многолетние спектрометрические измерения природного бета-радиационного поля в автоматическом режиме с временным шагом 2 часа с сентября 2018 года по июль 2024 года. Был выполнен предварительный анализ интегральных значений полученных бета-спектров. Временная вариация экспериментальных данных была изучена в комплексе с данными за тот же период солнечной активности [4], с интенсивностью космических лучей, регистрируемых двумя станциями в г. Алматы (КазНУ им. аль-Фараби, Институт ионосферы), данные которых входят в мировую сеть данных по космическим лучам [5]. Были выявлены суточные вариации электро-фотонной компоненты космического излучения, а также 11-летняя вариация солнечной активности. При этом амплитуда в 11-летней вариации интенсивности потока регистрируемых бета-частиц составляет 12-15 %, а разброс суточных колебаний не превышает 5% при статистической погрешности 0,6%. Полученные результаты позволят дополнить модель формирования и концентрации ДПР изотопов радона в приземном атмосферном слое Земли.

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP23486701 финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

1. Lecomte J.F., Solomon S., Takala J., et al. Radiological protection against radon exposure. ICRP Publication 126 // Ann. ICRP. –2014. –Vol. 43, № 3. –P. 5-73.
2. Laakso L., Petaja T., Lehtinen K. E. J., Kulmala M., Paatero J., Horrak U., Tammet H., Joutsensaari J. Ion production rate in a boreal forest based on ion, particle and radiation measurements // Atmos. Chem. Phys. Discuss. 2004. V. 4. P. 3947–3973.

3. В.С. Яковлева, П.М. Нагорский, М.С. Черепнев. Формирование α -, β - и γ -полей приземной атмосферы природными атмосферными радионуклидами // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2014. № 1 (8). С. 86-96.
4. Мировой Центр Данных по Солнечно-Земной Физике // <http://www.wdcb.ru/stp/solar/sunspots.ru.html>
5. Neutron Monitor data base (NMDB) // <https://www01.nmdb.eu/>

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

89

НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ЯЧМЕНЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Authors: Вячеслав Анисимов¹; Дмитрий Крыленкин¹; Лидия Анисимова¹; Мария Мезина¹; Наталья Новикова¹; Сергей Корвин¹; Юрий Корнеев¹

¹ *Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии НИЦ "Курчатовский институт", Киевское ш., 1, корп. 1, Обнинск, 249035 Россия*

Corresponding Authors: lanisimovan@list.ru, vsanisimov@list.ru

Исследование вклада в корневое поглощение радионуклидов и тяжелых металлов такого фактора, как влажность почвы, в данный момент становится одной из актуальных задач радиоэкологии. В вегетационном опыте с выращиванием ячменя на дерново-подзолистой почве (содержащей ^{137}Cs), с разной влажностью в контролируемых условиях было рассмотрено накопление радионуклида надземными частями тест-растений. ^{137}Cs вносили в почву в количестве 19.5 кБк/кг и инкубировали в течение 1 месяца до начала вегетационного опыта. Исследованная дерново-подзолистая почва характеризуется как среднегумусная, слабокислая, с повышенным содержанием подвижного фосфора и низким содержанием обменного калия. Средняя влажность почвы для 5-ти вариантов опыта в течение периода вегетации растений (26 сут.) составляла, соответственно, 6.7; 8.3; 9.6; 11.3 и 13.3 мас.%, или 25; 30; 35; 42 и 49 % ПВ. При увеличении среднесуточной влажности почвы в вегетационных сосудах с 25 до 49 % ПВ (полной влагоемкости) наблюдалась следующая закономерность: растения, лучше обеспеченные влагой, по морфометрическим показателям (средняя высота, биомасса в пересчете на одно растение) превосходили растения, выращенные в более засушливых условиях. Различия по массе достигали полутора раз. Также отмечалась тенденция к снижению содержания цезия в обменной форме (43% до 35%), при этом концентрация радионуклида в почвенном растворе снижалась достоверно.

При отжимании при помощи центрифугирования из почвы различных вариантов вегетационного опыта почвенных растворов спустя 1 сутки после окончания эксперимента оказалось, что объемная активность (A_v) ^{137}Cs в них снижалась с 25 до 8 Бк/дм³ с увеличением влажности почвы. Соответственно, значения коэффициентов распределения радиоцезия между твердой и жидкой (почвенным раствором) фазами почвы: $K_d = A_m^{137}\text{Cs}(\text{почва})/A_v^{137}\text{Cs}(\text{почв. раствор})$, наоборот, увеличивались с 800 до 2400 дм³/кг. В результате снижения объемной активности ^{137}Cs в почвенном растворе, корневое поглощение его растениями уменьшалось, результатом чего явилось снижение удельной активности ^{137}Cs в надземных частях тест-растений ячменя, выращиваемых в условиях лучшей влагообеспеченности. Соответственно уменьшались и величины коэффициентов накопления цезия надземными частями ячменя ($K_H = A_m^{137}\text{Cs}(\text{растение})/A_m^{137}\text{Cs}(\text{почва})$) с 0.78 до 0.12 и с 0.47 до 0.01.

В проведенном в контролируемых условиях вегетационном эксперименте показан эффект биологического разбавления радионуклида, связанный с изменением биомассы ячменя в различных вариантах опыта, – когда из одинакового объема субстрата (почвы) с одинаковым количеством внесенного радионуклида вынос его с единицей сухой массы растений, выращенных на сухой и влажной почвах, различается почти в 2 раза. Такой же эффект можно наблюдать, например, при использовании в вариантах опыта различных доз азотных удобрений (при одинаковой влажности). Связано это с тем, что разность между скоростью десорбции радионуклида из почвенного поглощающего комплекса в почвенный раствор и скоростью поглощения его

корнями растений значительно выше для растений выращиваемых в более благоприятных (в нашем случае по влажности) условиях.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

145

НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПО КОРОТКОЖИВУЩИМ РАДИОНУКЛИДАМ НА КИР ВВР-К

Author: Svetlana Lennik¹

Co-authors: Eugeny Sokolenko²; Kamshat Bedelbekova²

¹ *The Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan*

² *Institute of Nuclear Physics ME RK*

Corresponding Authors: kamshat1980@mail.ru, e.sokolenko@inp.kz

В институте ядерной физики развит комплекс ядерно-физических методов анализа, среди которых значительное место занимает инструментальный нейтроноактивационный анализ (ИНАА). Исторически, развитие ИНАА началось в ИЯФ в 60-е годы с момента ввода в эксплуатацию основной облучательной установки - атомного реактора ВВР-К. На выделенном канале с плотностью потока нейтронов 1013 частиц/см²с была смонтирована для проведения исследований по короткоживущим радионуклидам (КЖР) – двухканальная пневмопочта, один из каналов которой был покрыт кадмием. Применение метода ИНАА (включая КЖР) позволило решить ряд практических задач для промышленных и производственных предприятий, а также научных организаций Казахстана и бывшего СССР. После аварии на Чернобыле в ИЯФ реактор ВВР-К был заглушен, а двухканальная пневмопочта демонтирована.

В настоящее время в ИЯФ РК выполнен значительный объем работ по реконструкции и переводу реактора ВВР-К на низкообогащенное топливо (без существенного изменения потока и спектра нейтронов). Для проведения ИНАА по КЖР в сухом горизонтальном канале с плотностью потока нейтронов 1012 частиц/см²с установлена новая автоматизированная пневмотранспортная система (ПТС). Процесс управления ПТС осуществляется с помощью специального программного обеспечения, позволяющего выбрать режимы облучения, время выдержки в канале реакторной зоны КИР ВВР-К, возможного времени «остывания» перед началом регистрации и непосредственно самой регистрации спектров гамма-излучения. Есть возможность записи гамма-спектров наведенной активности серийно через определенные промежутки времени. Метод ИНАА по КЖР позволяет проводить определение целого ряда элементов: Na, K, Al, Cl, Ca, V, Mn, Mg, Cu, Co, Ba, Eu, Dy, In, Sr и других, среди которых большая часть не имеет долгоживущих изотопов и определяется методом ИНАА исключительно по КЖР. Этот перечень существенно расширяет список определяемых элементов и улучшает чувствительность определения отдельных из них.

Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к квалификации испытательных и калибровочных лабораторий» аккредитованные лаборатории должны использовать МВИ аттестованные и внесенные в реестр государственных средств измерения (ГСИ) Республики Казахстан. В настоящее время как в ГСИ РК, так и на постсоветском пространстве нет подобной МВИ для ИНАА по КЖР. Необходимо было такую методику разработать и аттестовать. На основании этого проводятся экспериментальные работы по облучению параллельных навесок для определения диапазонов и оценки метрологических характеристик (внутрилабораторной прецизионности, показателей правильности и точности). Ориентировочный срок внесения в ГСИ РК – 2027 г. Данная методика позволит расширить перечень определяемых элементов для решения различных прикладных и исследовательских задач в области геологии, экологии, других отраслях.

Данная работа выполнена в рамках бюджетного финансирования Министерства Энергетики Республики Казахстан «Развитие ядерно-физических методов и технологий для инновационной модернизации экономики Казахстана» ИРН: BR23891691

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

75

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ КАРБИДАХ ТИТАНА TiCx**Author:** Adxamjon Parpiyev¹**Co-author:** Irsali Khidirov¹¹ Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan**Corresponding Authors:** parpiyev@inp.uz, khidirov@inp.uz

В работе проведено нейтронографическое исследование фазовых превращений на нижней границе области гомогенности кубического карбида титана TiCx. Показано, что путем закалки от температуры 1475 К можно получить метастабильную неупорядоченную гцк δ-фазу карбида титана в интервале составов TiC0.33 - TiC0.47. Установлено, что кристаллическая структура высокотемпературной метастабильной δ-фазы в интервале составов TiC0.33 - TiC0.47 стабильна при температурах T ≤ 800 К, что позволяет использовать их на практике при температурах. Нижняя граница области гомогенности стабильной однофазной упорядоченной кубической δ'-фазы лежит при составе TiC0.49 ± 0.02 (структурная формула δ'-Ti2C0.98). Ниже этого состава стабильная упорядоченная δ'- фаза составов Ti2C0.88, Ti2C0.76, и Ti2C0.66 наблюдается в равновесии с чистым α-Ti. Следовательно, нижняя граница области гомогенности упорядоченной стабильной δ'- фазы лежит при составе Ti2C0.66. Обнаружено, что ступенчатый равновесный отжиг на нижней границе области гомогенности гцк неупорядоченной δ-фазы карбида титана TiCx интервале составов x=0.28 - 0.47 при температурах 1270 К + 1170 К + 1070 К + 970 К + 870 К + 770 К по 24 ч приводит к распаду с образованием упорядоченной гцк δ'-фазы со структурной формулой δ'-Ti2C2x', где x' > x и чистого α-Ti. При этом на боковой поверхности образцов цилиндрической формы образуется чистая пленка α-Ti, то есть распад сопровождается расслоением α-Ti на поверхности упорядоченной δ'- фазы цилиндрической формы. Наблюдаемое явление объясняется накоплением избыточных атомов Ti, выделившихся при распаде, на осях краевых дислокаций и их движением по оси краевых дислокаций на поверхность образца цилиндрической формы. Впервые наблюдали и изучали структурные характеристики упорядоченной δ'-фазы при составах δ'-Ti2C0.98, δ'-Ti2C0.98, δ'-Ti2C0.76, δ'-Ti2C0.66. Параметр решетки, степень дальнего порядка и размер АФД в данной фазе в равновесном состоянии увеличиваются с отклонением состава от стехиометрии Ti2C.

Далее изучали кинетику образования дальнего порядка при фазовом переходе беспорядок - порядок в ГЦК карбиде титана TiC0.60 при 900 К. На рис. 1 представлен график зависимости степени дальнего порядка от времени выдержки при температуре 900 К до 240 ч. Зависимость полуширины сверхструктуры (111) и размера антифазных доменов от времени выдержки при температуре 900 К представлена на рис. 2.

Рис. 1. Зависимость степени дальнего порядка от времени выдержки при температуре 900 К
Рис. 2. Временная зависимость полуширины сверхструктурного отражения (111) на нейтронограмме карбида титана и размеров антифазных доменов D при температуре 900 К.

Показано, что степень дальнего порядка η при 900 К в течение 38 ч. быстрыми темпами приближается практически к насыщению (η = 0.62), а при дальнейшем увеличении времени отжига до 240 ч. с очень медленным темпом достигает значение насыщения (η = 0.65), которое значительно меньше, чем теоретически возможное максимальное значение (η_{макс.} = 0.80). Установлено, что в ходе упорядочения ГЦК карбида титана TiC0.60 при температуре 900 К размеры антифазных доменов увеличиваясь нелинейно в зависимости от времени и в течение 240 ч. становятся равными ~ 29 нм.

Таким образом установлено, что в ходе упорядочения TiC0.60 значительно изменяется как

степень дальнего порядка, так и размеры антифазных доменов, которые могут существенно повлиять на некоторые свойства материала, что следует учитывать эти эффекты при использовании материала в науке и технологии.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

142

НИОКР ПО СОЗДАНИЮ СТЕНДА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ВОДОРОДА МЕТОДОМ БЕТА-И ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ (БИПК), А ТАКЖЕ МЕТАНОЛА, КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОВАРНОГО ПРОДУКТА

Author: Леонид Цой¹

¹ ООО "Бета-технологии"

Corresponding Author: bmed000@gmail.com

Бета-конверсия, как эффективный метод радиационной технологии обработки углеводородов. Предлагается провести НИОКР для создания стенда-демонстратора нового процесса получения водорода и спиртов путем обработки природного газа ускоренными электронами. Энергосберегающие эффекты, высокие экономические эффекты показывают на прорывное значение технологии во все мире.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

310

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ ИЗ ПРИРОДНОГО ИРИДИЯ НЕЙТРОННЫМ ПОТОКОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ВВР-К

Authors: Asset Shaimerdenov¹; Oxana Tivanova²; Yevgeniy Yermakov^{None}

¹ The Institute of Nuclear Physics

² Institute of Nuclear Physics, Almaty

Corresponding Authors: aashaimerdenov@gmail.com, oksana.tivanova@gmail.com

В настоящее время радиографический метод является одним из ключевых методов контроля сварных соединений и основного металла монтируемых трубопроводов и оборудования, что обеспечивает безопасную их эксплуатацию на опасных производственных объектах. В основе метода лежит применение рентгеновского или гамма-излучения для выявления внутренних дефектов. Для инспекции тонкостенных стальных конструкций предпочтительно использовать рентгеновское излучение, которое обеспечивает лучшее разрешение и радиографический контраст изображений дефектов. В полевых условиях применение рентгеновских аппаратов, в отличие от гамма-дефектоскопов, ограничивается зависимостью от электроснабжения и сложностью позиционирования вследствие больших размеров аппарата и позиционирующих устройств. В связи с этим рассматриваются варианты по модификации активной части стандартизированных типов радиоизотопных гамма-источников на основе изотопа иридий-192 с целью получения

радиографического изображения стандартного качества тонкостенных металлических конструкций. Как правило, активная часть такого источника состоит из набора тонких металлических дисков диаметром 2-3 мм. Иридий-192 активируется в активной зоне ядерного реактора ВВР-К иридии посредством следующих ядерных реакций $^{191}\text{Ir}(n,\gamma)^{192}\text{Ir}$ (и $^{192}\text{Ir}(n,\gamma)^{193}\text{Ir}$ с сечением активации 954 барн и 111 барн соответственно. В настоящей работе приведены результаты расчетного моделирования с применением компьютерного кода MCNP6 с библиотекой ядерных данных ENDF-VIII и измерения флюенс-мониторами нейтронно-физических характеристик в двух облучательных каналах, расположенных в центре активной и периферийной частях активной зоны реактора ВВР-К. Наибольшее расхождение расчетных и экспериментальных данных получены в области спектра быстрых нейтронов составило 36% в отличии от тепловых -12 %. Для оценки активности, наработанного радиоизотопа иридия-192 в мишенях разной конфигурации и позиций размещения в облучательных каналах реактора ВВР-К, проведено расчетное моделирование. Показано, что в наборной мишени активность нарабатывается быстрее чем в монолитной и удельная активность увеличивается с уменьшением объема исходной мишени. На основе полученных данных, можно предположить, что оптимизация облучения достигается путем уменьшения размера мишеней и вертикально-горизонтального перемещения сборки с мишенями в канале ВВР-К.

Section:

157

О ТЕКУЩЕМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПОЛИГОНА «АЗГИР» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА В 2023 Г.

Author: М.А. Севериненко¹

Co-authors: Diana Akhmetzhanova²; А.Т. Хамидоллаева¹; В.Н. Сляднева¹; М.А. Левашов¹; М.В. Краснопёрова¹; П.А. Аристов¹; П.В. Харкин³

¹ РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК, г.Алматы, Республика Казахстан

² Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan

³ РГП на ПХВ Институт Ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

Corresponding Author: akhmetzhanooova@mail.ru

Бывший испытательный полигон «Азгир», также известный как объект «Галит», расположен на солянокульном поднятии Большой Азгир, неподалеку от поселка Азгир в Курмангазинском районе Атырауской области и является объектом исторического и научного интереса. Существует непрерывный мониторинг его территории для изучения последствий ядерных испытаний, проводившихся в прошлом, и направлен на наблюдение за радиационным состоянием окружающей среды, включая почвенные, водные и растительные параметры, донные отложения, а также химический состав воды и почвы.

На современном этапе система мониторинга полигона «Азгир» включает в себя 45 постов, участков и пунктов мониторинга почв и растительности на технологических площадках и в населенных пунктах Азгир и Балкудук; поверхностных вод и донных отложений «Озера А-9»; подземных вод из наблюдательных скважин (до 20 м) и колодцев. Ежегодно, весной и осенью, проводится отбор проб объектов окружающей среды и их лабораторные исследования. Лабораторный анализ состава отобранных проб проведен в базовых лабораториях Центра комплексных экологических исследований РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК. Результаты мониторинга показали следующее:

1) Подземные и поверхностные воды: присутствие техногенных радионуклидов во всех пробах вод значительно ниже уровней вмешательства и ниже предела обнаружения использованных методик. Удельная активность трития, обладающего высокой миграционной способностью, так же значительно ниже уровня вмешательства, что говорит об отсутствии миграционных процессов техногенных радионуклидов с подземными водами. В отдельных пробах воды обнаружена повышенная суммарная альфа-активность, что может быть связано с присутствием в воде естественных радионуклидов, в особенности Ra-226.

По общехимическим показателям обнаружено наличие тяжелых металлов и токсичных элементов как в подземных, так и в поверхностных водах (озеро А-9), что вместе с оценкой санитарно-гигиенических параметров и присутствием химических элементов, относящихся к 1 и 2

классам опасности и нормируемых по одному и тому же критерию, подтвердило непригодность подземных вод для питья.

2) Почва: присутствие техногенных радионуклидов во всех пробах почвы намного ниже допустимых нормативов ГН ОРБ. В частности, средние значения удельных активностей искусственных радионуклидов в почвах населенных пунктов Азгир и Балкудук соответствуют уровню глобального фона для данного региона. В почве на территориях технологических площадок А-2, А-3, А-5, А-10 фиксируются отдельные точки с повышенной по сравнению с региональным фоном, но не превышающей нормативного значения, удельной активностью Cs-137.

Результаты анализа элементного состава почв в поселках и на технологических площадках, а также расчет коэффициента концентрации (Кс) и суммарного коэффициента загрязнения (Zс) показали, что почвы технологических площадок А-3, А-4, А-9 и А-10 имеют средний уровень загрязнения тяжелыми металлами, на остальной территории концентрации тяжелых металлов и токсичных элементов соответствуют глобальному геохимическому фону.

3) Донные отложения: Удельные активности техногенных радионуклидов в донных отложениях находятся на уровне предела обнаружения применяемых аналитических методов, и не превышают 2,13 Бк/кг для Cs-137, 0,11 Бк/кг для Pu-239+240, 13,3 Бк/кг для Sr-90.

4) Растительность: Удельные активности техногенных радионуклидов в растительности незначительны и находятся на уровне предела обнаружения применяемых аналитических методов, и не превышают 0,30 Бк/кг для Cs-137, 0,03 Бк/кг для Pu-239+240, 3,6 Бк/кг для Sr-90.

Таким образом, по результатам мониторинга в 2023 году следует, что радиоэкологическая обстановка на территории полигона Азгир в настоящее время стабильна. Присутствие ряда тяжелых металлов и токсичных элементов в повышенных концентрациях исключает использование вод для водоснабжения в питьевых целях.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

56

ОБ ОБНАРУЖЕНИИ НОВЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ДАННЫХ НА УСКОРИТЕЛЯХ И КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Author: Alexander D'yachenko^{None}

Corresponding Author: dyachenko_a@mail.ru

А.Т. Дьяченко^{1,2}

¹Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

Поиск новых частиц вне рамок Стандартной модели на ускорителях является несомненно одной из главных задач современной ядерной физики. С другой стороны интерпретация спектров мягких фотонов в столкновениях элементарных частиц высокой энергии является также загадкой для физики элементарных частиц. Здесь нами предложено развитие подхода [1, 2] по интерпретации спектров мягких фотонов по поперечному импульсу в pp столкновениях при импульсе налетающих протонов 450 ГэВ/c 3. Спектр мягких фотонов 3 не удается объяснить традиционным механизмом bremsstrahlung. Его можно объяснить с учетом бозона X17 с массой 17 МэВ - новой частицы, возможного кандидата на роль частиц темной материи, обнаруженного в эксперименте [4]. Бозон X17 был обнаружен в эксперименте АТОМКИ [4] в атомных переходах с Ве, что нуждается в независимом подтверждении. Здесь нами предлагается улучшить согласие с экспериментальными данными 3 для более убедительного выделения сигнала об обнаружении бозона X17. Наша интерпретация импульсных спектров фотонов заключается в использовании формулы для температуры 2. Соответствующая температура МэВ. Соответствующее превышение всплеска над невозмущенной кривой составляет 4 стандартных отклонения. В этом можно убедиться после вычитания из значений экспериментальных данных 3 соответствующих значений невозмущенной кривой. В спектрах фотонов, испускаемых в реакциях протонов с ядрами углерода при импульсе налетающих протонов 5.5 ГэВ/c [5]

проявляется бозон с массой 38 МэВ. На основе объединения двумерных квантовой хромодинамики и квантовой электродинамики в модели трубки нами были найдены массы этих частиц 2 То есть такая интерпретация спектра мягких фотонов может служить еще одним свидетельством в пользу существования новой частицы бозона X17. Вклад бозона X38, предсказанного в проведенных в Дубне экспериментах [5], также совместим с нашим подходом. И на основе температурного анализа для столкновений частиц высокой энергии вклад распада бозонов X17 и X38 в два фотона по релятивистской кинематике можно видеть оказывающие их влияние на спектр испускаемых фотонов. Дело за последующими экспериментами. Эти новые частицы возможно проявляются в космических лучах сверхвысоких энергий порядка 10¹¹ GeV, недостижимых на современных ускорителях. Нам удалось воспроизвести всплеск, обнаруженный в экспериментах [6,7], за счет бозонов X17 и X38. В соответствующих формулах использовалась аппроксимация экспериментального спектра космических лучей, пропорциональная $\frac{1}{E^2}$, и вклад распада X-бозонов в фотоны по формулам излучения черного тела.

1. A.T. D'yachenko // Phys. Atom. Nucl. 2020. V. 83. P. 1597.
2. A.T. D'yachenko // Phys. Atom. Nucl. 2022. V. 85. P. 1028.
3. A. Belogianni, W. Beusch, T.J. Brodbeck, et al. // Phys. Lett. 2002. V. B548. P. 129.
4. A.J. Krasznahorkay, et al. // Phys. Rev. Lett. 2016. V. 116. P. 042501.
5. K. Abraamyan, C. Austin, M. Baznat, et al., // EPJ Web of Conf. 2019. V. 204. P. 08004.
6. M. Takeda, N. Hayashida, K. Honda et al // Phys.Rev. Lett. 1998. V.81. P. 1163.
7. D.J. Bird, S.G. Corbató, H.J.Dai. et al.// Phys.Rev. Lett. '1

Section:

Nuclear physics (Section 1)

45

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ 1949-1989 гг.

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management "Institute of Botany and Phytointroduction" of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

Основной вклад в радиоактивное загрязнение территории полигона внесли наземные и экскавационные (подземные с выбросом грунта) ядерные взрывы. Было проведено 30 наземных ядерных взрывов на испытательной площадке «Опытное поле» и 4 экскавационных ядерных взрыва на площадке «Балапан» и в районе «Дегелена» 1.

1. Объектами исследований являются 3 основных типа экосистем (степные, луговые, галофитные) территории Семипалатинского полигона, формирующиеся при фоновом уровне радиации (10-20 мР/ч) и 30-170 (200) мР/ч.

2. Светлокаштановые и луговые почвы, солонцы и солончаки загрязнены техногенными радионуклидами в поверхностном слое (максимум 0-5, 0-10 см). Интенсивность миграции радионуклидов определяется степенью увлажнения. В светлокаштановых почвах интенсивность миграции радионуклидов (^{Am}241, ^{Cs}137, ^{Eu} 152,154) системе «почва-почвенный раствор» ограничена следующими факторами: высоким дефицитом влаги, непромываемым типом водного режима почв, невысоким (до 3%) содержанием гумуса. Солонцы и солончаки загрязнены в основном ^{Cs}137 и ^{Sr}90. Засоление и солонцеватость почвенного профиля не вызывают

заметного перераспределения радионуклидов. Луговые почвы загрязнены в основном Cs137, Sr90. Преобладание почв с суглинистым и тяжелосуглинистым механическим составом, сдвиг РН в сторону нейтральной или слабокислой среды, высокое (до 19 %) содержание гумуса способствуют растворению техногенных радионуклидов. Происходит поглощение их почвой, интенсивная миграция в системе «почва-почвенный раствор», переход в грунтовые воды и поглощение корневой системой растений. Радиационное загрязнение не вызывает изменения физико-химических свойств почв.

3. Одним из основных типов экосистем территории Семипалатинского полигона являются зональные полынно-дерновиннозлаковые сообщества на светлокаштановых почвах. Техногенные загрязнители этих почв (Am241, Cs137, Eu 152,154) накапливаются в поверхностном (0-2 или 0-3см) слое почв. Радиационное загрязнение степных экосистем вызывает фенологический сдвиг, изменение морфологической и анатомической структуры растений, стимуляцию роста у некоторых растений, увеличение веса однодольных растений и уменьшение скорости разложения органического вещества. Изменения в видовом и экобиоморфологическом составе и структуре зональных (степных) сообществ не происходит.

4. В луговых экосистемах, имеющих важное значение для лугопастбищного хозяйства, аккумулируются Cs137, Sr90, в меньшей степени Am241, Co60, Eu 152,154. Значительное содержание альфа-излучателей свидетельствуют о загрязнении луговых почв плутонием. Загрязнены радионуклидами поверхностные слои (0-10 см) почв. Избыточное увлажнение почв, преобладание суглинистого и тяжелосуглинистого механического состава способствует растворению техногенных радионуклидов, поглощению их почвой, интенсивной миграции в почвенный раствор и корневые системы растений. Радиационное загрязнение луговых экосистем, наряду с другими антропогенными факторами (избыточное увлажнение почв, влияние ежегодного выжигания, демилитаризация штолен), вызывает увеличение видового разнообразия, фенологический сдвиг и стимуляцию роста у однодольных и двудольных растений, изменения в анатомической и морфологической структуре отдельных видов и неоднородность горизонтальной структуры сообществ.

5. В луговых обсыхающих почвах основными загрязнителями являются Cs137 и Sr90 (судя по высокой бета-активности) и плутоний (судя по значительной величине альфа-активности). Загрязнен поверхностный (0-10 см.) слой почв. Наряду с другими антропогенными факторами (прекращение водопоявления из штолен, выжигание растительности, нарушение поверхностного слоя почв и др.), радиационное загрязнение луговых обсыхающих почв вызвало в мезофитном сообществе с доминированием *Elytrigia repens* и *Inula britannica* увеличение видового разнообразия, гетерогенность горизонтальной структуры, фенологический сдвиг, изменения анатомической и морфологической структуры у некоторых растений. Изменений в экобиоморфологическом составе сообществ не происходит.

6. В луговых остепняющихся почвах основными загрязнителями почв являются Cs137 и Sr90 (судя по высокому содержанию бета-активности). Почвы загрязнены в поверхностном слое (0-10 см.). В галоскорофитных сообществах с доминированием *Achnatherum splendens*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Leymus angustus* радиационное загрязнение, наряду с другими факторами (выжигание травостоя, нарушение поверхности почв и др.), вызвало увеличение видового разнообразия и усиление гетерогенности горизонтальной структуры почв; фенологический сдвиг, увеличения веса и обилия у некоторых растений; увеличение веса у двудольных растений и уменьшение веса корня у отдельных растений.

7. В луговых остепненных почвах основными загрязнителями являются Cs137 и Sr90 (исходя из высокого содержания бета-активности). Радионуклидами загрязнен поверхностный (0-10 см) слой почв. В галоксеромезофитном волоснецовом сообществе *Leymus angustus* радиационное загрязнение, наряду с другими антропогенными факторами (дополнительное увлажнение, выжигание травостоя и т. д.) вызвало увеличение видового разнообразия и усиление гетерогенности горизонтальной структуры сообщества, стимуляцию роста, изменение морфологической структуры и увеличение веса у некоторых растений, увеличение веса у однодольных и двудольных растений.

8. В галофитных экосистемах основным загрязнителем является Cs137. В галомезоксерофитном (*Halimione verrucifera* + *Halocnemum strobilaceum*) сообществе радиационное загрязнение и неблагоприятные условия увлажнения вызвали увеличение видового разнообразия; уменьшение высоты и веса некоторых растений; уменьшение веса двудольных растений и веса корня некоторых растений; фенологический сдвиг у отдельных видов.

9. Наибольшая концентрация долгоживущих техногенных радионуклидов на территории Семипалатинского полигона сохранилась в поверхностном слое почв. Их миграция в растение затруднена из-за недостаточности увлажнения в условиях аридного климата процесс распространения радионуклидов на прилегающие территории крайне замедленный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смагулов С.Г., Тухватуллин Ш.Т., Черепнин Ю.С. Семипалатинский полигон // Доклад НЯЦ РК Комиссии ООН. Курчатов, 1998, 7с.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

226

ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕРИЛЛИДА ТИТАНА (TiBe12) В РЕАКТОРЕ ВВР-К

Author: Zhanar Bugybay¹

Co-authors: Asset Shaimerdenov¹; Assyl Akhanov¹; Darkhan Sairanbayev¹; M. Kylyshkanov²; S. Udartsev²; Saulet Askerbekov¹; Shamil Gizatulin¹; Timur Kulsartov³

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

² *Ulba Metallurgical Plant, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

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

Corresponding Author: bugybay.zh@gmail.com

Металлический бериллий долгое время рассматривался как кандидатный материал размножителя нейтронов в твердотельном бриддерном бланкете термоядерного реактора. Однако, в настоящее время интерметаллические соединения бериллия (бериллиды) являются более предпочтительными из-за меньшего распухания и более высокой стабильности при высоких температурах. Одним из таких соединений является бериллид титана (TiBe12) и он рассматривается в качестве материала нейтронного размножителя, структурной части слоя из пэбблов с гелиевым охлаждением реактора ДЕМО. При этом экспериментальных данных о поведении, TiBe12 в нейтронном поле недостаточно, особенно для серийно изготовленного материала, и поэтому с целью изучения его радиационной стойкости на реакторе ВВР-К были начаты работы по их облучению до разных повреждающих доз и дальнейшему после реакторному исследованию. Для этого была разработана оптимальная конструкция облучательной капсулы и проведены комплексные расчеты по обоснованию условий и пределов реакторного облучения. В настоящей работе приводятся результаты облучательного эксперимента на реакторе ВВР-К по исследованию радиационной стойкости образцов бериллида титана, изготовленного на Ульбинском металлургическом заводе. В частности, приведено описание и свойства исследуемых образцов, описание реакторного эксперимента, методология и условия облучения образцов, и результаты их первичной характеристики после облучения.

Настоящая работа была выполнена при финансовой поддержке МНВО РК в рамках гранта «Влияние реакторного облучения на физико-механические свойства и генерацию газов в бериллиде титана» (ИРН № AP14871445).

Section:

Energy and materials science (Section 2)

224

ОБРАЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ В pTa- И STa-СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 4.2 А ГЭВ/с

Author: Azizjon Jonzakov¹

Co-author: Kosim Olimov

¹ Автор

Corresponding Authors: olimov@uzci.net, a.jonzakov2203@mail.ru

1Физико-технический институт Академии наук Узбекистана, ул. Чингиза Айтматова, 2б, 100084 Ташкент, Узбекистан, E-mail: Olimov@uzci.net
2Джизакский государственный педагогический университет, 130100. Джизакская область. Город Джизак, ул. Шарафа Рашидова, 4. E-mail: a.jonzakov2203@mail.ru

Рассматривается образование кумулятивных протонов в адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях при промежуточных и высоких энергиях. Подчеркивается важность изучения этих процессов из-за их прямой связи с образованием многокварковых конфигураций, известных как «флуктоны», внутри ядра, возникающих из-за флуктуаций плотности нуклонов. Эти конфигурации могут возникать как в «холодной» модели, из-за флуктуаций плотности в основном состоянии нуклона, так и в «горячей» модели, связанной со сжатием ядерной материи под воздействием налетающего адрона.

Экспериментальные материалы получены с двухметровой пропановой пузырьковой камеры (ДТПК-500) Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), облученной на Дубненском Синхрофазотроне. Танталовые пластинки, установленные внутри ДТПК-500 облучались пучками протонов и ядер углерода-12 с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон. Проанализировано 2440 событий для СТа-столкновений и 1517 событий для рТа-взаимодействий. Кумулятивные спектры протонов были исследованы как функция кумулятивного числа β , которое определяется как $\beta = (E - PL) / m_p$, где E – энергия, PL – продольный импульс, а m_p – масса протона.

Основные результаты совместного анализа с данными по π -С-столкновениям при 40 ГэВ/с, рNe-взаимодействиям при 300 ГэВ/с, рС-соударениям при 4.2 ГэВ/с приводят к следующим:

- Форма распределения кумулятивных протонов по инвариантной структурной функции, универсальна и не зависит от типа мишени и начальной энергии.
- Образование кумулятивных протонов соответствует сценарию «холодной» модели, включающей флуктуации плотности нуклонов и взаимодействия налетающей частицы с плотным кластером («флуктоном»).
- Показано, что параметр наклона b спектра инвариантной структурной функции кумулятивных протонов не зависит от начальной энергии, типа снаряда или мишени, составляя в среднем $8,1 \pm 0,1$.
- Инклюзивное сечение образования кумулятивных протонов в рС-столкновениях практически не зависит от начальной энергии, что указывает на раннее масштабное поведение.
- Соотношение кумулятивных событий в π -12С- и рС-столкновениях согласуется с соотношением составляющих кварков в падающем пионе и протоне.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

178

ОБЪЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ СПЛАВАХ FE-GA И FE-GE

Author: Sergey Sumnikov¹

Co-authors: Anatoly Balagurov²; Igor Golovin³; Ivan Bobrikov⁴; Nataliya Samoylova¹; Tatiana Vershinina¹

¹ The Joint Institute for Nuclear Research

² JINR

³ MISiS

⁴ CIC Energigune - Centre for Cooperative Research on Alternative Energies

Corresponding Authors: i.golovin@misis.ru, bala@nf.jinr.ru, sumnikovsv@gmail.com

Сплавы Fe-Ga и Fe-Ge проявляют впечатляющие магнитоотрицательные свойства и все более активно применяются в разных отраслях промышленности. Однако, несмотря на возрастающее их практическое применение, до сих пор остается не ясным механизм возникновения наблюдаемых в них магнитных свойств. Решение этой задачи позволит получать образцы с заданными параметрами (с определенными магнитными и механическими свойствами) и увеличить максимальную величину магнитоотрицательности. Основными методами исследования структуры подобных сплавов являются рентгеновская и электронная дифракция, которые обладают малой глубиной проникновения и чувствительны к поверхностным эффектам. В последнее время все более активно используются синхротронное излучение и нейтроны. Тепловые нейтроны обладают гораздо большей глубиной проникновения и позволяют получить более достоверную информацию, усредненную по всему объёму образца. На рис.1 схематически показана исследуемая область материала при использовании различных типов излучения. В представленном исследовании было выполнено сравнение результатов, полученных с использованием нейтронной и рентгеновской дифракции, а также сопоставление полученной информации с имеющимися литературными данными. Проведенный анализ объяснил ряд противоречий в фазовом составе для одинаковых образцов в разных литературных источниках влиянием поверхностных эффектов и ошибочной интерпретацией результатов. Выполненные работы [1,2,3,4] на конкретном практическом примере показали, в каких случаях наиболее целесообразно использовать рентгеновскую дифракцию, а в каких случаях нейтронная дифракция является незаменимым методом.

Рис. 1. Иллюстрация результатов рентгеновских и нейтронных дифракционных экспериментов для установления фазового состояния сплава Fe-27Ga в объеме и на поверхности.

Список литературы:

- 1 I.A. Bobrikov, N.Y. Samoylova, S.V. Sumnikov, O.Y. Ivanshina, K.A. Korneeva, A.M. Balagurov and I.S. Golovin, “Temperature evolution of Fe-27Ga structure: comparison of in situ X-ray and neutron diffraction studies” *Journal of Applied Crystallography* 53 (2020) 1343-1352
- 2 S.V. Sumnikov, I.A. Bobrikov, I.S. Golovin, A.M. Balagurov, “Bulk vs. surface structural phases in Fe-27Ga alloy” *Journal of Alloys and Compounds* 928 (2022) 167116
- 3 T.N. Vershinina, I.A. Bobrikov, S.V. Sumnikov, A.O. Boev, A.M. Balagurov, A.K. Mohamed, I.S. Golovin, “Crystal structure and phase composition evolution during heat treatment of Fe-45Ga alloy” *Intermetallics* 131 (2021) 107110
- [4] A.M. Balagurov N.Yu. Samoylova S.V. Sumnikov, V.V. Palacheva and I.S. Golovin, “Structural and magnetic phase transitions in Fe₃Ge: A neutron diffraction study”, *Physical Review Materials* 7 (2023) 063603

Section:

Energy and materials science (Section 2)

78

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ВОД ШТОЛЬНЕВЫХ ВОДОТОКОВ

Author: Ainur Mamyrbayeva¹

Co-authors: Almira Aidarkhanova¹; Anastasia Nadeeva¹; Tatiyana Bogatyreva¹

¹ Филиал “Институт радиационной безопасности и экологии” РГП “Национальный ядерный центр Республики Казахстан”

Corresponding Author: mamyrbaeva@nnc.kz

В настоящее время радиоэкологическое состояние площадки «Дегелен» обусловлено вторичным загрязнением путем выноса техногенных радионуклидов с поверхностными водами из полостей «боевых» штолен. На данной площадке проводились различные многолетние исследования радиоактивного загрязнения вод, выходящих за пределы испытательной площадки. По результатам работ было установлено, что максимальный объем поверхностных вод поступает за пределы площадки весной в период снеготаяния, минимальный - в конце лета. При этом, наблюдаются повышенные значения концентрации техногенного радионуклида ^{238}Pu в ручьях: весенний период от 8 000 до 67 000 Бк/кг; в летне-осенний период - от 7 000 до 52 000 Бк/кг.

Исходя из этого целью данной работы являлась исследование особенностей образования вод площадки «Дегелен» на основе информации о распределении стабильных изотопов в воде. Для определения отношения стабильных изотопов вод ($^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) штолен отобраны пробы воды с водотоков. Отбор проб проводился в июне, в июле и в сентябре.

По результатам изотопного анализа установлено, что за все время наблюдения показатели ^{18}O изменялись от $-8,7\text{‰}$ до $-13,1\text{‰}$, по ^2H –от $-75,2\text{‰}$ до $-92,4\text{‰}$. Рассчитанные показатели δx_s , изменялись от $-14,3$ до 11 . Для изучения условий формирования вод, все полученные значения стабильных изотопов наложены на ГЛМВ.

Согласно результатам сравнительного анализа изотопный состав вод штолен, отобранных в июле, характеризуются относительно «легкими» значениями изотопов по сравнению с водами, отобранными в июне и сентябре. Воды, отобранные в июне и в сентябре, находятся в пределах значений от $-12,1\text{‰}$ до $-12,7\text{‰}$ по ^{18}O , по ^2H –от $-86,2\text{‰}$ до $-89,3\text{‰}$. Полученные значения, находятся в пределах одной области формирования, за исключением вод штольни 504. Следует отметить, что в летнее время воды подвергаются процессу испарения и значения стабильных изотопов должны находиться в области «утяжеленных» вод. Однако, результаты изотопных значений, наложенные на ГЛМВ, расположены в области формирования конденсационных вод. Основной причиной того, что штольневые воды не подвергаются процессам испарения, является пополнение штольневых вод конденсационными водами.

Для определения времени питания штольневых вод конденсационными водами, проведен расчет дейтериевого эксцесса. Данное значение позволяет определять условия формирования вод. Воды, подвергаясь процессу испарения, могут быть тяжелыми и легкими. Тяжелый изотопный состав вод формируется в остаточных водах и имеет отрицательные значения дейтериевого эксцесса, а легкий изотопный состав характерен водам, подвергшимся испарению либо конденсационным водам, и имеют положительные значения эксцесса дейтерия.

Значения δx_s в штольнях за июнь, имеют отрицательные значения. Это значит, что воды штолен в июне подвергаются процессу испарения. В июле наблюдается положительные значения δx_s , следовательно, легкие значения изотопов в пробах воды, отобранных в июле, объясняются пополнением штольневых вод конденсационными водами.

Установлено, что основным источником образования и питания, являются атмосферные осадки. Существенная доля питания всех вод атмосферными осадками приходится на весенний период. В летний период, в отсутствие атмосферных осадков, пополнение штольневых вод происходит за счет образования конденсационных вод в полостях штолен при процессе испарения.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

195

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДОНА В ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Author: Куралай Жамалдинова¹

¹ Филиал "Институт радиационной безопасности и экологии" РГП "Национальный ядерный центр Республики Казахстан" Курчатова, Казахстан

Corresponding Author: kuralay@nnc.kz

^{222}Rn является наиболее значимым изотопом радона: он присутствует в воздухе, грунтовых и поверхностных водах. Рассматривая все природные источники радиации, ^{222}Rn составляет

большую часть облучения человека и представляет наибольший риск для здоровья, повышая риск развития онкологических заболеваний.

В настоящее время метод жидкостной сцинтилляционной спектрометрии (ЖСС) считается наиболее предпочтительным для измерения концентрации радона в подземных водах благодаря своим низким пределам обнаружения. Однако в Казахстане этот метод не нашел практического применения из-за ограниченности подобного спектрометрического оборудования.

Основной целью данной работы является настройка жидкостного сцинтилляционного счетчика Quantulus 1220 для измерения радона в воде. В этом исследовании были использованы два различных типа сцинтилляционных коктейлей: смешивающиеся (Ultima Gold AB, Ultima Gold LLT) и несмешивающийся (высокоэффективный сцинтиллятор на минеральном масле) с водной пробой. Определен оптимальный параметр разделения альфа и бета-частиц.

Сравнение эффективности различных сцинтилляционных коктейлей, точности и достоверности метода ЖСС проводилось на основе результатов измерений образцов воды с добавлением ^{226}Ra с известной активностью. Метод был апробирован на грунтовых водах, отобранных на территории СИП.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

25

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦЕ КРЕМНИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ, МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ И НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Author: Bakhrom Yarmatov^{None}

Corresponding Author: yarmatov@inp.uz

Садиков И. И., Ярмагов Б.Х., Усманов Т.М., Салимова Г.К., Ташимова Ф.А.

Лаборатория ядерной аналитики
Институт Ядерной Физики, Академия Наук Республики Узбекистан,
Улугбек, Ташкент, 100214

Использование кремния в производстве интегральных схем, солнечных панелей и других деталей современной техники накладывает жесткие требования к чистоте используемого материала. В настоящее время технология производства высокочистого кремния настолько развита, что концентрация примесей контролируется на уровне 10-8% –10-14% масс. Однако, влияние многих примесных элементов на свойства особо-чистого кремния все еще исследуется. В связи с этим разработка многоэлементных и высокочувствительных методов аналитического контроля чистоты кремния является актуальной задачей.

Нейтронно-активационный анализ (НАА) является одним из таких методов, который позволяет определять более 40 элементов до 10-14% масс. и широко применяется для анализа высокочистых материалов.

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), позволяющий определять более 50 примесных элементов с пределами обнаружения до 10-12% масс. также широко применяется при анализе кремния высокой чистоты.

Если при НАА кремния высокой чистоты можно применять не деструктивный, инструментальный вариант анализа, то в ИСП-МС для достижения высоких пределов обнаружения необходимо проводить концентрирование примесных элементов. Эти методы обладают уникальными свойствами и их можно рассматривать как методы, дополняющие друг-друга.

Для разложения пробы и одновременного концентрирования примесных элементов использовали двухкамерный автоклав. При растворении пробы в смеси 4 мл HF, 0,5 мл HClO₄ и 1,5 мл HNO₃ в температуре 160-180 оС под давлением, кремний в виде SiF₄ переходит в паро-газовую фазу и затем во время охлаждения накапливается во второй камере, а нелетучие примесные элементы остаются в первой камере. Таким образом осуществляется концентрирование примесных элементов. Для изучения поведения примесных элементов, их миграции во время разложения использовали метод радиоактивных индикаторов.

Для проведения ИНАА образец до 5 г облучали в течение 150 ч в вертикальном канале ядерного реактора ВВР-СМ ИЯФ АН РУз с потоком нейтронов $1 \cdot 10^{14}$ н/см² сек. Через 2 сутки после облучения образец и стандартные материалы распаковывали и измеряли на гамма спектрометре. Через 5; 10 и 20 дней после облучения измеряли еще раз в течение 7200 сек. Для измерения радиоактивности использовали HPGe детектор с относительной эффективностью 20 % и энергетическим разрешением 1,8 кэВ по гамма линии ⁶⁰Co энергией 1332,5 кэВ и цифровым многоканальным анализатором импульсов DSA-1000 (Canberra Industries, Inc., США). Анализ методом ИСП-МС проводили на масс-спектрометре Agilent 7700S. Разработаны методики анализа кремния высокой чистоты методами ИНАА и масс-спектрометрии с Индуктивно связанной плазмой, позволяющие определять с ИНАА 43 элемента с ПО 1.10-7 - 3.10-13 % масс. и при ИСП-МС до 50 элементов с ПО от 1.10-8 до 3.10-12 % масс.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

112

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ПРОТОННО СВЯЗАННЫХ СОСТОЯНИЯХ ЯДЕР ¹⁵N, ¹⁶O, ¹⁹F, ³²S ИЗ РЕАКЦИЙ ПЕРЕДАЧИ ПРОТОНА

Author: Э.Т. Рузиев¹

¹ Институт ядерной физики АН РУз, 100214, Ташкент, Узбекистан

Corresponding Author: ruziev@inp.uz

Значения спектроскопических факторов (СФ), извлекаемые из анализа метод искаженных волн (МИВ), сильно зависят от величины одночастичного асимптотического коэффициента b_{lj} при модельной волновой функции связанного состояния передаваемой частицы (в нашем случае – протона). Вместе с тем, СФ является величиной, характеризующей внутреннюю структуру ядра, в отличие от Асимптотические Нормировочные Коэффициенты (АНК), который характеризует его поверхностную область. Также следует отметить, что в идеальном случае чисто периферийной реакции передачи частицы, СФ не может быть извлечен из ее анализа в рамках подхода МИВ.

Однако имеется возможность локализовать неопределенность значений СФ, извлекаемых из МИВ-анализа непериферийной реакции, если известно соответствующее значение АНК. В частности, используя «косвенно определенные» значения АНК, найденные из реакций (³He, d), являющихся периферийными, мы можем уточнить диапазон возможных значений СФ, проводя параллельный анализ периферийных и непериферийных реакций, как это было сделано в работе 1. В данном случае мы используем реакции (n,d) как непериферийные. Степень периферийности процесса передачи протона в этих реакциях при углах вылета дейтронов в области главного максимума демонстрируется диапазонами функций R(b), рассчитанных по коду DWUCK5 2 с ОП в работе 3 при изменении геометрических параметров в диапазоне $1.10 < r_0 < 1.40$ фм и 0.5 2 и экспериментальные угловые распределения для реакций ¹⁵N(n, d)¹⁴C, ¹⁶O(n, d)¹⁵N ¹⁹F(n, d)¹⁸O и ³²S(n, d)³¹P. Экспериментальные данные взяты из работ [4-7]. Используя значения «косвенно определенных» АНК, известные из периферийных реакций (например, из реакций ¹⁵N(n, d)¹⁴C, экспериментальные данные взяты из работ [8-11], можно найти соответствующие «экспериментальные» значения функции ¹⁶O(n, d)¹⁵N, используя соотношение и учитывая, что в наших случаях $\lambda=0$. Тогда можно найти «истинное» значение ¹⁹F(n, d)¹⁸O соответствующего одночастичного АНК (ОНК), подставляя величину ³²S(n, d)³¹P в формулу, что соответствует пересечению прямой ((³He, d)=const) с областью значений функции R(b) для реакции (n,d). Тогда мы можем найти значения Z спектроскопических факторов и неопределенности в их значениях, используя соотношение $R_{exp}(b)$. Отметим, что данная процедура оказалась неприменимой в случае реакции b_0 , т.к. нет пересечения прямой, соответствующей ($R_{exp}(b)=const$) с областью значений функции R(b) для реакции (n,d). Это связано с тем, что

реакция $R_{\text{exp}}(b)$ близка к периферийной. Значения СФ 1.05 ± 0.30 , 2.89 ± 0.50 , 0.31 ± 0.05 , для связи протонов в основных состояниях ядер $C^2 = Z \cdot b^2$, $^{32}\text{S}(n, d)^{31}\text{P}$ и $R_{\text{exp}}(b)$. Заметим, что область значений полученного таким образом СФ определяется полосой значений ОНК $^{32}\text{S}(n, d)^{31}\text{P}$. Хотя они, в свою очередь, зависят от геометрических параметров ^{15}N и ^{16}O WS - потенциала связанного состояния протона, но по отдельности эти параметры остаются незафиксированными.

Литература:

1. O.R. Tojiboev et. al., Act. Phys. Pol. B Proc. Supp., –Presented at III International Scientific Forum Nuclear Science and Technologies, Almaty, Kazakhstan, September 20-24, 14. No. 4. (2021) 665.
2. P.D. Kunz., "Computer code DWUCK5", <http://spot.colorado.edu/kunz/DWBA.html>.
3. E.T. Ruziev et al., Doklady Akademii Nauk Uzbekistan, 4 (2023) 42 (in Russian).
4. J. Bading, D.R. Maxson., Bull. Amer. Phys. Soc. Ser.II. 23. (1978) 525(BI1).
5. G. Paic, I. Slaus, P. Tomas., Phys. Lett. 9. No. 2. (1964) 147.
6. M. Fazio et al., Nucl. Phys. A. 111. No. 2. (1968) 255.
7. G.E. Velyukhov, A.N. Prokof'ev, S.V. Starodubtsev, Sov. Phys. JETP. 12. No. 3. (1961) 395.
8. R.R. Sercey et al., Nucl. Phys. A 324. (1979) 53.
9. W. Bohne et al., Nucl. Phys. A 128 (1969) 537.
10. C. Schmidt, H.H. Duhm., Nucl. Phys. A 155 (1970) 644.
11. R.A. Morrison, Nucl. Phys. A 140 (1970) 97.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

206

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОБЛУЧЕНИЯ ОКСИДА МОЛИБДЕНА НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ВВР-К ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ^{99}MO -МОЛИБДЕНА

Authors: Arystan Ashibayev¹; Darkhan Sairanbayev¹

Co-authors: Andrey Gurin¹; Asset Shaimerdenov¹; Shamil Gizatulin¹; Yelena Chakrova¹

¹ *Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: d.sairanbayev@inp.kz, gurin.andrey@inp.kz, e.chakrova@inp.kz, arystanashibayev29@gmail.com, sgizatulin@inp.kz, ashaimerdenov@inp.kz

В настоящее время наибольший спрос среди радиоизотопов приходится на ^{99}Mo , получивший широкое применение в ядерной медицине: его используют для диагностики онкологических заболеваний благодаря распаду на $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Удобство использования $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в медицинских процедурах заключается в: моноэнергетическом спектре гамма-квантов с пиком 140,51 кэВ, что позволяет минимизировать облучение пациента; относительно небольшом периоде полураспада в 6,01 ч, что сравнимо со средней продолжительностью исследования.

В мире существует два основных способа получения изотопа ^{99}Mo на исследовательских реакторах. Первый метод получения основан на облучении урановой мишени и даёт в результате высокую удельную активность молибдена-99. Однако, несмотря на его преимущество, применение данного метода обусловлено высоким выходом радиоактивных отходов в результате извлечения молибдена-99 из урановой мишени. Также данный метод поднимает вопросы ядерного нераспространения, так как около 80% мирового спроса на ^{99}Mo приходится на

высокообогащённые урановые мишени. Вторым методом является нейтронная активация ^{98}Mo при использовании оксида молибдена или металлического молибдена и имеет несколько ощутимых преимуществ по сравнению с первым: относительно низкая стоимость и широкая распространённость исходного материала; реакторы с плотностью потока тепловых нейтронов 10^{14} н/(см²·сек) и выше могут производить ^{99}Mo ; отходы незначительны. Главным недостатком данного метода является низкая удельная активность: при облучении тепловыми нейтронами удельная активность природного молибдена достигает 1 Ки/г, а обогащённого на 100% ^{98}Mo – 10 Ки/г. Это объясняется малым сечением захвата для тепловых нейтронов – всего 0,13 барн, однако существует возможность повысить удельную активность путём облучения эпитепловыми нейтронами, для которых сечение захвата нейтронов в разы выше (6,7 барн). В данной работе приведены результаты численного моделирования методом Монте-Карло различных конфигураций специально разработанных облучательных устройств, позволяющих повысить долю эпитепловых нейтронов в зоне облучения, а следовательно увеличить удельную активность ^{99}Mo . Показано влияние материального состава экранов на пространственно-энергетическое распределение нейтронов в зоне облучения мишени. Предложены различные варианты конструкций облучательных устройств для оптимизаций условий облучения и на основе полученных результатов был выбран оптимальный дизайн облучательного устройства для наработки ^{99}Mo в реакторе ВВР-К.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

247

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Author: Евгений Кириллов^{None}

Co-authors: Андрей Фотин ; Манарбек Кылышканов ; Михаил Подойников

Развитие ядерной энергетики неизменно сопровождается повышением требований к теплотехнической надежности и работоспособности твэлов и ТВС в номинальных, переходных и аварийных режимах работы реакторов АЭС. Обеспечение безопасной эксплуатации АЭС является приоритетной задачей и имеет решающее значение.

Одной из главных задач мировых разработчиков топлива для реакторов дизайна 3+ является обоснование топлива UO_2 для достижения средних глубин выгорания не менее 70 МВт сут/кгU. Для предприятий, выпускающих топливные таблетки, каким является АО «УМЗ», основным направлением разработок для решения задач данного уровня является увеличение размера зерна в топливе из UO_2 до уровня 50 мкм и повышение теплопроводности топлива. На сегодняшний день в АО «УМЗ» разработаны технологии микролегирования топлива, позволяющие получать топливо с оптимальной микроструктурой, при этом в широких пределах может варьироваться размер зерна, распределение пор и плотность таблеток, что позволяет удовлетворить любые требования, предъявляемые к топливу потенциальными заказчиками.

Не менее интересной и перспективной работой являются исследования по разработке технологии получения топлива для быстрых реакторов, реакторов 4-го поколения –бридеров, позволяющих осуществлять воспроизводство ядерного горючего, а также «сжигание» долгоживущих изотопов (актинидов) из облученного топлива тепловых реакторов. Одним из наиболее приемлемых вариантов топлива для новых реакторов может быть нитридное топливо UN, обладающее рядом существенных преимуществ: прочное, устойчивое соединение, имеющее температуру плавления 2630 оС, давление диссоциации при 1700 оС не превышает $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па, теоретическая плотность составляет 14,32 г/см³, высокая теплопроводность –20 Вт/м²К.

В АО «УМЗ» по данному направлению проводились исследования, в ходе которых опробовались различные способы получения нитридного топлива, посредством обработки металлического урана с получением полуторного нитрида урана, который специальным многоступенчатым отжигом доводился до порошков мононитрида урана –исходного продукта для изготовления нитридного топлива. После проведения операций прессования и спекания порошка UN были получены образцы компактного мононитридного топлива с плотностью 93 % от теоретической плотности, что является удовлетворительным результатом.

Не менее актуальной и перспективной работой являются проводимые в АО «УМЗ» исследования

по разработке технологии получения уран-бериллиевого топлива (УБТ), теплопроводность которого может быть в несколько раз выше традиционного топлива из UO_2 . В результате проведенных исследовательских работ в АО «УМЗ» были получены образцы композитного УБТ.

Полученные на основе предреакторных материаловедческих исследований УБТ, расчетные результаты ИБРАЕ РАН и ИАЭ НЯЦ РК дали все основания для проведения полномасштабных реакторных испытаний УБТ с целью его аттестации и подтверждения полученных результатов. Проведено облучение партии таблеток УБТ в составе экспериментальной ТВС в исследовательском реакторе г. Халден, Норвегия. В ходе реакторных испытаний общее выгорание в экспериментальных твэлах с перспективными таблетками АО «УМЗ» достигло 27 МВт сут/кгU, твэл с таблетками УБТ экспериментальной сборки заметно выделялся из остальных твэлов - температура топливного стержня УБТ, вышедшей на режим сборки, составляла ~900-950 оС, температура других стержней находилась в диапазоне от 970 оС до 1150 оС. В целом, тенденция снижения температуры в УБТ свидетельствует о перспективности данного вида топлива, так как снижение температуры на 100-150 оС для топлива может значительно снизить выход газовых продуктов деления и увеличить эксплуатационный ресурс топлива. Давление внутри топливного стержня с УБТ, значительно меньше, чем в других стержнях, что свидетельствует о уменьшении газовой выделении при эксплуатации УБТ.

Таким образом, в ходе проведения реакторных испытаний по всем основным параметрам: давление в твэлах, температура топлива, выход газообразных продуктов деления таблетки перспективного УБТ производства АО «УМЗ» показали наилучшие результаты в сравнении с другими таблетками, участвующими в аттестационной проверке.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

304

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ, ИСПЫТАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТУРЫ АЭРОГАММА-СЪЕМКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Authors: Sergey Pribylev¹; Valery Kozhemyakin¹

¹ *ATOMTEX SPE*

Corresponding Author: beresneva_ya@atomtex.com

Широкое распространение беспилотных систем обуславливает увеличивающийся интерес к их оснащению приборами и аппаратурой аэрогамма-съемки местности. Предприятие «АТОМТЕХ», имея значительный опыт в разработке, модернизации и испытаниях подобных средств радиационного контроля, продолжает работу в этом направлении, учитывая целевые функции применения подобной аппаратуры, при этом базируется на использовании спектрометрических и дозиметрических блоков детектирования интеллектуального типа собственной разработки и производства, оптимально комплексируемых в состав тех или иных беспилотных систем.

Назначение технических средств аэрогамма-съемки:

дистанционная разведка и контроль радиационной обстановки на радиоактивно загрязненной местности вследствие ядерных инцидентов;

мониторинг радиационной обстановки на местности в зоне АЭС и предприятий по хранению и переработке радиоактивных отходов;

поиск, обнаружение и локализация точечных источников гамма-излучения, радиоактивно загрязненных конструкций, устройств и их элементов, локальных радиоактивных пятен на местности;

геофизическая разведка в части поиска и картографирования месторождений урановых руд.

Решаемые задачи:

измерение радиационных уровней на высотах полета;

приведение измеренных значений мощности дозы к уровню 1 м от поверхности объекта;

идентификация радионуклидного состава по измеренным гамма-спектрам;
оценка активности и плотности поверхностного загрязнения.

Исследования и использование их результатов в проектировании и создании аппаратуры включали:

1. Математическое моделирование процессов переноса гамма-излучения в воздушной среде с учетом влияния множества факторов, влияющих на перенос гамма-излучения с целью определения массива высотных коэффициентов пересчета (энергия гамма-квантов, геометрия источника, высота полета, температура и давление воздуха, характер подстилающей поверхности и пр.).
2. Выбор оптимального блока (блоков) детектирования с параметрами, обеспечивающими минимизацию аппаратных погрешностей.
3. Оценку ожидаемой суммарной погрешности измерений при аэрогамма-съемке с учетом аппаратурной и методической погрешностей, а также погрешности, обусловленной отличием реальных условий от идеальной модели радиоактивного загрязнения в возможных на практике случаях 1.
4. Применение. Базируясь на результатах приведенных исследований, созданы различные варианты реализации аппаратуры для использования в составе беспилотных летательных аппаратов планерного типа, квадрокоптеров, октокоптеров, вертолетов. В докладе приводятся технические характеристики аппаратуры, иллюстрируются объекты оснащения. Также представлены материалы натурных испытаний, проведенных в условиях пролета над площадными участками радиоактивно загрязненной местности и над точечными гамма-источниками. Получена хорошая корреляция расчетных и экспериментальных данных, оценены суммарные погрешности измерений, характеризующие точностные возможности бортовой аппаратуры и отдельных детектирующих устройств 2.
5. Оценку современного состояния и перспективы.

Литература:

1. Кожемякин, В. А. Аппаратура радиационного контроля для дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов и оценка достоверности результатов аэрогамма-съемки / В. А. Кожемякин // 30-я Международная научно-техническая конференция «ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА», г. Санкт-Петербург, 13–15 июня 2019 г. : сб. тезисов / ЦНИИ робототехники и технической кибернетики. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 363.
2. Прибылев, С. В. Аппаратура радиационного контроля для дистанционно управляемого беспилотного летательного аппарата «ЭЛЕКТРОН-7» / В.А. Кожемякин, С.В. Прибылев, С.В. Литвинов // 33-я Международная научно-техническая конференция, Санкт-Петербург, 29–30 сентября 2022 г. : сб. тез. / Авторская ред. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 264–265.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

37

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УРАНОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНЫХ РЕК КЫРГЫЗСТАНА

Author: Тамара Тузова^{None}

Corresponding Author: tv_tuzova@mail.ru

Сток горных рек Кыргызстана формируется в приледниковых зонах из талых вод ледников и снежников и из подземных вод разного генезиса. Последние тоже в основном формируются в приледниковых зонах и мигрируют от области питания по горными склонам к области разгрузки в межгорных впадинах. Их движение происходит с различными видами циркуляции и глубиной проникновения в толщу горных пород, различной длиной пути и времени контакта при фильтрации в разных водовмещающих породах. Разгрузка потоков подземных вод происходит либо в отложения речных долин, либо открытым путём в виде родников, выклинивающихся на горных склонах, у их подножий или на пойменных террасах рек. В данной работе выявлены особенности обогащения ураном подземных вод Ала-Арчинского речного бассейна (центральная

часть северного склона Киргизского хребта) по их изотопно-гидрохимическим параметрам и приуроченности к водовмещающим породам.

Ранее [1,2] по изотопному составу вод ($\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ и отношение изотопов урана $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) нами определены составляющие стока бассейна р. Ала-Арча в зоне развития современного оледенения. Показано, что изотопное фракционирование состава вод и обогащение ураном в приледниковой зоне, вероятно, обусловлено их длительным взаимодействием с водовмещающими приповерхностными породами коры выветривания или глубокой циркуляцией в зонах трещиноватости. В данном сообщении по изотопно-геохимическим показателям сделана оценка особенностей обогащения ураном подземных потоков Ала-Арчинского бассейна с анализом данных о водах, выклинивающихся из-под моренных отложений истоков рек Ала-Арча, Аксай, Адыгене и наиболее представительным родникам. Показано, что в приледниковой зоне бассейна по уран-изотопным показателям четко выделяются 4 типа вод: 1 - атмосферные осадки и талые воды современного оледенения с ультранизким содержанием урана (менее 10-6 мкг/л) и равновесным соотношением $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$; 2 – воды, обогащённые ураном до 10-5 мкг/л без нарушения изотопного равновесия за счёт его растворения из пород с локальными аномалиями; 3 - воды, обогащённые ураном с небольшим избытком ^{234}U за счёт и растворения, и выщелачивания его из пород современной коры выветривания; 4 – воды с относительно низким содержанием урана и максимальным изотопным сдвигом, приуроченные к породам зоны трещиноватости, где процессы выщелачивания значительно преобладают над процессами растворения. Такая типизация в сочетании с гидрохимическими характеристиками вод позволяет выявить основные источники формирования подземных вод горных рек и их приуроченность к водовмещающим породам.

Исследования выполнены в рамках Соглашения о сотрудничестве ИВПиГЭ с ФИЦКИА и гранта РНФ № 20-77-10057 «Диагностика деградации мерзлоты на базе изотопных трассеров ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $\delta^{18}\text{O}+\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)», <http://fciarctic.ru/index.php/page=news&id=804>

1. Токарев И.В., Яковлев Е.Ю., Ерохин С.А., Тузова Т.В., Дружинин С.В., Пучков А.В. Диагностика компонентов стока малого горного водосбора с оледенением на базе данных об изотопном составе воды –р. Ала-Арча (северный склон Киргизского хребта) // Материалы Международной конф. «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». 2023 г., г. Томск, РФ, с.44-49.

2. Igor Tokarev, Eugeny Yakovlev, Sergei Erokhin, Tamara Tuzova, Sergei Druzhinin, Andrei Puchkov. Reflection of daily, seasonal and interannual variations in run-off of a small river in the water isotopic composition ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$): a case of the Ala-Archa mountain river basin with glaciation (Kyrgyzstan, Central Asia) //Water: Volume 16(11).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

66

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛОВОДНЫХ СИСТЕМ РЕАКТОРА ПИК

Author: Sergey Fridman¹

¹ Russia, NRC "Kurchatov Institute" - PNPI

Corresponding Authors: voronina_tv@pnpi.nrcki.ru, fridman_sr@pnpi.nrcki.ru

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ
ТЯЖЕЛОВОДНЫХ СИСТЕМ РЕАКТОРА ПИК

Воронина Т.В., Фридман С.Р.

НИЦ «Курчатовский институт —ПИЯФ», г. Гатчина, Россия

В Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» вводится в эксплуатацию высокопоточный исследовательский

реактор ПИК, в состав которого входят два тяжеловодных контура: тяжеловодного отражателя и жидкостного регулирования. Оба контура являются системами, важными для безопасности, поэтому вопрос организации их оптимального водно-химического режима актуален. Это связано с тем, что наиболее частой причиной неплановых остановов ядерных установок является коррозионное повреждение оборудования, обусловленное отклонениями в поддержании водно-химического режима. Обязательным условием обеспечения водно-химического режима является достоверный и оперативный химический контроль теплоносителя. Такой контроль может быть организован только в безотборном автоматическом онлайн-режиме с учётом физико-химических особенностей тяжёлой воды (D2O).

При нормировании химических показателей тяжеловодных теплоносителей необходимо учитывать физико-химические особенности D2O. Масса ее молекулы на 11% превышает массу молекулы лёгкой воды (H2O). Это приводит к различиям в их физических, химических и биологических свойствах. Ионное произведение (константа ионизации) свидетельствует, что тяжелая вода слабее ионизирована, чем легкая.

В результате, нейтральный показатель рD для тяжелой воды равен 7,4. Подвижность (предельная молярная проводимость) ионов тяжелой воды D+ и OD- в 1,4 раза ниже, чем подвижность ионов легкой воды H+ и OH-. Следовательно, удельная электропроводность тяжелой воды будет ниже, чем легкой. Растворимость солей в тяжёлой воде ниже, чем в лёгкой.

На фотометрические и титриметрические измерения таких химических показателей воды, как массовая концентрация железа, алюминия и меди, окисляемость и общая жесткость, различия между тяжелой и лёгкой водой не влияют. При кондуктометрических и потенциометрических измерениях электропроводности и показателя рD необходимо учитывать особенности тяжелой воды. Лабораторный контроль D2O должен быть организован на специально выделенном для этих целей оборудовании (кондуктометре, рН-метре, хлоридометре и др.), а градуировку приборов контроля необходимо выполнять на тяжелой воде.

Опыт химического контроля теплоносителей реактора ПИК позволяет утверждать, что между контролируемыми химическими показателями существуют корреляции (например, между прозрачностью и концентрацией продуктов коррозии), что также необходимо учитывать при нормировании.

Для автоматизации химического и изотопного контроля D2O на реактора ПИК разработана автоматизированная система пробоотбора и анализа тяжёлой воды. В отличие от существующих легководных систем автоматического химического контроля эта система обеспечит возврат тяжелой воды обратно в контур тяжеловодного отражателя. В онлайн-режиме будут контролировать восемь показателей тяжёлой воды: концентрацию дейтерия, объёмную активность трития, удельную электропроводность, показатель рD, концентрацию растворённого кислорода и водорода, мутность и концентрацию хлорид-ионов. В настоящее время система автоматизированного контроля изотопного и химического состава тяжёлой воды смонтирована и вводится в эксплуатацию. В связи с использованием в тяжеловодном отражателе реактора одновременно алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей для контроля коррозионного состояния конструкционных материалов контура созданы методики и организованы лабораторные испытания (в течении 6 500 часов), которые позволили оценить скорость общей коррозии и скорость роста питтингов, имеющихся на поверхности алюминиевых сплавов.

Комплекс мер, разработанный на реакторе ПИК для тяжеловодных теплоносителей (нормы, автоматизированная система химического и изотопного контроля, и коррозионные эксперименты) обеспечивают их безопасную эксплуатацию.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

41

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ Sr-90 НА ТКАНЕВОМ УРОВНЕ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПОКОЛЕНИЙ КУЛЬТУРЫ ФАСОЛИ (PHASEOLUS VULGARIS)

Author: Yelena Syssoyeva^{None}

Co-authors: Andrey Panitskiy ; Yelena Polivkina

Corresponding Author: syssoeva@nnc.kz

Стресс у растений представляет собой состояние, при котором под действием внешнего фактора на организм сначала происходит нарушение функционального состояния, затем его нормализация и итоговое повышение сопротивляемости. Ионизирующее излучение, как экологический фактор, приводит к адаптационным процессам, влияющим на выживаемость, рост и развитие растений. В данном аспекте изучение проводящих тканей помогает понять механизмы накопления и распределения радионуклидов в растениях, а также изучить стратегии адаптации растительных популяций к стрессовому фактору окружающей среды. В связи с этим, цель данной работы заключалась в оценке влияния Sr-90 на проводящие ткани растений на примере 3-х последовательных поколений культуры фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*).

Объект исследования (*Phaseolus vulgaris*) выращивали в контролируемых условиях экспериментальной оранжереи на почвенных образцах с территории площадки «4А», на которой в 1953-1957 годах проводились испытания боевых радиоактивных веществ (БРВ). Основной загрязнитель в почве данной площадки - радионуклид Sr-90, активность которого в исследуемых почвах достигает 5×10^8 Бк/кг. Контрольную группу растений выращивали на фоновой почве с идентичными физико-химическими свойствами. Выбор исследуемой культуры обусловлен коротким вегетационным периодом, устойчивостью к вредителям и болезням. В качестве исследуемых параметров использовали толщину флоэмы и ксилемы листа и стебля 3-х последовательных поколений фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*). В ходе эксперимента поддерживалась оптимальная влажность почвы (60% от полной влагоемкости), а также обеспечивались достаточный уровень освещенности (10000 Лк) и благоприятный температурный режим (25-27 С) посредством систем фитоосвещения и терморегулирования. Образцы листьев и стеблей отбирали после их полного формирования в конце вегетационного развития, затем консервировали с использованием Копенгагенской смеси (70% спирта, 27% воды и 3% глицерина). Из консервированных образцов получали срезы при помощи санного микротомы МЗП-01 «Техном» (РФ). Исследования полученных микропрепаратов проводили с использованием микроскопа Micros MC 300, с камерой Vision Cam V500/21 M (Австрия) при увеличении 4, 10, 20, 40 и 100x. Измерения структурно-анатомических параметров исследуемых образцов производили с использованием ПО BioWizard 4.2.

Значение медианы практически совпадает со средним арифметическим исследуемых параметров в экспериментальной и контрольной выборке. Данный факт указывает на однородность полученных данных, что подтверждают и коэффициенты вариации, значения которых во всех случаях значительно ниже 50%. Так, максимум вариации отмечен для толщины флоэмы стебля (23%), а минимум - для толщины ксилемы стебля (9%). Для проводящих тканей фасоли, выращенной на радиоактивно загрязненной почве, установлены достоверные изменения изучаемых показателей (при $p < 0,05$). Максимальные значения исследуемых параметров отмечены в органах 1-го поколения: толщина ксилемы и флоэмы стебля составила 202 и 187 мкм, а листа - 100 и 87 мкм соответственно. Меньшие значения отмечены для тканей стебля и листа 2-го и 3-го поколения. Так, толщина ксилемы стебля составила 189 и 168 мкм, а флоэмы - 173 и 109 мкм соответственно. У листа же толщина ксилемы составила - 92 и 74 мкм, а флоэмы - 89 и 70 мкм соответственно. Минимальные значения исследуемых параметров отмечены для контрольной группы (толщина ксилемы стебля - 118 мкм, толщина ксилемы листа - 71 мкм, толщина флоэмы стебля - 107 мкм, толщина флоэмы листа - 68 мкм). Толщина ксилемы стебля в экспериментальной группе 1-го, 2-го и 3-го поколения больше, чем в контрольной в среднем на 42, 37 и 2%, толщина ксилемы листа - на 29, 23 и 6%, толщина флоэмы стебля - на 43, 38 и 2%, а толщина флоэмы листа - на 22 и 3% соответственно. При этом отмечено, что в органах растений 3-го поколения толщина проводящих тканей практически не отличается от контроля, что подтверждает адаптацию исследуемой культуры к радиационному фактору. В результате адаптации к стрессовому фактору окружающей среды в виде ионизирующего излучения происходит увеличение толщины проводящих тканей. Таким образом, в результате воздействия радиационного фактора на растения сначала происходит нарушение их функционального состояния, за которым следует восстановление нормальной активности в ходе адаптационных процессов, и, в конечном итоге, повышение устойчивости к воздействию стрессового фактора. Исследования выполнены в рамках ИЦФ ИРН BR21881915 «Разработка устойчивого управления земельными ресурсами и водными объектами на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона»

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗОНАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Author: Rimma Plissak¹

¹ *Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan*

Corresponding Author: plisak@mail.ru

Наземные ядерные испытания привели к высокому радиоактивному загрязнению значительных территорий, сформировав радиоактивные следы, протянувшиеся на сотни километров от эпицентра взрывов.

В настоящее время потенциальными источниками вторичного радиоактивного загрязнения являются локальные участки, на которых содержание радионуклидов в почвенно-растительном покрове сравнимо с твердыми радиоактивными отходами (на отдельных участках – со среднеактивными радиоактивными отходами).

Загрязнение может происходить и в результате извлечения и сбора металлолома на загрязненных территориях, его вывоз за пределы полигона. Использование тракторов и автомашин также может вызвать загрязнение. Возможно вторичное радиоактивное загрязнение и в результате выпаса сельскохозяйственных животных и заготовки сена на радиоактивно загрязненных участках.

Объектом исследований является зональная экосистема, формирующаяся на светлокаштановых почвах при мощности экспозиционной дозы (МЭД) 150-170 мР/ч. Растительность представлена ксерофитным полынно-дерновиннозлаковым (*Stipa sareptana*, *Artemisia marschalliana*, *A. sublessingiana*+*Festuca sulcata*) сообществом. Предмет исследований – состав, структура, ритмы развития растений, накопление надземной и подземной биомассы, особенности аккумуляции радионуклидов органами растений, адаптационные признаки растений.

Ксерофитные растительные сообщества на территории Семипалатинского полигона занимают по сравнению с другими типами растительности большую площадь. Они формируются на выровненных пологонаклонных или плоских межсочных равнинах. Почвы – светлокаштановые суглинистые, реже супесчаные. Тип водного режима – непромывной. Для данных почв характерно низкое содержание (до 2,5%) гумуса в поверхностном горизонте и незначительная мощность (до 30 см) гумусового горизонта. Содержание радионуклидов в почвах загрязненного и контрольного участков приведено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание радионуклидов в почве

Слой

почвы,

см Радионуклиды, Бк/кг

Загрязненный участок

Am241 Cs137 60Co Eu152-154 K40 U238 Ra226 Pb210 Th228 α β

0-2 12 386 525 84 1 957 774 <61 38 <605 32 3 060 2 350

2-12 54 43 42.4 1187 840 <33 26.8 <169 34.4 1 850 1 430

Контрольный участок

0-9 13 29 <0.6 <1.4 530 27 14.4 <269 17.3 780 700

Основные показатели исследуемого сообщества: видовой состав растений, вертикальная (ярусность, высота растений) и горизонтальная (сложение) структура, проективное покрытие почвы растениями в %, обилие по шкале Drude, фенологическая фаза, жизненное состояние растений по 5-ти бальной системе, а также краткие сведения о развитии фитоценоза (положение в сукцессии, особенностях размножения доминантов) приведены в таблице 2.

Таблица 2. Описание фитоценоза

№ Название растений Ярус Высота, см Покрытие, % Обилие Размещение Фенофаза Жизненность

1 *Stipa sareptana* I-II 35-83 25-30 сор² df плодоношение 4

2 *Artemisia marschalliana* I-II 54-67 10-15 sp-сор¹ ggr бутонизация 4

3 *A. sublessingiana* I-III 15-65 5-10 sp ggr бутонизация 4

4 *A. austriaca* III 10-20 1-3 sol ggr вегетация 4

5 *Festuca valesiaca* III 5-12 10-15 sp-сор¹ df конец плодоношения 4

6 *Ceratocarpus arenarius* III 5-10 1 sol df плодоношение 3

- 7 *Koeleria cristata* III 10-15 <1 sol ggr плодоношение 3
- 8 *Ancathia igniaria* II-III 20-35 <1 sol df плодоношение 3-4
- 9 *Phlomis tuberosa* II-III 15-40 <1 sol df плодоношение 3-4
- 10 *Spiraea hypericifolia* II-III 15-35 <1 sol ggr вегетация 3

На загрязненном участке, исследуемое сообщество является одной из стадий восстановления зонального полынно-дерновиннозлакового фитоценоза после нарушения растительности в период ядерных испытаний. А на контроле, это зональное климаксовое полынно-дерновиннозлаковое сообщество на светлокаштановых почвах.

Надземная биомасса в исследуемом сообществе на загрязненном участке достигла 104,2-157,1 г/м² (на контроле –86,1-113,6 г/м²). Средний вес опада (*Stipa sareptana*) с 1м² на загрязненном участке составлял 91,9-94,9г (на контроле 76,1-81,1г). Вес однодольных растений (*Stipa sareptana*, *Koeleria cristata*, *Cleistogenes squarrosa*) на загрязненном участке достигал 70,1-115,3г/м² (на контроле 47,0-65,2 г/м²). Вес двудольных растений (*Artemisia marschalliana*, *A. sublessingiana*, *A. austriaca*, *Ceratocarpus arenarius*, *Ancathia igniaria*) на загрязненном участке составлял 34,1-41,8 г/м² (на контроле 39,1-48,4 г/м²).

Глубина проникновения корней доминирующих видов растений достигала 70-100 см (на контроле –61-64 см). Наиболее насыщен корнями слой почвы 0-28 см (на контроле –0-30 см). Содержание основных радионуклидов в органах доминантных видов растений приведено в таблице 3.

Таблица 3. Содержание основных радионуклидов в органах доминантных видов растений, Бк/кг

Показатели *Stipa sareptana* *Artemisia sublessingiana*

1x 2x 1x 2x

Содержание Am241 в золе надземной части растений 37-38 <8-20 15-43 <10-18

Содержание Am241 в золе корня растений 255-900 10-53 59-276 <11-<20

Содержание Eu152,154 в золе надземной части растений 158-182 <13-<20 99-116 <10-<15

Содержание Eu152,154 в золе корня растений 942-1080 <4-<7 384-542 <15-<40

Содержание Cs137 в золе надземной части растений 30-57 26-33 23-26 16-32

Содержание Cs137 в золе корней растений 542-870 109-114 130-220 56-113

Содержание α-частиц в золе надземной части растений <350-<800 <900-670 <800-1240 <350-<1100

Содержание α-частиц в золе корня растений 1225-1900 <900-390 1020-6900 <900-1230

Содержание β-частиц в золе надземной части растений 3460-4500 2530-4300 9100-9300 5400-8200

Содержание β-частиц в золе корня растений 2840-4300 1030-1320 6580-7800 3620-17000

Примечание: 1x-загрязненный участок, 2x-контрольный (без загрязнения)

На загрязненном участке выявлены растения –тераты. У многих особей *Spiraea hypericifolia* образуются укороченные ветви и не формируются генеративные органы. У некоторых особей *Artemisia marschalliana* укорочены стебли и деформированы метёлки. Они превратились в уплотненные шаровидные образования (с диаметром 1,0-1,5 см). У отдельных особей *Phlomis tuberosa* формируются перекрученные стебли. В деформированных мутовках в 3-4 раза меньше цветков, чем на контрольном участке. У многих особей не формируются генеративные органы. В сложившихся радиоэкологических условиях в формировании зональных сообществ на светлокаштановых почвах загрязненных участков по сравнению с контрольными выявлены следующие изменения:

- 1) количество видов растений уменьшилось, так как после ядерных взрывов видовое разнообразие еще не восстановилось до исходного состояния;
- 2) фенологический сдвиг в наступлении генеративных фаз у доминирующих видов: опережение наступления фаз бутонизации и цветения у *Artemisia marschalliana*, *A. sublessingiana* и *Stipa sareptana* на 3-4 дня;
- 3) угнетение роста и развития многих особей *Artemisia sublessingiana*, *Festuca valesiaca* и *Carex supina*;
- 4) усиление гетерогенности горизонтальной структуры сообществ вследствие антропогенной нарушенности поверхностного слоя почв;
- 5) уменьшение степени общего проективного покрытия, покрытия почвы растениями и напочвенного покрова, обусловленного тем, что на нарушенных участках растительность представлена серийными сообществами, которые представляют собой одну из последних стадий восстановления опустыненных степей после наземных ядерных взрывов;
- 6) стимуляцию роста у доминирующего вида (*Stipa sareptana*), увеличение среднего веса одной особи этого растения в 1,1-2 раза, увеличение веса однодольных растений –в 1,1-1,2 раза, мортмассы –в 1,1-1,2 раза и надземной биомассы –в 1,2-1,3 раза;
- 7) увеличение глубины проникновения корней доминантных видов *Stipa sareptana*, *Artemisia sublessingiana* и *A. marschalliana* на 9-36 см, среднего веса корня одной особи *A. sublessingiana* в 1,2-1,4 раза и биомассы подземных органов в 1,1-1,4 раза;
- 8) формирование у отдельных особей некоторых видов растений адаптационных признаков:

образование укороченных побегов и отсутствие генеративных органов у *Spiraea hypericifolia*, укороченных стеблей и деформированных метелок у *Artemisia marschalliana*, деформированных стеблей и соцветий у *Phlomis tuberosa*.

Список литературы

1. Смагулов С.Г., Тухватулин Ш.Т., Черепнин Ю.С. Семипалатинский полигон// Доклад Национального ядерного центра РК комиссии ООН, Курчатов, 1998.- 7 с. (не опубликовано).

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

156

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ГРУНТА, ОТОБРАННЫХ В ТОЧКАХ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ЛИРА

Author: В.С. Моренко¹

Co-authors: Lyudmila Filippova ; А.Т. Кошжанов¹; Л.Д. Матиенко¹; П.В. Харкин¹; Р.А. Ли¹

¹ РГП на ПХВ Институт Ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан

Corresponding Author: lyuphi@mail.ru

Как известно, техногенные радионуклиды являются побочными продуктами ядерных взрывов, представляя собой опасность загрязнения среды обитания человека. Институт ядерной физики уже много лет проводит наблюдения за радиационным состоянием окружающей среды на территории объектов ЛИРА и за ее пределами.

Объекты ЛИРА – это подземные резервуары, которые созданы подземными ядерными взрывами на территории Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения в 1983-1984 гг. Всего было создано шесть подземных резервуаров для временного хранения газоконденсата в производственном цикле разработки месторождения.

Несмотря на доказанность отсутствия сколько-нибудь выраженного неблагоприятного воздействия со стороны объектов ЛИРА на селитебные территории, в полной мере реализуется комплекс мероприятий по мониторингу радиоэкологической обстановки как на территории объектов ЛИРА, так и прилегающих к нему.

Критерием оценки радиоэкологической обстановки является степень загрязнения поверхности техногенными радионуклидами, которые могут иметь отношение к объектам ЛИРА. Таковыми являются радионуклиды ^{137}Cs , ^{90}Sr , $(^{239}+^{240})\text{Pu}$. Согласно установленной периодичности, пробы грунта отбираются с поверхности два раза в год для определения удельной активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и $(^{239}+^{240})\text{Pu}$.

Информация о результатах мониторинга помещается в базу данных «Паспорт мониторинга», начиная с 2005 года. За все эти годы накоплен большой объем информации для статистического анализа, позволяющего понять общую пространственно-временную картину и выявить тенденции развития радиоэкологической ситуации в зонах контроля.

Для оценки изменения уровня поверхностного загрязнения грунта техногенными радионуклидами из базы данных были отобраны результаты аналитических исследований, которые были выполнены в 2005-2023 годах. В процессе исследований проводились проверки гипотез влияния факторов времени и местоположения на значения удельной активности радионуклидов. Рассматривались три временных периода: «2005-2011», «2012-2017», «2018-2023», и три территориальные группы в соответствии с месторасположением точек отбора проб почвы: территории технологических площадок, территория в границах объектов ЛИРА и территории населенных пунктов. Статистический анализ проводился с помощью метода Краскела-Уоллиса для нескольких независимых выборок. Проведенные исследования показывают, что наблюдается статистически значимое постепенное уменьшение удельной активности ^{137}Cs со временем для всех рассматриваемых территорий. Медианные значения удельной активности ^{137}Cs в грунте населенных пунктов снизились с 5 Бк/кг в 2005-2011 гг. до 3,3 Бк/кг в 2018-2023 гг., на территории объектов ЛИРА с 6 Бк/кг до 3,1 Бк/кг для и с 6 Бк/кг до 3,3 Бк/кг для технологических площадок, причем разница между выборками с разных территорий становится статистически незначимой с течением времени. Медианные значения все более приближаются друг к другу и в последние годы

варьируются в пределах 2,8 –3,3 Бк/кг.

Также фиксируются статистически значимые постепенные уменьшения значений удельной активности радионуклидов ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Медианные значения удельной активности ^{90}Sr в грунте населенных пунктов постепенно снижаются с 2,5 Бк/кг в 2005-2011 гг. до 1,4 Бк/кг в 2018-2023 гг. и с 2,7 Бк/кг до 1,4 Бк/кг для территорий объектов ЛИРА. По ($^{239+240}\text{Pu}$) эти значения падают соответственно с 0,25 Бк/кг до 0,13 Бк/кг и с 0,26 Бк/кг до 0,16 Бк/кг. Статистически значимых различий между выборками с разных территорий ни для одного из рассматриваемых периодов времени не выявлено.

Итак, проведенный анализ позволяет сделать вывод о существовании явной тенденции на снижение удельной активности техногенных радионуклидов с течением времени для всех контролируемых территорий, что объясняется, как их распадом, так и вертикальной миграцией в нижние горизонты. Вместе с тем, следует отметить, что для ^{137}Cs имеется выраженная направленность на уменьшение статистически значимой разницы между выборками с различных территорий с течением времени. Следовательно, можно констатировать улучшение радиэкологической обстановки на контролируемых территориях объекта ЛИРА.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

207

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА «ГЕКСАХЛОРАН ДУСТ» УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Author: Margarita Markova¹

Co-author: Татьяна Мельникова²

¹ Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»

² Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering

Corresponding Authors: tritel2010@gmail.com, markovamv01@mail.ru

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА ХЛОРИСТОГО ВОДОРОДА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА «ГЕКСАХЛОРАН ДУСТ» УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Маркова М.В.1, Мельникова Т.В.2

1 Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Обнинск, Россия

2 Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Ранее было проведено исследование радиационной устойчивости пестицидного препарата при облучении ускоренными электронами в линейке возрастающих доз 10 –700 кГр. Полученные результаты не позволяют сделать однозначный вывод о поведении пестицида при облучении высокими дозами электронного излучения. Поэтому было проведено дальнейшее исследование, в котором образцы пестицидного препарата облучались в линейке возрастающих доз 700 – 1500 кГр.

Было отмечено, что концентрация ГХЦГ после облучения имеет ту же тенденцию, что и масса, сначала увеличиваясь, а после уменьшаясь по мере увеличения дозы радиации. Описать данную зависимость однозначно невозможно, так как наблюдается нестабильное изменение концентраций ГХЦГ. Минимальное значение концентрации наблюдается при облучении дозой 1400 кГр и равняется $122,72 \pm 34,45$ мг/г а максимальное значение наблюдается при облучении дозой 1000 кГр и равняется $170,63 \pm 0,71$ мг/г.

В работе было отмечено ступенчатое уменьшение концентраций и, следовательно, увеличение степени разложения. Таким образом, на промежутках 200-700-1500 кГр проявляется одинаковая

динамика изменения концентрации и степени разложения. Минимальное значение степени разложения было получено при облучении дозой 1100 кГр и равнялось $2,78 \pm 1,15\%$, а максимальное – при облучении дозой 1200 кГр и равнялось $16,50 \pm 0,72\%$. Такое ступенчатое изменение концентраций и, следовательно, степени разложения достоверно определено и может быть объяснено как дискретным набором поглощенной дозы, так и особенностями поведения ГХЦГ при облучении высокими дозами.

Для РХВ хлористого водорода наблюдалась обратная зависимость. РХВ HCl варьируется от $0,16 \pm 0,07$ молекул/100 эВ при дозе 1100 кГр до $19,14 \pm 3,00$ молекул/100 эВ при дозе 10 кГр с динамикой уменьшения от $19,14 \pm 3,00$ молекул/100 эВ при дозе 10 кГр до $0,43 \pm 0,06$ молекул/100 эВ при дозе 1500 кГр. Таким образом, облучение при дозе 10 кГр было наиболее эффективным, несмотря на меньшую массу выделившегося HCl.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

70

ПЕРВЫЙ ОПЫТ РЕМЕДИАЦИИ ПЛОЩАДОК УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ ПРИ ФИНАНСИРОВАНИИ ЕБРР

Author: Bakhram Kuldjanov¹

Co-authors: И. Садиков²; Б. Кульджанов²; Ф. Вагнер³; В. Купченко⁴; М. Жумакадыр уулу⁵

¹ Institute of Nuclear Physics AS RUz

² Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

³ G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Фрайберг, Германия

⁴ Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата, Ташкент, Узбекистан

⁵ ОсОО Техно-Центр, Бишкек, Кыргызстан

Corresponding Author: bkuljonov@gmail.com

Добыча урана горным методом ведет к образованию больших объемов радиоактивных отходов, которые находясь вблизи населенных пунктов, водных бассейнов или в сейсмически активных районах представляют собой угрозу здоровью населения и способствуют загрязнению окружающей природной среды. Эти риски характерны для региона Центральной Азии (ЦА), где начиная с 40-х годов прошлого века велись активные работы добыче урана. С распадом СССР места разработок были либо наспех законсервированы, либо просто заброшены. Как следствие, образовавшиеся объемы отходов остались без надлежащего контроля и управления. Восстановление таких объектов, а также пострадавшей окружающей среды вокруг них требует значительных методологических, технических и финансовых вложений, которыми новообразованные республики ЦА зачастую не обладали /1/.

Координационная группа по бывшим урановым объектам (CGULS), организованная в рамках МАГАТЭ, разработала Стратегический мастер-план (SMP) по восстановлению уранового наследия в ЦА. SMP базируется на результатах серии проектов по изучению возможности восстановления окружающей среды на бывших урановых рудниках в ЦА. В SMP на настоящий момент включено 7 объектов: 3 в Кыргызстане и по 2 в Таджикистане и Узбекистане /2/. Эти объекты подлежат ремедиации при финансовой поддержке Европейского банка реконструкции и развития /3/. В настоящем докладе описывается предыстория урановых рудников в Чаркесаре и Янгиабаде, итоги проекта по оценке рисков и возможности восстановления окружающей среды на этих объектах, процесс ремедиационных работ, достигнутые результаты, извлеченные уроки и краткие выводы.

Литература:

1. Assessment and Proposals for Uranium Production Legacy Sites in Central Asia: An International Approach

<https://gnssn.iaea.org/RTWS/general/Shared%20Documents/Remediation/Remediation%20Evaluation%202012/Asses>
2. Strategic Master Plan for Environmental Remediation of Uranium Legacy Sites in Central Asia
https://www.iaea.org/sites/default/files/18/05/strategic_master_plan_v1_may_2018.pdf
3. Kuldjanov B.K., Harlander E., Sadikov I.I., Yuldashev B.S. // Cooperation between the European bank for reconstruction and development and the Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan on remediation of the former uranium mines Yangiabad and Charkesar // Материалы международной конференции «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ –2019», Севастополь, 2019 г., с.76-80

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

84

ПЛУТОНИЙ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА –ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР –РАСТЕНИЕ»

Authors: Alexey Shupik¹; Karina Shavrina¹; Mariya Edomskaya¹; Nikita Bratuhin¹; Sergey Lukashenko¹

¹ *Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»*

Corresponding Authors: shupik949@gmail.com, shavrina2000@gmail.com, lukashenko.1962@mail.ru, ma.edomskaya@yandex.ru

Поступление радионуклидов из почв в растения является первым звеном в пищевой цепочке их перехода из абиотических компонентов экосистем в биотические, в том числе в организм человека. Миграция радионуклидов в системе «почва –почвенный раствор –растение», в том числе и изотопов плутония, определяется двумя основными показателями: величиной их перехода из почвы в почвенный раствор и величиной поглощения их из почвенного раствора растениями. Еще одним фактором поглощения питательных веществ, включая радионуклиды, является выделения корневой системой растений, которые способствуют извлечению элементов питания из почвы.

Цель работы –установить параметры миграции плутония в системе «почва –почвенный раствор –растение».

Для проведения эксперимента использовали дерново-подзолистую супесчаную почву отбранную из слоя пахотного горизонта (20 см) Калужской области. В почвы вносили водный раствор ²³⁹Pu, приготовленный разбавлением стандартного образца. Далее почву инкубировали в течение 40 дней.

Исследование проводили в условиях вегетационных опытов с использованием двух методологических подходов:

1. исследование параметров миграции при выращивании на почве;
2. исследование параметров миграции при разделении сред системы «почва –почвенный раствор» на специально разработанном вегетационном стенде с использованием лизиметрической установки оригинальной конструкции, обеспечивающей постоянную циркуляцию почвенной влаги.

Коэффициенты накопления плутония для надземной части капусты пак-чой сорта «Холодок», гороха сорта «Немчиновский-50», овса сорта «Яков» в системе «почва –растение» составляют $(3,2 \pm 0,9) \cdot 10^{-3}$, $(3,6 \pm 1,5) \cdot 10^{-4}$, $(2,5 \pm 0,9) \cdot 10^{-4}$, соответственно. Для корневой системы Кн плутония составляют $(5,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-1}$ для листовой капусты, $(8,1 \pm 2,3) \cdot 10^{-2}$ для гороха, $(2,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-1}$ для овса.

Полученный в ходе исследования коэффициент межфазового распределения плутония для дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 2100 л/кг, что свидетельствует о крайне малой величине перехода плутония из почвы в почвенный раствор.

Коэффициенты накопления из почвенного раствора составляют для надземной части $(2,0 \pm 0,6) \cdot 10^{-1}$ для листовой капусты, $(2,2 \pm 0,6) \cdot 10^{-1}$ для гороха, $(0,32 \pm 0,1) \cdot 10^{-1}$ для овса, для корневой системы коэффициенты накопления составляют $(6,0 \pm 1,1) \cdot 100$, $(1,5 \pm 0,3) \cdot 100$, $(4,5 \pm 0,8) \cdot 100$, соответственно.

Значения коэффициентов накопления плутония в системе «почва –растение» существенно ниже значений коэффициентов его накопления из почвенного раствора. Учитывая высокий показатель коэффициента межфазового распределения, можно предположить, что низкие количественные показатели поглощения плутония растениями, представленные в литературных источниках, в большей степени определяется его связью с почвенными частицами.

Для надземной части рассматриваемых сельскохозяйственных культур характерно барьерное поглощение плутония. Значения транслокационных коэффициентов при выращивании на почве для листовой капусты, гороха и овса составляют в $5,9 \cdot 10^{-3}$, $4,4 \cdot 10^{-3}$, $9,1 \cdot 10^{-4}$, а при выращивании на почвенном растворе в $3,3 \cdot 10^{-2}$, $1,5 \cdot 10^{-1}$ и $7,1 \cdot 10^{-2}$, соответственно. Содержание плутония в корневом поглощающем комплексе, отражающем апопластический (барьерный) путь поступления, видоспецифично и оценивается от 37 % до 62 % для рассматриваемых видов сельскохозяйственных культур. Полученные расчетные значения коэффициентов накопления по отношению к почве при выращивании с разделением фаз почвы и почвенного раствора ниже значений коэффициентов накопления плутония, полученных при выращивании на почве, что вероятно связано с отсутствием процессов, происходящих в ризосфере под действием экссудатов, и так называемым «разбавлением за счет прироста зеленой массы». Транслокационные коэффициенты, полученные для разного типа выращивания свидетельствуют о более низких значениях данного показателя при выращивании растений на почве в сравнении с гидропонным методом выращивания.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

264

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ СКВАЖИН ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НЕЙТРОНОВ

Author: Антон Исаев¹

Co-authors: Александр Шиканов²; Андрей Рухман²; Константин Козловский²

¹ РТУ МИРЭА

² НИЯУ МИФИ

Corresponding Author: isaev@lenta.ru

Метод ультразвукового акустического воздействия (АВ) хорошо зарекомендовал себя при восстановлении дебита нефтяных скважин в России, Мексике и других нефтедобывающих странах. Анализ успешности применения метода показал, что средний прирост дебита на одну обработанную скважину составляет более 9 т в сутки.

Рабочее акустическое поле представляет собой продольную ультразвуковую волну давления, стимулирующую в порах пласта нестационарные осциллирующие микротечения. При достаточной интенсивности ультразвукового излучения эти микротечения способствуют очистке зоны извлечения от загрязнений и засорений различного вида 1.

В работе 1 был предложен способ установления таких скважин с целью исключения их из сферы профилактических мероприятий по восстановлению дебита, а также контроля успешности обсуждаемого метода его повышения.

Для реализации такого контроля целесообразно использовать скважинный управляемый излучатель быстрых нейтронов 2, которые образуются в импульсно-периодическом режиме при взаимодействии ускоренного потока дейтронов с металлической мишенью, насыщенной тритием, где осуществляется ядерная реакция синтеза $T(d,n)^4He$. Мишень располагается на катодном электроде запаянной вакуумной ускорительной трубки 3. Изменение проницаемости коллектора анализировалось с помощью такого устройства методами нейтронного каротажа [4].

При замещении квазицементных образований в порах нефтяного коллектора, исследуемая среда начинает эффективно замедлять быстрые нейтроны, генерируемые излучателем. При этом возрастает их радиационный захват. В результате увеличивается потоков γ -квантов на детектор и скорость счета актов их регистрации, по росту которой можно судить об успешности

проведения АВ.

В работе представлены зависимости интегрального счета детектора γ -квантов от координаты, Сравнение полученных кривых говорит об увеличении в процессе АВ интегрального счета событий регистрации гамма-квантов, а, следовательно, и увеличению нефтенасыщенности, а также проницаемости пласта.

В другом эксперименте осуществлялась регистрация тепловых нейтронов, диффундирующих к гелиевому детектору, расположенным в скважинном приборе. Результаты этого эксперимента также говорят об эффективности проведенного АВ.

В третьем эксперименте был реализован способ определения состояния продуктивного пласта 1 импульсным нейтронным методом с закачкой в пласт нейтронопоглощающего вещества (NaCl, CdCl₂, GdCl₃ и т.д.). В процессе эксперимента осуществлялся анализ временного спектра тепловых нейтронов, образуемых в процессе замедления быстрых нейтронов, генерируемых излучателем в импульсном режиме, характеризуемого следующей зависимостью от времени потока тепловых нейтронов регистрируемых детектором. Полученные данные говорят о том, что после АВ декремент за 8 часов восстанавливается до исходного значения. Это свидетельствует о быстром уходе реагента из пласта, что означает его хорошую гидродинамическую связь со скважиной, определяющую эффективность применения метода АВ. Полученные данные свидетельствуют об эффективности предлагаемой методики нейтронного контроля успешности АВ. Для повышения контрастности измерений можно использовать раствор GdCl₃.

1. Бердоносова Н.В., Богданович Б.Ю., Ворончихин С.Ю., Ильинский А.В., Нестерович А.В., Сбродов В.И., Хасая Д.Р., Шиканов А.Е., Ши-канов Е.А. Способ определения состояния продуктивного пласта импульсным нейтронным методом. Патент РФ № 2517824. Зарегистрирован 03.04.2014 г.
2. Боголюбов Е.П., Рыжков В.И. Портативные генераторы нейтронов Всероссийского НИИ автоматики (ВНИИА) для физических исследований. Приборы и техника эксперимента, №2, 2004, с.160-163.
3. Бессарабский Ю.Г., Боголюбов Е.П., Курдюмов И.Г., Симагин Б.И., Шиканов А.Е. Скважинный излучатель нейтронов. Приборы и техника эксперимента, №5, 1994, с.206-207.
4. Мейер В.А., Ваганов П.А. Основы ядерной геофизики. Л.. Ленинградский университет, 1985, 408 с.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture"(Section 4)

223

ПОГЛОЩЕНИЕ ПЛУТОНИЯ БОБАМИ НА РАЗНОМ СРОКЕ ВЕГЕТАЦИИ

Authors: Alexey Shupik¹; Mariya Edomszkaya¹; Sergey Lukashenko¹; Stanislav Shapovalov¹

¹ *Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»*

Corresponding Authors: shupik949@gmail.com, ma.edomszkaya@yandex.ru, lukashenko.1962@mail.ru

Потребление элементов питания вместе с полютантами, включая радионуклиды, является сложным физиологическим процессом, который зависит от биологических особенностей растения и условий окружающей среды. Из биологических особенностей особый интерес представляет исследование поглощение элементов на разных циклах развития растений. Цель работы – дать оценку поглощению плутония бобами на разном сроке вегетации. Исследование проводили в условиях вегетационного опыта с использованием тест-культуры

бобы сорта Янтарные, выращенные на специально загрязненной дерново-подзолистой почвы. Подготовку почвы и проведение вегетационного опыта проводили стандартными методами агрохимии в проветриваемом вегетационном домике при постоянном мониторинге температуры и влажности воздуха.

Анализ содержания плутония в образцах надземной части тест-культуры бобы проводили альфа-спектрометрическим методом с предварительным радиохимическим выделением. Поглощение плутония растениями оценивали с использованием коэффициента накопления (Кн), рассчитываемого как отношение удельной активности плутония в сухой массе растений в Бк/кг к его удельной активности в сухой почве, Бк/кг.

Коэффициенты накопления плутония бобами сорта Янтарные в разные сроки вегетации представлены на рисунке.

Рисунок – Коэффициенты накопления плутония бобами сорта Янтарные на разном сроке вегетации

Результаты анализа свидетельствуют, что до фазы бутонизации характерно равномерное поглощение плутония со средним значением Кн 0,010. При переходе от общей фазы отрастания в фазу бутонизации значения Кн возрастает до 0,045 и далее, при переходе в фазу цветения, Кн снижается. Несмотря на чуть более высокое значение Кн в период образования бобов данное превышение статистически не значимо относительно всех фаз роста, кроме бутонизации. Среднее значение Кн всех фаз вегетации за исключением бутонизации оценивается в 0,012. Интенсивное поглощение плутония в период бутонизации согласуется с литературными данными по поглощению элементов растениями. В различные периоды роста растениям требуется разное минеральное питание – в начальные этапы роста растениям требуется небольшое количество питательных веществ, а при переходе к генеративному развитию и цветению потребность в питательных веществах увеличивается. Несмотря на то, что плутоний не является эссенциальным элементом его поглощение, вероятно, связано с общей тенденцией более интенсивного поглощения веществ растениями во время бутонизации.

Таким образом, наибольшее поглощение плутония бобами фиксируется в период бутонизации. В остальные периоды вегетации, несмотря на чуть более высокое значение Кн в период образования бобов, статистически значимых отличий не наблюдается.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

152

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВОЙ ЗАДАЧИ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСТИЦ С КУЛОНОВСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Author: Damir Aznabayev¹

Co-authors: Askhat Bekbaev²; V.I. Korobov³

¹ INP&BLTP

² INP

³ BLTP

Corresponding Authors: buski_dn@mail.ru, bekbaev-askhat@mail.ru

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, Дубна, Россия

Одной из простых и наиболее полно разработанных областей применения квантовой механики является теория атомов с одним или двумя электронами. Для водорода и водородоподобных ионов вычисления могут быть выполнены строго как в нерелятивистской волновой механике Шредингера, так и в релятивистской теории электрона Дирака. Точные вычисления являются

строгими для электрона в фиксированном кулоновском потенциале. Поэтому водородоподобный атом дает отличный материал для проверки справедливости квантовой механики. Для такого атома поправочные члены, учитывающие движение и структуру атомного ядра, а также квантовоэлектродинамические эффекты, малы и могут быть вычислены с большой точностью. Так как энергетические уровни водорода и водородоподобных атомов можно экспериментально исследовать с поразительной степенью точностью, то оказывается возможной и в какой-то степени точной проверки правильности квантовой электродинамики.

Одна из ключевых задач мюонного катализа — прецизионное исследование слабосвязанных состояний мюонных молекулярных ионов $dd\mu_{11}$ и $dt\mu_{11}$. Энергии этих слабосвязанных состояний определяют скорости резонансного образования мюонных молекул, и в конечном счете определяют ключевые параметры полного цикла мюонного катализа

Молекулярный ион водорода представляет собой простейшую стабильную молекулу, которая может быть изучена как теоретически, так и экспериментально с очень высокой точностью. В последние годы лазерная спектроскопия гетероядерных молекулярных ионов водорода HD^+ достигла впечатляющих успехов [1–3]. Это позволило получить ценную информацию о фундаментальных константах, таких как отношение масс протона к электрону, и установить новые ограничения на возможные проявления новых взаимодействий между адронами, на гипотетическую «пятую силу». H_2^+ трудно изучать экспериментально из-за отсутствия разрешенных электрических дипольных переходов, тем не менее, новые эксперименты, использующие спектроскопию квантовой логики (QLS), планируются в ближайшее время для решения этой проблемы [4]. Во всех случаях очень важно знать силу различных переходов, которые могут быть вызваны лазерным излучением. В наших предыдущих работах [5] исследовались квадрупольные и запрещенные E1-переходы. В настоящей работе мы провели расчеты переходов M1 для молекулярного иона водорода H_2^+ при малых и L в нерелятивистском приближении.

Получены данные о магнитных дипольных переходах в молекулярном ионе H_2^+ для широкого диапазона и L, квантовых чисел колебательного и полного орбитального момента. Расчеты выполнены в нерелятивистском приближении. Рассматриваются также эффекты спиновой структуры иона на M1 переходы [6]. Численные расчеты проводились на основе «экспоненциального» вариационного разложения.

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант, № BR21881941

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. Alighanbari, G.S. Giri, F.L. Constantin, V.I. Korobov, and S. Schiller, Precise test of quantum electrodynamics and determination of fundamental constants with HD^+ ions, *Nature* 581, 152 (2020).
2. S. Patra, M. Germann, J.-Ph. Karr, M. Haidar, L. Hilico, V. I. Korobov, F. M. J. Cozijn, K. S. E. Eikema, W. Ubachs, and J. C. J. Koelemeij, Proton-electron mass ratio from laser spectroscopy of HD^+ at the part-per-trillion level, *Science* 369, 1238 (2020).
3. I. Kortunov, S. Alighanbari, M.G. Hansen, G.S. Giri, S. Schiller, and V.I. Korobov, Proton-electron mass ratio by high-resolution optical spectroscopy of ion ensemble in the resolved-carrier regime. *Nature Phys.* 17, 569 (2021).
4. N. Schwegler, D. Holzapfel, M. Stadler, A. Mitjans, I. Sergachev, J.P. Home, and D. Kienzler, Trapping and ground-state cooling of H_2^+ . arXiv:2212.06456.
5. V.I. Korobov, P. Danev, D. Bakalov, and S. Schiller, Laser-stimulated electric quadrupole transitions in the molecular hydrogen ion H_2^+ . *Phys. Rev. A* 97, 032505 (2018).
6. D. T. Aznabayev, A. K. Bekbaev, and Vladimir I. Korobov, Magnetic dipole transitions in the H_2^+ ion *Phys. Rev. A* 108, 052827 (2023).

Section:

Nuclear physics (Section 1)

Author: Антон Исаев¹

Co-authors: Александр Шиканов²; Евгений Вовченко²; Константин Козловский²; Регина Плешакова²

¹ РТУ МИРЭА

² НИЯУ МИФИ

Corresponding Author: isaev@lenta.ru

В настоящее время в ядерно-геофизических исследованиях нефтегазовых коллекторов большое внимание уделяется прямому определению углерода и кислорода в пласте методами, использующими высокочастотные (частота срабатываний $f = 10-20$ кГц) нейтронные генераторы и многоканальные спектрометры гамма-излучения неупругого рассеяния и радиационного захвата (С/О-каротаж)

1. Такие методы имеют преимущество по сравнению с классическими импульсными нейтронными методами косвенной идентификации продуктивных флюидов по дефициту хлора, эффект которых зависит от степени минерализации пластовой воды. Однако, с точки зрения математической обработки и интерпретации данных С/О-каротажа, метод весьма сложен для освоения специалистами. В докладе предлагается проект аппаратно-методического комплекса (АМК) на базе скважинного генератора нейтронов (СГН) с запаянной ускорительной трубкой (УТ), с помощью которого можно успешно реализовать альтернативный метод прямого определения изотопа углерода ^{12}C в пласте путем использования эффекта активации в результате ядерной реакции $^{12}\text{C}(n,p)^{12}\text{B}$.

1. Боголюбов Е.П., Миллер В.В., Кадисов Е.М. и др. Ряд аппаратно-программных комплексов МАРКА для исследования разрезов нефтегазовых скважин спектрометрическими модификациями ГК, НГК, и ИНГК. Сб. материалов Международной конференции «Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе». М., ВНИИА им. Н.Л. Духова, 2004 г., с. 236–248.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

190

Параметры ядер при упругом фраунгоферовском и френелевском дифракционном рассеянии альфа-частиц

Author: Vyacheslav Dyachkov¹

¹ Faculty of Physics. Voronezh State University

Corresponding Author: lnirp206@gmail.com

В настоящее время широко изучаются кластерные модели для описания структуры легких, средних и экзотических ядер [1-4]. Такие модели позволяют объяснить неравномерное распределение плотности ядерной материи, которая может проявляться в виде аномально больших радиусов, что подтверждается наличием гало [5] экзотических ядер или «рыхлости» ядра, с точки зрения динамического образования нуклонных ассоциаций внутри ядра. В работах [6-9] авторами представлены методы экспериментального обнаружения мультикластерной структуры, в частности, разложение угловых распределений дифференциальных сечений упругого дифракционного рассеяния на мультикластерные компоненты. А в работах [10, 11] изучение структуры $10\text{-B}, 11\text{-B}$.

Как правило, извлечение радиусов в основном или в возбужденных состояниях ядер в дифракционных моделях извлекается из свободных параметров, значения которых описывают осцилляции дифракционных процессов фраунгоферовского типа. Френелевская дифракция наблюдается при выполнении условий $kR \gg 1$ и $n \gg 1$, что накладывает ряд ограничений на исследуемые

ядра и нижний предел энергии налетающих частиц. Для наблюдения ядерной дифракции френелевского типа, помимо того, что длина волны налетающей частицы должна быть меньше радиуса ядра, параметр Зоммерфельда должен быть как можно больше 1. При этих условиях будет наблюдаться проявление френелевской ядерной дифракции, то есть интерференция между ядерным рассеянием и рассеянием в кулоновском поле. Дифракционные процессы фраунгоферовского типа наблюдаются при выполнении других условий $kR \gg 1$ и $n \sim 1$. Для экспериментального изучения ядер в дифракционном упругом рассеянии заряженных частиц применялся теоретический подход параметризованного фазового анализа (ПФА), в рамках дифракционной теории, в форме разложения по парциальным волнам, которая в свою очередь является строгим математическим формализмом относительно упругого рассеяния. Выражение для амплитуды упругого рассеяния разложения по парциальным волнам в S-матричном представлении имеет вид

$$A(\theta) = \frac{1}{2ik} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) S_l e^{2i\sigma_l} P_l(\cos(\theta)),$$

где S-матрица задана в [12], остальные обозначения общеприняты. S-матрица задана таким образом, что ее свободные параметры чувствительны к дифракционному рассеянию, как на самом ядре, так и на его подструктурах.

В данной работе были проанализированы литературные экспериментальные данные упругого рассеяния альфа-частиц на средних и тяжелых ядрах в таком энергетическом диапазоне налетающих частиц, в котором могут наблюдаться одновременно два дифракционных процесса – фраунгоферовская и френелевская дифракции. В результате по значениям пяти свободных параметров S-матрицы вычислены радиусы и размытость края исследуемых ядер, которые хорошо согласуются с литературными значениями, полученными другими методами.

1. Zhusupov M A, Kabataeva R S, Kopenbaeva A S 2020 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 84(10) 1382-1385.
2. Kasparov A A et al. 2019 Phys. of elem. part. & atom. nucl. 50(5) 708-712.
3. Penionzhkevich Yu E 2019 Nuclear physics 82(3) 208-217.
4. Penionzhkevich Yu E and Kalpakchieva R G 2016 JINR 383.
5. Ogloblin A A 1991 Proc. Intern. Conf. on Nuclei, Foros. Singapore: World Sci. 36
6. Gridnev K.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V. 2014 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 78(7) 640.
7. Gridnev K.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V. 2015 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 79(7) 856.
8. Dyachkov V V, Zaripova Yu A, Yushkov A V, Zholdybayev T K and Kerimkulov Zh K 2017 Bull. Russ. Acad. Sci. Physics. 81(10) 1174.
9. Zaripova Yu A, Dyachkov V V, Yushkov A V, Zholdybayev T K and Gridnev D K 2018 Int. J. of Mod. Phys. E. 27(2) 18500171 –185001716.
10. Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S. et al. 2024 Universe 10 51.
11. Dyachkov V.V., Zaripova Yu.A., Karakozov B.K., et al. Acta Physica Polonica B 2021 14(4) 811-819.
12. Гончар В.Ю. 1969 ЯФ. Т.9, вып. 5. 987-996.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

293

Процессы спаривания нуклонов в модели эффективного двухадронного среднего поля

Authors: Fedor Pen'kov¹; Pavel Krassovitskiy¹

¹ Institute of nuclear physics, Almaty, Kazakhstan

Corresponding Author: pavel.kras76@gmail.com

Рассмотрена задача спаривания нуклонов на основе известных данных s-волнового двухнуклонного взаимодействия эффективного радиуса и длины рассеяния. Взаимодействие нуклонов в ядре аппроксимировалось усреднённым осцилляторным взаимодействием. Полученные данные усреднялись для изотопов и изотонов.

Indico rendering error

Could not include image: Cannot read image data. Maybe not an image file?

На рисунке приведено сравнение рассчитанных и экспериментальных значений для одного из возможных наборов ядер. Видно хорошее согласование, расчёт и эксперимент показывает одинаковую динамику.

Полученная модель может быть расширена для описания более сложных случаев, например, более сложных потенциалов. На основе полученной модели могут быть рассчитаны более тонкие эффекты.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

267

РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ, ИНДУЦИРОВАННЫЕ БЫСТРЫМИ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ В АКТУАЛЬНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРАХ

Author: Vladimir Pankratov¹

¹ Institute of Solid State Physics, University of Latvia

Corresponding Author: vpank@latnet.lv

Сцинтилляция - это свечение, вызванное ионизирующим излучением в прозрачных диэлектрических средах. В настоящее время сцинтилляционные детекторы играют незаменимую роль в физике высоких энергий, спектрометрии низкоэнергетических γ -квантов, приложениях в медицинской визуализации, системах безопасности, космических приложениях, скважинном и грязевом каротаже. В этих случаях сцинтилляционные кристаллы естественным образом подвергаются радиационному воздействию. Поэтому предсказуемая функциональность их параметров под действием ионизирующего излучения и в радиационной среде является обязательной. С физической точки зрения проблема заключается в изучении механизмов ухудшения оптической прозрачности материала и выхода люминесценции.

Радиационные дефекты в наборе соответствующих нелегированных и допированных монокристаллов (Gd₃(Ga,Al)₅O₁₂ (GAGG), Y₃Al₅O₁₂ (YAG), Tb₃Ga₅O₁₂ (TGG), Gd₃Ga₅O₁₂ (GGG) и (LY)₂SiO₅ (LYSO) были получены путем облучения ионами Xe с энергией 156 МэВ до флюенсов $6.6 \cdot 10^{10} \text{ - } 2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ на ускорителе тяжелых ионов DC-60 (Астана, Казахстан). Такое облучение способно создавать радиационные дефекты, аналогичные тем, которые генерируются нейтронами, т.е. является хорошей альтернативой нейтронному облучению, которое требует значительно большего времени для релаксации образцов после нейтронной обработки. Поэтому предполагается, что облучение быстрыми тяжелыми ионами создает стабильные радиационные дефекты в решетке сцинтилляторов. Облученные кристаллы были исследованы методами оптической и люминесцентной спектроскопии, включая вакуумную ультрафиолетовую (VUV) спектроскопию

возбуждения под синхротронным излучением. Для этих целей активно использовались две экспериментальные установки. Первая из них — фотолюминесцентная оконечная станция (Finestlumi) 1, установленная на канале FinEstBeAMS [2,3] накопительного кольца 1,5 ГэВ синхротронной установки MAX IV (Лунд, Швеция). Другая — новая конечная станция Superlumi [4], которая недавно была установлена на накопительном кольце PETRA III синхротронного центра DESY (Гамбург, Германия). Обе экспериментальные установки обеспечивают ряд экспериментальных преимуществ, позволяющих получить новое понимание радиационных повреждений в актуальных сцинтиляционных кристаллах.

1 V. Pankratov, R. Pärna, M. Kirm et al., *Radio Measur.* 121 (2019) 91

2 R. Pärna, R. Sankari, E. Kukk et al., *Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. A* 859 (2017) 83

3 K. Chernenko, A. Kivimäki, R. Pärna et al., *J. Synchrotron Rad.* 28 (2021) 1620

[4] V. Pankratov and A. Kotlov, *Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. B* 474 (2020) 35

Vladimir Pankratov, Zhakup T. Karipbaev and Gulnara M. Aralbayeva were supported by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19680626)

Section:

Energy and materials science (Section 2)

14

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НА ЛЕДНИКАХ ТЯНЬ-ШАНЯ

Author: ALEXEY MIROSHNIKOV¹

¹ *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS (IGEM RAS)*

Corresponding Author: alexey-miroshnikov@yandex.ru

Криоконит – специфический органо-минеральный осадок, присутствующий на всех ледниках планеты в зоне абляции. Он скапливается в виде мелких тёмных гранул в углублениях различных форм и размеров при активном участии талых вод. Загрязнители, как правило, поступают на ледники вследствие эолового переноса. Так формируются криоконитовые лунки, являющиеся эффективными сорбционно-морфологическими ловушками для антропогенных и природных радионуклидов. В последние десятилетия опубликованы исследования, посвященные радиоактивности криоконита в различных ледниковых районах: Альпы, Кавказ, Шпицберген, Новая Земля, Северная Земля, Гренландия, Канада, Швеция, Норвегия, Полярный Урал, Анды и Антарктика. Результаты этих работ демонстрируют способность криоконита накапливать экстремально высокие уровни радиоактивности, измеряемые десятками тысяч Бк/кг, что позволяет рассматривать его в качестве идеальной матрицы при проведении радиоэкологических исследований, в том числе при идентификации источников антропогенного радиоактивного загрязнения. Летом 2023 года мы начали изучение радиоактивности криоконита на леднике Туяксу и это исследование является первым не только на Тянь-Шане, но и для всего региона Центральной Азии. Измерение активности в 15-ти пробах показало присутствие в антропогенных (¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu), а также природных (²³⁵U, ²³⁸U, ²³⁴Th, ²²⁶Ra, ²¹⁴Pb, ²¹⁰Pb, ²³²Th, ²²⁸Ra, ²²⁸Th, ²²⁴Ra, ²¹²Bi, ²⁰⁸Tl, ⁴⁰K, ⁷Be) радионуклидов. Установлены уровни удельной активности до 2000 Бк/кг для ¹³⁷Cs и около 35 Бк/кг для ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ²⁴¹Am. С целью идентификации потенциальных источников обнаруженной радиоактивности были построены графики отношений активностей радионуклидов, сделано сравнение ²³⁹⁺²⁴⁰Pu/¹³⁷Cs отношения с данными по ледникам Европейских Альп, Кавказа и Шпицбергена, рассчитаны парные коэффициенты корреляции между радиоактивными и стабильными изотопами. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что накопленные криоконитом радионуклиды плутония (²³⁹⁺²⁴⁰Pu) и америция (²⁴¹Am) поступили на поверхность ледника в результате стратосферных глобальных выпадений радиоактивности. Радионуклиды природного происхождения, присутствующие в криоконитовых лунках, являются литогенными и своим происхождением обязаны окружающим ледник горным породам в основном гранитоидной формации. Радиоактивность ¹³⁷Cs, достигающая

2000 Бк/кг, обусловлена, по-видимому, также глобальными выпадениями, но на данной стадии исследований уверенно исключать возможное влияние Семипалатинского испытательного полигона пока не следует. Для этого требуется продолжение работ, как на леднике Туюксу, так и на других ледниках Тянь-Шаня. Изучение геохимических особенностей криоконита на основе анализа концентраций 50-ти элементов, среди которых были выявлены наиболее информативные, показало, что горнодобывающие и перерабатывающие предприятия Казахстана и Кыргызстана оказывают существенное влияние на экологическое состояние гляциальных экосистем.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

306

РАДИОМЕТР-КОМПАРАТОР АЛЬФА-БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЙ РК-01 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЭТАЛОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Author: Анастасия Буйвидович¹

Co-authors: Александр Повод¹; Алексей Толкачев¹; Веста Семерикова¹; Дамиан Комар¹; Дмитрий Горшков¹; Ольга Нахайчук¹

¹ НПУП «АТОМТЕХ»

Одной из важнейших задач в области законодательной метрологии является аттестация и поверка источников ионизирующего излучения, определение их характеристик и параметров. Предприятием «АТОМТЕХ» разработан радиометр-компаратор РК-01 для хранения и передачи единицы активности и потока частиц альфа-, бета-излучения средствам измерений и источникам ионизирующих излучений. Компаратор может использоваться в качестве самостоятельного устройства либо в качестве радиометра для определения характеристик эталонных источников ионизирующих излучений 1.

Компаратор предназначен для эксплуатации в лабораторных условиях метрологическими службами предприятий и организаций и обеспечивает измерения:

а) альфа-активности в диапазоне измерений 1–108 Бк и внешнее альфа-излучение в диапазоне 1–108 с-1 для источников с площадью активной поверхности: 1П9–1 см², 2П9–4 см², 3П9–10 см², 4П9–40 см², 5П9–100 см², 6П9–160 см² (источники альфа излучения с радионуклидом плутоний-239);

б) бета-активности в диапазоне измерений 1–108 Бк и внешнее бета-излучение в диапазоне 1–108 с-1 для источников с площадью активной поверхности: 1С9–1 см², 2С9–4 см², 3С9–10 см², 4С9–40 см², 5С9–100 см², 6С9–160 см² (источники бета излучения с радионуклидом ⁹⁰Sr+⁹⁰Y).

В качестве детектирующего устройства в компараторе используются два блока детектирования: БДБ-РК-01 на основе сцинтилляционной пластмассы (бета-излучение), БДА-РК-01 на основе ZnS(Ag) (альфа-излучение). Компаратор является стационарным оборудованием. Он состоит из двух корпусов, расположенных на основаниях. Внутри корпуса находятся: блок детектирования и устройство размещения образцов. Оба корпуса имеют одинаковую конструкцию. Отличие состоит лишь в том, что корпус с БДБ-РК-01 имеет свинцовую защиту. Несущей конструкцией корпуса является основание, которое выполнено из алюминиевого конструкционного профиля. Для уменьшения статистической загрузки блока детектирования при измерении источников с высокой активностью используются специальные фильтры. Конструкция фильтра была разработана с помощью Монте-Карло моделирования для источника ⁹⁰Sr+⁹⁰Y поскольку он обладает наибольшей граничной энергией бета-излучения из набора 2. Фильтр представляет собой пластину из латуни толщиной 0,5 мм с равномерно распределенными по всей площади сквозными отверстиями диаметром 0,5 мм. Материал фильтра выбран исходя из условий небольшой толщины и относительного невысокого атомного номера для минимизации тормозного рентгеновского излучения. Совокупность отверстий является входным окном детектора и позволяет регистрировать мягкое бета-излучение от источника с учетом неравномерности его поверхностной активности. Для источников с меньшей энергией фильтр работает по

тому же принципу и позволяет избежать полного поглощения бета-частиц благодаря наличию отверстий.

К данному прибору так же разработано программное обеспечение «CompanION». С помощью программы «CompanION» компаратор осуществляет:

- ☒ сбор данных, поступающих от компаратора РК-01;
- ☒ сохранение результатов измерений в базе данных для последующего анализа;
- ☒ отображение накопления информации в альфа и бета каналах (спектры);
- ☒ создание детализированных отчетов, содержащих информацию о проведенных измерениях;
- ☒ управление режимами работы компаратора РК-01.

Радиометр-компаратор альфа-бета-излучений РК-01 может использоваться как для проверки эталонных источников, так и для проверки контрольных источников, используемых в составе радиометрических устройств.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

33

РАДИОТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА С БИНАРНОЙ СИСТЕМОЙ CdS/ZnS

Author: Islam Mustafayev^{None}

Co-authors: Egana Hajiyeva ; Sevinj Melikova

Corresponding Author: sevinc.m@rambler.ru

Изучение процессов радиационного модифицирования полимерных материалов представляет интерес для электронной, кабельной и электромеханической промышленности. К этим свойствам относятся как радиационная и тепловая стойкость, низкие диэлектрические потери. Воздействие радиации не всегда приводит к ухудшению свойств полимерных материалов.

Одним из важных являются вопросы радиационного модифицирования композитных материалов на основе полимеров, диспергированных различными наполнителями. С помощью наполнителей различного рода получены композиционные полимерные материалы со стабильными диэлектрическими параметрами и влажостойкостью при СВЧ полях до 1010 Гц . Не менее важной является задача прогнозирования степени радиационного изменения структуры и свойств полимеров.

В этих целях широко применяется метод радиотермолюминесценции (РТЛ). По кривым высвечивания РТЛ и по положению β -максимума (начало температур расстеклования) в наполненных полимерах судят о степени воздействия электронов- и γ -облучения на структуру полимера. В данной работе рассматриваются спектры РТЛ ПЭВП и композитов ПЭВП+CdS/ZnS при 5% и 10% содержаниях наполнителя CdS/ZnS. Видно, что для исходного ПЭВП наблюдается несколько максимумов при температурах 127, 159, 185 и 208К. Максимумы, наблюдаемые при температуре 127 и 159К характеризуют гамма релаксацию полиэтилена, которые образуются при повышении подвижности компонентов боковых крыльев основной цепи матрицы с повышением температуры в начальной стадии. При дальнейшем нагреве обнаруживаются ещё два максимума при температуре 185 и 208К. А эти максимумы соответствуют характерным β -релаксационным пикам расстеклования основной цепи полимерной матрицы, т. е. ПЭВП.

Некоторые изменения наблюдаются и в спектрах РТЛ композитов ПЭВП+CdS/ZnS. Так с увеличением содержания наполнителя CdS/ZnS в объеме, максимум соответствующий γ -релаксации полимерной матрицы смещается в стороны высоких температур приблизительно на 6К для композитов с 5% объемным содержанием и 9К для композитов с 10 % объемным содержанием CdS/ZnS. Такое изменение может быть связано, как за счет количества наполнителя, так и за счет воздействия гамма радиации при возбуждении. Известно, что с повышением содержания наполнителя и воздействием гамма облучения в композиты происходит понижение подвижности молекулярных единиц матрицы за счет адгезии с поверхностью частиц CdS/ZnS и радиационной сшивки цепей матрицы, что и приводит к смещению максимумов в сторону высоких температур.

Важной особенностью является высокотемпературная часть кривых РТЛ, где наблюдаются пики при температурах ~225–231К, ~275–279К и ~334–336 К. Видно, что интенсивность свечения

возрастает с увеличением содержания CdS/ZnS в ПЭВП. Относительно точное определение расположения максимумов β -релаксационных процессов для композитов ПЭВП+CdS/ZnS представляет большую трудность. Это связано смещением максимума β -релаксации с максимумом первого пика радиотермолюминесценции который появляется при температуре 226К для композита 5% наполнителем, а 231К для композита 10% наполнителем CdS/ZnS. Сравнением РТЛ спектров полимера и композитов ПЭВП+CdS/ZnS на его основе показано появление трех максимумов при температуре 226, 279 и 336К для композита 5% наполнителем и 231, 275 и 334К для композита 10% наполнителем CdS/ZnS. В данное время природа этих пиков точно не установлена. Высокотемпературный пик при ~335К для композитов ПЭВП+CdS/ZnS считаем, что связано с процессами, происходящими в межфазном слое полимерной матрицы с наполнителем. Высокотемпературный пик при ~335К для композитов ПЭВП+CdS/ZnS, считаем, что связано с центрами захвата находящейся в межфазном слое полимерной матрицы с наполнителем. Так во время гамма облучения для возбуждения радиотермолюминесценции созданные вторичные электроны захватываются этими центрами и при нагреве образца освобождаясь из этих ловушек испускают фотон т.е. люминесцируют. Анализ полученных спектров РТЛ композитов ПЭВП+CdS/ZnS, позволяют сказать, что максимумы, находящиеся при интервале температур 230–335К, соответствуют свечению наполнителя. Максимум, соответствующий температуре 226-231К является результатом свечения при расстекловании полимерной матрицы β -релаксации, а максимумы, воспроизводимые при температуре 275-279 и 334-336К являются результатом происходящих электронно-ионных процессов в межфазном слое полимерной матрицы с наполнителем после возбуждения γ -облучением.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

133

РАЗВИТИЕ НЕЙТРОННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ВВР-К

Author: Kuanysh Nazarov¹

Co-authors: Bagdaulet Mukhametuly²; Baitugulov Ruslan¹; Bekbayev Askhat¹; Dana Kulikbayeva³; MURAT KENESSARIN⁴; Nurulin Rasim¹

¹ Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² JINR, INP KZ

³ Institute of nuclear physics

⁴ INP KZ

Corresponding Authors: muratkenessarinn@gmail.com, knazarov@jinr.ru, kulikbayev@mail.ru, bagdaulet_m@mail.ru

Реактор ВВР-К (ИЯФ МЭ РК) является водо-водяным реактором бассейного типа, который был введен в эксплуатацию в 1967 году. Реактор имеет 10 горизонтальных каналов для проведения нейтронных исследований в области конденсированных сред и ядерной физики. В данном докладе будет представлен обзор текущего состояния комплекса спектрометров на выведенных пучках нейтронов на реакторе ВВР-К, который в настоящее время включает в себя 3 установки: АРМАН – установка нейтронной рефлектометрии с вертикальной геометрией образца, ТИТАН – установка нейтронной радиографии и томографии для исследования внутренней структуры образца, АГАВА – установка нейтронной радиографии для радиоактивных материалов. В данное время ведутся работы по созданию новой установки для метода нейтронной порошковой дифракции. Также будут рассмотрены важнейшие методические результаты развития комплекса спектрометров в последние годы и планы дальнейшей модернизации установок.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА УЧАСТКАХ, ПЛАНИРУЕМЫХ К ПЕРЕДАЧЕ В НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ

Authors: Irina Bachurina^{None}; Valeriy Monaenko^{None}

Corresponding Authors: monaenko@nnc.kz, bachurina.nnc@gmail.com

В условиях современной экологической обстановки оценка и управление земельными ресурсами становятся приоритетными задачами для обеспечения экологической безопасности. Территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) требуют инновационных решений для эффективного управления сверхнормативно-загрязненными участками и условно чистыми. Web-приложения, базирующиеся на геопространственных технологиях, могут обеспечить доступ к обширной информации о земельных ресурсах СИП, повышая экологическую безопасность и общественную информированность, и способствуя устойчивому управлению территорией в перспективе.

Разрабатываемое web-приложение предназначено для сбора, анализа и визуализации данных о загрязнении радионуклидами и тяжелыми металлами, динамике изменения концентраций во времени и пространстве, оценке качества воды, зонировании территории и других аспектах радиоэкологического состояния. Основой приложения будут картографические материалы, позволяющие пользователям взаимодействовать с данными в зависимости от их местоположения. Для разработки такого приложения существенную роль играет использование картографического сервиса, который обеспечивает доступ к картам через интернет. Для улучшения производительности и быстродействия web-приложения будет использоваться кэширование картографических данных, что позволит ускорить обработку запросов пользователей и повысить эффективность работы приложения.

Среди всех программных продуктов для разработки web-приложения были выбраны следующие, наиболее подходящие для выполнения поставленных задач: ArcGIS Online, ArcGIS Experience Builder, ArcGIS Enterprise SDK.

Из рассмотренных вариантов выбор пал на последний, как на оптимальное решение. Этот выбор обоснован наличием локального контроля и повышенной безопасности, что имеет первостепенное значение для обработки чувствительных экологических данных. По сравнению с ArcGIS Online и ArcGIS Experience Builder, где выявлены ограничения в гибкости визуализации и пользовательского интерфейса, SDK отличается возможностью высокоуровневой настройки этих аспектов. Это крайне важно при создании web-приложения для радиоэкологических данных, где точность представления и комфорт пользовательского взаимодействия играют ключевую роль. Кроме того, ArcGIS Enterprise SDK обеспечивает необходимую интеграцию с базой данных, где хранятся результаты радиоэкологических исследований, обеспечивая тем самым достоверность и доступность данных. Поддержка различных языков программирования делают SDK наилучшим выбором для адаптации под разнообразные сценарии использования в устойчивом управлении территорией. Наконец, широкая документация и поддержка сообщества разработчиков обеспечивают надежность в процессе разработки и последующей эксплуатации приложения. Таким образом, выбор ArcGIS Enterprise SDK является обоснованным шагом для успешной реализации проекта управления территорией бывшего СИП.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ ОФЭКТ

Authors: Александр Бодров¹; Александр Мадумаров¹; Алексей Жемчугов¹; Владислав Рожков¹; Господин Божиков¹; Илья Чупраков¹; Николай Аксёнов¹

¹ *Joint institute for nuclear research*

Corresponding Author: chuprakov@jinr.ru

Доклад содержит описание системы ОФЭКТ на базе детектора Timepix с кодирующим коллиматором, разработанной в ЛЯП ОИЯИ. Использование в качестве регистрирующего устройства полупроводникового матричного детектора на основе CdTe и микросхемы считывания Timepix позволяет проводить исследования с использованием многофотонных радиофармпрепаратов с высоким энергетическим и субмиллиметровым пространственным разрешением на лабораторных животных 1. Для изучения основных характеристик данной системы использовались калибровочные фантомы и традиционный для таких исследований радионуклид ^{99m}Tc, который получали, используя генератор ⁹⁹Mo/^{99m}Tc. Для наработки ⁹⁹Mo использовали фотоядерный метод 2. Радионуклид ⁹⁹Mo получали в реакции ¹⁰⁰Mo(γ, n)⁹⁹Mo путём облучения мишени из обогащённого ¹⁰⁰Mo массой 654 мг энергией 23 МэВ при токе 10 мкА непрерывно в течение 6 дней на ускорителе электронов МТ-25 в ЛЯР ОИЯИ. Для получения изотопного генератора ⁹⁹Mo/^{99m}Tc мы использовали методику 3, которую оптимизировали для нашего эксперимента. Выход полученного радионуклида для данной конфигурации мишени составил 583 Бк/мкА·мг·ч. Полученный раствор с активностью 100 МБк использовали для заполнения фантомов. В результате были оценены основные характеристики системы ОФЭКТ, а также продемонстрированы возможности 2D и 3D изображений, полученных на калибровочных фантомах.

Литература

1. V. Rozhkov, A. Zhemchugov—Visualization of radiotracers for SPECT imaging using a Timepix detector with a coded aperture // Journal of Instrumentation, 15, 2020.
2. А.В. Сабельников, О.Д. Маслов, Л.Г. Молоканова, М.В. Густова, С.Н. Дмитриев. Радиохимия, 2006, 48(2), 172-175с.
3. Михеев Н.Б. и др. Генератор технеция-99м. –Радиохимия, 13. 1971 –631-633с.

Section:

4th International Conference “Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture”(Section 4)

91

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕАКТОРА ВВР-К И КРИТИЧЕСКОГО СТЕНДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР «SOLIDWORKS»

Author: Kirill Kisselyov¹

Co-authors: Abilda Beisebayev¹; Asset Shaimerdenov¹; Assyl Akhanov¹; Pavel Silnyagin¹; Shamil Gizatulin¹

¹ *The Institute of Nuclear Physics*

Corresponding Authors: abeisebayev@inp.kz, p.silnyagin@inp.kz, sgizatulin@inp.kz, ashaimerdenov@inp.kz, satory2-86@mail.ru, aakhanov@inp.kz

В настоящее время для решения конструкторских задач широко применяются системы автоматизированного проектирования (САПР). Одним из наиболее распространенных САПР является программный комплекс (ПК) «SolidWorks». Он обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения, а также позволяет создавать чертежи по заданной модели. SolidWorks поддерживает чертежные стандарты GOST, ANSI, ISO, DIN, JIS, GB и BSI.

Согласно требованиям технического регламента «Ядерная и радиационная безопасность исследовательских ядерных установок» все экспериментальные устройства, которые загружаются в активную зону ядерного реактора, должны иметь утвержденную в установленном порядке техническую документацию. В Институте ядерной физики при разработке экспериментальных устройств для реактора ВВР-К и критического стенда применяется ПК «SolidWorks 2021».

В данной работе описаны конструкции экспериментальных устройств и условия, которые

они формируют, разработанные с помощью ПК “SolidWorks 2021” для проведения внутриреакторных испытаний материалов и компонентов ядерных реакторов. В частности, приводится описание экспериментальных устройств, предназначенных для исследования радиационной стойкости кабелей с минеральной изоляцией и для исследования элемента бериллиевого отражателя нового типа.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

113

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ НА ОСНОВЕ ТРОЙНОГО ЗОНДА

Author: Assel Kaiyrbekova¹

Co-authors: Gainiya Zhanbolatova²; Игорь Соколов³; Тимур Туленбергенов³; Арман Миниязов³

¹ Разработка системы диагностики плазмы на основе тройного зонда

² Institute of Atomic Energy of National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan

³ Филиал “Институт атомной энергии” РГП НЯЦ РК

Corresponding Authors: miniyazov@nnc.kz, sokolov@nnc.kz, tulenbergenov@nnc.kz, krbkvssl@mail.ru, kaiyrdy@nnc.kz

С самого начала исследований термоядерного синтеза зонд Ленгмюра играет важную роль в измерении плотности и температуры плазмы. Он позволяет получать своевременные данные о параметрах плазмы из различной области измерений. Наиболее часто в установках используются одиночные и двойные зонды [1, 2]. Основной особенностью при использовании одиночных и двойных зондов является необходимость подачи развертки напряжения на зонд для получения соответствующей вольт-амперной характеристики (ВАХ). Хотя одиночный и двойной зонды предназначены для изучения плазмы, существует и другой вид зонда Ленгмюра. В настоящее время активно используется один из типов многоэлектродного зонда – тройной зонд Ленгмюра. Преимущество использования тройных электрических зондов на линейных плазменных установках, зачастую заключается в том, что нет необходимости построения ВАХ как в обычных одиночных и двойных зондах. Тройной зонд обеспечивает одновременные измерения температуры и концентрации электронов с возможностью пересчета параметров зондовой цепи в локальные параметры плазмы через простые соотношения. Кроме того, тройные зонды относительно просты в настройке и эксплуатации. В связи с этим авторами данной работы предложена конструкция тройного зонда, предназначенная для плазменно-пучковой установки (ППУ)3. На рисунке 1 показана схема измерительного участка тройного зонда.

Indico rendering error

Could not include image: [500] Error fetching image

Рис.1. Схема измерительного участка тройного электростатического зонда
Тройной зонд представляет собой три идентичных измерительных электрода из вольфрама определенной длины в изоляторах. Материал зонда выбран с учетом механической прочности, температуры плавления, шероховатости поверхности и электрической проводимости. Также, произведен подбор измерительного оборудования и реализована электрическая схема включения подходящая для ППУ. Получены первые результаты экспериментов по определению параметров плазмы методом тройного зонда.
Данная работа выполнена в рамках грантовых средств Министерства науки и высшего образования

Республики Казахстан № AP13068552 «Создание комплексной системы диагностики и контроля плазмы на основе бесконтактных и контактных методов измерения».

Список использованной литературы

1 Габдрахманов А.Т., Галиакбаров А.Т. «Измерение скорости движущейся дуги одиночным зондом» - учебно-методическое пособие / -Набережные Челны: НЧИ (Ф) КФУ, 2018. -24 с.

2 Hwang K. T., Oh S. J., Choi I. J., Chung C. W. Measurement of electron temperature and ion density using the self-bias effect in plasmas // Phys. Plasmas. 2010. V. 17. 063501.

3 Патент РК № 2080. Имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой / Колодешников А.А., Зуев В.А., Гановичев Д.А., Туленберген Т.Р. [и др.]; заявитель и патентообладатель РГП НЯЦ РК.-№ 2016/0108.2; заявл. 29.02.2016; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 5.-3 с.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

90

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{137}Cs ПО ФРАКЦИЯМ ПОЧВ «ДАЛЬНИХ» ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ ВЫПАДЕНИЙ

Authors: Karina Shavrina¹; Mariya Edomsкая¹; Nikita Bratuhin^{None}; Sergey Lukashenko¹

¹ *Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»*

Corresponding Authors: lukashenko.1962@mail.ru, ma.edomsкая@yandex.ru, bratukhinno@mail.ru, shavrina2000@gmail.com

Актуальность исследования определяется необходимостью пополнить знания о распределении РН для оценки вклада почвенного покрова в загрязнение воздушного бассейна при ветровом подъёме пыли и прогнозировать локальное вторичное перераспределение радионуклидов за счёт горизонтальной миграции вследствие ветровой эрозии.

Целью работы являлось проведение анализа содержания изотопов $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{137}Cs и выявление тенденции их распределения по фракциям почв территории Калужской области.

Для разделения проб на фракции были последовательно использованы методы "мокрого" рассева на ситах и пипеточный метод с седиментационным осаждением частиц. Определение содержания ^{137}Cs проводилось гамма-спектрометрическим методом. Определение $^{239+240}\text{Pu}$ проводили альфа-спектрометрическим методом с предварительным радиохимическим выделением.

Установлено, что в почве фоновых территориях Калужской области удельная активность $^{239+240}\text{Pu}$ составляет 0,31 Бк/кг, что не превышает уровень глобальных выпадений в 0,7 Бк/кг. Для территории Калужской области, подверженной чернобыльским выпадениям, валовое содержание плутония находится на уровне глобальных выпадений и составляет 0,5 Бк/кг.

Валовое содержание ^{137}Cs составляет 390 Бк/кг, что значительно выше глобальных выпадений.

В рамках исследования рассчитаны коэффициенты обогащения (K_o) $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{137}Cs фракций почв территорий Калужской области, как соотношение удельной активности РН во фракции почвы к удельной активности того же РН в исходной пробе.

Для фоновых территорий начиная с фракции 100-60 мкм (K_o - 1,11) и меньше 60 мкм (K_o - 1,26) наблюдается плавное увеличение значений коэффициентов обогащения плутонием.

Такое распределение наиболее характерно для глобальных выпадений

Для территории Калужской области, подверженной чернобыльским выпадениям, максимальная удельная активность для ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ наблюдается для фракции (<2 мкм) и составляет соответственно 5180,00 Бк/кг и 8,5 Бк/кг. Значения K_o $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{137}Cs для территорий Калужской области, подвергшихся Чернобыльским выпадениям по фракциям почв представлены на рисунке 1.

Таким образом, для исследуемых территорий наблюдается общая тенденция к повышению содержания радионуклидов в тонких фракциях. Для «дальних» чернобыльских выпадений наблюдается резкое повышение концентраций РН во фракции от 38 мкм и меньше. Полученные значения коэффициентов обогащения могут быть использованы для более детальной оценки радиоэкологического состояния рассматриваемых территорий, более точной оценки дозовых нагрузок вследствие ингаляционного поступления радионуклидов, а также в выявлении возможных дополнительных источников поступления.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

239

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО АГРЕГАТНЫМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВОДОТОКОВ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ШТОЛЬНЯХ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Author: А.М. Кабдыракова¹

Co-authors: А.Е. Кундузбаева²; А.Т. Меньдубаев²; Э.Г. Батырбеков¹; С.Н. Лукашенко³; В.А. Витюк¹; Н.В. Ларионова²; С.К. Кабдрахманова⁴

¹ РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан

² филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Обнинск, Российская Федерация

⁴ Satbayev University, Алматы, Казахстан

Corresponding Author: kabdyrakova@nnc.kz

На площадке «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона (СИП) были проведены подземные ядерные испытания в штольнях – горизонтальных горных выработках. Основное радиоактивное загрязнение окружающей среды на площадке сосредоточено в районе штолен с водотоками, где до настоящего времени продолжается вынос радионуклидов из полостей взрыва на дневную поверхность. Настоящие исследования были направлены на выявление характера и механизмов формирования радиоактивного загрязнения почв в зоне водотоков из штолен.

Для исследования распределения радионуклидов ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr и ²³⁹⁺²⁴⁰Pu по почвенным макро- и микроагрегатным фракциям в русле водотока (на урезе воды), а также в затопляемых прибрежных зонах производился отбор проб верхнего слоя почвы на глубину от 5 до 20 см в зависимости от высоты берега. Отобранные пробы были разделены на агрегатные фракции с последовательным использованием двух методов: ситового просеивания с промывкой водой («мокрое просеивание») и седиментации. Ситовым методом были выделены фракции размером агрегатов от 40 до 1000 мкм, седиментационным методом – <40 мкм (до <1 мкм). В почве и ее фракциях была определена удельная активность радионуклидов: ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am – прямым гамма-спектрометрическим измерением, ⁹⁰Sr – как прямым бета-спектрометрическим измерением, так и с предварительной радиохимической подготовкой, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – альфа-спектрометрическим методом с предварительной радиохимической подготовкой. Результаты показали, что в почвах зон штольневых водотоков преимущественное накопление исследуемых радионуклидов происходит в тонкодисперсных фракциях (<1 мкм). Наряду с этим отмечается высокое обогащение трансурановыми радионуклидами фракции размером 40–63 мкм. Крупнодисперсные фракции размером более 250 мкм заметно обеднены радионуклидами. Такой характер распределения радионуклидов отражает преобладающий механизм загрязнения исследуемых почв – сорбция/соосаждение радионуклидов из водной среды, при которых одним из основных факторов, оказывающих влияние на течение данных процессов, является площадь поверхности соприкосновения. Наряду с этим, на формирование характера распределения радионуклидов по агрегатным фракциям почвы оказывает воздействие наличие в почве примесных веществ таких, как полуразложившиеся растительные остатки («органическая» фракция). Показано, что в исследуемых почвах происходит существенное накопление радионуклидов в «органической» фракции (до 30 раз больше, чем «минеральной» фракции). При этом, концентрация радионуклидов в «органической» фракции постоянна, что приводит к эффекту нивелирования различий распределения радионуклидов по фракциям (график распределения сглаживается).

Результаты исследований также свидетельствуют о том, что ответственным за формирование характера пространственного распределения ^{137}Cs в зоне водотока является процесс переноса твердого стока. Однако, перенос твердых частиц, вероятно, не играет преимущественную роль в пространственном распределении ^{241}Am вдоль водотока, так как существенное его накопление происходит в «органической» составляющей почвы. Таким образом, полученные результаты позволяют улучшить понимание и представление о причинах и механизмах миграции и перераспределения радионуклидов в почвах, находящихся в длительном (десятилетиями) контакте с радиоактивно загрязненной водой.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

158

РЕЗУЛЬТАТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ А10 БЫВШЕГО ПОЛИГОНА «АЗГИР» В 2023 ГОДУ

Author: М.А. Севериненко¹

Co-authors: Diana Akhmetzhanova²; В.А. Макарова¹; В.Н. Сляднева¹; Е.Ж. Болатбек¹; Ж.К. Саналбай¹; О.С. Мильц¹; П.В. Харкин¹

¹ РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК, г.Алматы, Республика Казахстан

² Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan

Corresponding Author: akhmetzhanooova@mail.ru

Полигон Азгир представляет собой 10 технологических площадок, где с 1966 по 1979 гг. были проведены 17 подземных ядерных взрывов с целью создания подземных хранилищ многоцелевого назначения. Для контроля радиационно-экологической обстановки с 2001 года РГП на ПХВ «Институт ядерной физики» МЭ РК проводит комплексный радиоэкологический мониторинг на полигоне и прилегающих территориях. На современном этапе мониторинга, при проведении регулярного оперативного дозиметрического контроля технологических площадок А-2, А-3, А-5, А-10 фиксируются надфоновые уровни МЭД-гамма-излучения, а также слегка превышающая фоновые значения удельная активность Cs-137 в пробах почвы.

Для получения сведений о современной радиоэкологической ситуации на технологических площадках полигона, в 2023 году начался новый этап дополнительных исследований. В 2023 году была обследована технологическая площадка А-10 на которой, по архивным данным, проводились технологических операций различного назначения, которые привели к локальным загрязнениям грунта на участках вокруг технологических скважин.

Обследование площадки А-10 проводилось поэтапно, включая: пешеходную съемку МЭД гамма-излучения в режиме поиска радиационных аномалий; отбор проб почв по сети и в точках с повышенным радиационным фоном послойно; лабораторный анализ отобранных проб почвы с определением удельной активности техногенных и естественных радионуклидов; идентификация радиационных аномалий и разработка реабилитационных мероприятий.

Уровень МЭД гамма-излучения на площадке А-10 варьируется в пределах от 0,07 до 0,9 мкЗв/ч, среднее значение составило 0,22 мкЗв/ч при региональном фоне 0,1-0,2 мкЗв/ч. По результатам анализа результатов измерения МЭД гамма-излучения и анализа результатов прошлых лет, были оконтурены участки, на которых МЭД гамма-излучения по совместному расположению точек измерения, составлял уровень выше фонового ($\geq 0,5$ мкЗв/ч). На оконтуренной территории по сети с шагом 5x5 м, 10x10 м было отобрано 350 проб почвы, в том числе послойные на глубину 0-5, 5-10, 10-30 см в 30 точках.

Удельная активность Cs-137 в поверхностном слое почвы варьируется в интервале 3,32-2000 Бк/кг, при допустимом 10000 Бк/кг; в послойных пробах 492-8087 Бк/кг в верхнем слое (0-5см), 489-4989 Бк/кг в среднем слое (5-10 см), 457-676 Бк/кг в нижнем слое (10-30 см). Удельная активность Sr-90 : 3,1-28,3 Бк/кг в верхнем слое, 7,6-48,1 Бк/кг в среднем слое, 5,9-39 Бк/кг в нижнем слое; Pu-239+240 : 0,1-2,5 Бк/кг в верхнем слое, 0,1-8,8 Бк/кг в среднем слое, 0,1-1,7 Бк/кг в нижнем слое.

Проведена инвентаризация радиационных аномалий по удельной активности Cs-137 выше значения 1000 Бк/кг. Всего получено 39 точек (участков). Предварительная площадь надфоновой радиационной аномалии составляет около 9,75 кв.м.

В настоящее время проводятся консультации по выбору наиболее оптимального метода рекультивации территории и нормализации радиационной обстановки на технологической площадке.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

120

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ С УЧАСТИЕМ КИСЛОРОДА

Authors: Avaz Rafikov¹; Sherzod Maxmudov²

¹ *Researcher*

² *Senior researcher*

Corresponding Authors: makhmudov@inp.uz, rafikov@inp.uz

Ш.А.Махмудов¹, М.А.Жалелов², Н.Ж. Одилова³, М.Ф. Жураева¹

¹Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан,

²Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза, Нукус, Узбекистан,

³Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан.

Известно, что кислород в монокристаллическом кремнии является основной фоновой примесью, определяющей поведение термодоноров, термостабильность времени жизни носителей заряда, образование микродефектов. Эффективность формирования микродефектов определяется диаметром и массой выращенного кристалла, скоростью его охлаждения и концентрацией кислорода в кремнии. Уменьшение содержания микродефектов можно достичь, регулируя режим выращивания и понижая концентрацию кислорода в кристалле дополнительной термообработкой. Таким образом в процессе роста кристалла по мере его охлаждения на поверхность монокристалла и фронта кристаллизации стекают различные дефекты типа вакансии, собственные и примесные атомы внедрения, ассоциаты атомов примеси друг с другом и точечными дефектами. Но при высокой скорости охлаждения эти дефекты остаются в объеме кристалла и являются причиной образования неоднородностей в монокристалле. В данной работе приводятся экспериментальные результаты исследований структурных неоднородностей, образованных в монокристаллическом кремнии с участием кислорода.

Объектом исследования являлся монокристаллический кремний р-типа марки КДБ-20, выращенный методом Чохральского; характеристики: удельное сопротивление $\rho \approx 18,7 \Omega \cdot \text{см}$, концентрация примеси дырок $\approx 10^{14} \text{ см}^{-3}$, подвижность дырок $367 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, концентрация кислорода $\approx 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Из слитков монокристалла кремния вырезали образцы в виде параллелепипеда с размерами $10 \times 10 \times 1 \text{ мм}^3$, большая плоскость ориентирована перпендикулярно кристаллографической с-оси. Поверхность перед измерениями шлифовали карборундовым порошком М10. Структурные характеристики и фазовый состав определяли на рентгеновском дифрактометре Empyrean-Malvern в геометрии пучка Брэгга –Брентано в диапазоне $2\theta = \text{от } 15^\circ \text{ до } 120^\circ$ непрерывно со скоростью сканирования $0,33 \text{ градуса/мин}$ и угловым шагом $0,0200 \text{ (град)}$ по программе OriginPro2019. Обнаружено диффузное отражение в интервале углов по 2θ от 12° до 53° , обусловленное аморфными нанофазами. Поскольку поверхность пластин кремния соответствует кристаллографической ориентации (100), на рентгенограмме присутствуют селективные интенсивные рефлексы: (200) с $d/n = 0,2717 \text{ (} 2\theta = 32,97^\circ \text{)}$, (400) $0,1357 \text{ (} 69,23^\circ \text{)}$. Большая интенсивность ($1,82 \times 10^5 \text{ имп/сек}$) и узкая ширина ($\text{FWHM} = 2,73 \times 10^{-3} \text{ рад}$) дифракционного отражения (400) свидетельствуют о совершенстве кристаллической решетки кремния марки КДБ-20, поэтому этот рефлекс (400) использовали для определения параметра решетки образцов кремния $a_s = 0,54292 \text{ нм}$. Бета (β) составляющая (400) при угле рассеяния $2\theta = 61,75^\circ$. Однако присутствие на рентгенограмме структурных линий другими индексами (111), (220), (311), (331) и (531) с малой интенсивностью и сравнительно большой шириной по сравнению с (400)Si, указывает на наличие поликристаллических участков в приповерхностном объеме пластин кремния. По законам погасания, эти рефлексы

не должны появляться на рентгенограмме от неискаженной решетки алмазоподобной структуры кремния. Запрещенные (200) и дополнительные (111), (220), (311), (331) и (531) отражения появляются при наличии искажений в решетке матрицы, вызванные термоупругими напряжениями, возникающие в технологических процессах при получения образцов и напряжений, связанные с неоднородным распределением один из основных фоновых примесей – кислорода в решетке кремния. Характерные размеры субкристаллитов кремния, определялись из ширины рефлекса (400)Si по формуле Селякова-Шеррера и составили 94 нм.

В интервале углов по 2θ от 12° до 53° на рентгенограмме наблюдается широкое ($\text{FWHM} = 0,348$ рад) диффузное отражение, обусловленное структурными фрагментами SiO_x в приповерхностных слоях с ненасыщенными химическими связями. Известно, что в монокристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского, кислород может находиться не только в межузельном положении в виде квазимолекул Si-O-Si, но и в виде различных преципитатов SiO_x, которые образуются в процессе выращивания слитка. Так, литературных данных было показано, что в некоторых выращенных кристаллах содержание кислорода в различных преципитатах может достигать 20 % от общей концентрации кислорода.

Таким образом, исследованные монокристаллические кремния имеют совершенную структуру с параметрами решетки 0,54292 нм и субкристаллитами размерами 94 нм. В монокристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского в областях примесно-дефектных скоплениях, происходит образования низкоразмерных дефектных состояний с участием кислорода.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

122

Радиационные технологии для пищевой продукции: требования к регламенту обработки, методы идентификации факта облучения, регулирование оборота облученной продукции

Authors: Александр Павлов^{None}; Ибрагим Меджидов^{None}; Николай Глушченко^{None}; Ольга Есаулова^{None}

Corresponding Author: natsan2004@mail.ru

Основой применения радиационных технологий (РТ) является нормативное регулирование. В последние годы развивается система межгосударственных стандартов, определяющих требования к различным аспектам применения РТ – от дозиметрии процесса облучения до идентификации облученной продукции. Следующим шагом является создание технологических регламентов по конкретным этапам радиационной обработки для того, чтобы помочь операторам облучательных установок улучшить свою практику, а также предоставить информацию для органов регулирования, производителей и потребителей.

Технологический регламент разрабатывается для конкретной радиационно-технической установки и включает требования к оборудованию, управлению производственным процессом, контролю эффективности процесса облучения, характеристикам облученной продукции и др. Технологическая схема процесса облучения – это блок-схема последовательности выполнения операций, включая основной технологический процесс и вспомогательные работы. Требования к управлению технологическим процессом облучения включают: описание процесса в соответствии с технологической схемой производства; обеспечение воспроизводимости процесса и безопасности работ; обеспечение параметров процесса облучения, включая дозиметрические системы; методы контроля на всех стадиях работы РТУ; перечень процедур на каждой стадии процесса облучения и оценке его эффективности. Основным документом, включающим условия и параметры обработки является Протокол (ГОСТ 8.664-2019).

Необходимость контроля и регулирования оборота облученной продукции в последние годы становится особенно актуальной из-за роста применения РТ в мире, а также в связи с поступлением на рынок немаркированной облученной продукции. Основную опасность представляет как нарушение режимов обработки, так и риск повторного облучения, что может привести к ухудшению качества продукции. Актуальной задачей является разработка методов идентификации и контроля облученной продукции.

Самостоятельную проблему представляет необходимость создания системы гарантии качества и безопасности облученной продукции на протяжении всех процессов производства и обращения. В рамках Таможенного союза отсутствуют инструменты выявления облученной продукции.

Развитие рынка РТ невозможно межгосударственного регулирования, которое должно обеспечить мониторинг оборота облученной продукции.

В Российской Федерации реализуется проект создания Программно-аппаратного комплекса «Единая информационно-управляющая система гарантии качества, безопасности, прослеживаемости и сертификации продукции, обработанной ионизирующим излучением». ПАК «ЕИУС» будет интегрирован с технологическим оборудованием центров обработки продукции и состоять из следующих модулей: Модуль «Управления технологическими режимами облучения»; Модуль «Прослеживаемость облученной продукции». ПАК позволяет решить комплекс задач: осуществлять подбор технологического регламента и режима облучения; определять граничные условия для обработки; при импорте идентифицировать страну, производителя, поставщика и Центр радиационной обработки; осуществлять сертификацию партий продукции, прошедших радиационную обработку; выполнять валидацию оборудования и аккредитацию Центра радиационной обработки; осуществлять контроль за продукцией, прошедшей обработку на протяжении всего ее жизненного цикла от Центра облучения или производителя до потребителя. ПАК позволит на одной площадке решить задачи бизнеса и регулирующих органов, что будет способствовать развитию отрасли ядерных технологий и решению задач обеспечения продовольственной безопасности.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

137

Радиоэкологические исследования во ВНИИРАЭ: основные результаты и перспективы

Authors: Karina Shavrina¹; Mariya Edomsкая¹; Nikita Bratuhin¹; Андрей Михайлов^{None}; Сергей Лукашенко²

¹ Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»

² НИЦ "Курчатовский институт" - ВНИИРАЭ

Corresponding Authors: mikhajlovav@oiate.ru, shavrina2000@gmail.com, lukashenko.1962@mail.ru, ma.edomsкая@yandex.ru

В последние годы фокус радиоэкологических исследований во ВНИИРАЭ сместился с исследований таких широко исследуемых изотопов как ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr на изотопы плутония и тритий. Поведение плутония в окружающей среде является наименее изученным по сравнению с другими дозообразующими изотопами. Тритий – один из основных радионуклидов, присутствующих в выбросах атомных станций в течение штатной работы и определяющих коллективную дозу облучения населения.

В результате выполненных работ по исследованию плутония в окружающей среде на территории Российской Федерации и его миграционных способностей:

- выявлена существенная зависимость коэффициентов перехода плутония в растительность от влажности почвы;
- выявлена внутривидовая вариативность коэффициентов накопления плутония, достигающая 2-х порядков величины;
- определен уровень глобальных выпадений плутония на территории СНГ;
- выявлен факт существенного влияния растений на формы нахождения плутония в почве;
- выявлен факт высокого содержания плутония в ингалируемых фракциях почвы зон дальних Чернобыльских выпадений и т.д.

Проведенный комплекс работ по исследованию содержания и распределения трития на естественных объектах и при проведении вегетационных экспериментов в лабораторных условиях позволили сделать следующие выводы:

- доля воды, поглощенной растениями аэралью может достигать 80%;
- распределение трития по вегетативным органам растений существенно неоднородно и зависит от пути поступления трития – аэральное или корневое;
- при корневом поступлении концентрация трития свободной воды в растениях никогда не достигает его концентрации в базовом источнике (почвенном растворе).

Полученные результаты позволили разработать рекомендации для выявления основного пути поступления трития в экосистемы, используя в качестве индикатора соотношение трития свободной воды в листьях и стеблях растений.

Исследование проведено за счет гранта РНФ N23-24-00165.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

11

Распределение трития в объектах окружающей среды в местах проведения подземных ядерных испытаний на территории Семипалатинского испытательного полигона

Author: Lyubov Timonova¹

Co-author: Natalya Larionova¹

¹ Branch ‘Institute of Radiation Safety and Ecology’ of RSE ‘National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan’, Kurchatov, Kazakhstan

Corresponding Authors: timonova@nnc.kz, larionova@nnc.kz

Одной из проблем радиационного контроля атомной электростанции (АЭС) является контроль радиоактивного изотопа водорода трития (3H). Большая часть 3H, наработанного на АЭС удаляется с жидкими стоками и газовыми выбросами. По своим ядерно-физическим характеристикам 3H является одним из наименее опасных изотопов. Однако, несмотря на малую энергию распада, 3H представляет радиационную опасность при вдыхании и поглощении с пищей. При этом, как показывают предварительные оценки, с развитием атомной энергетики образование и высвобождение 3H в последующие десятилетия могут значительно увеличиться. Вопрос о миграции 3H в окружающей среде заслуживает особого внимания. Масштабы распространения тритиевого загрязнения природных экосистем, расположенных в зоне влияния радиационно-опасных объектов и предприятий атомной отрасли, могут значительно недооцениваться. Поэтому важно не только правильно оценить уровень содержания 3H, но и учесть все возможные механизмы его распределения с целью выполнения корректной прогнозной оценки его распространения. Исследования по содержанию и распределению 3H в объектах окружающей среды проводились на территории Семипалатинского испытательного полигона. Для изучения распределения 3H использовались территории бывших испытательных площадок «Сары-Узень» и «Балапан», которые ранее применялись для проведения подземных ядерных взрывов в скважинах. Территория данных площадок в ходе испытаний подверглась существенному радиоактивному загрязнению, в том числе и радионуклидом 3H, сосредоточенному близ оголовков испытательных скважин. В местах расположения этих скважин закладывались исследовательские площадки, на которых проводился сопряженный отбор проб почвы, воды, воздуха и растений для последующего определения концентрации 3H. В результате получены качественные и количественные данные по содержанию и распределению 3H по элементам природной среды в системе «почва-вода-воздух-растение», а также изучены формы его нахождения.

В ходе исследовательских работ, проведенных на территории площадки «Сары-Узень» установлено, что значения удельной активности 3H в поверхностной воде испытательных скважин составляют от <6 до 52 300 Бк/кг, в подземной воде, отобранной с пробуренных гидрогеологических скважин, от <6 до 30 000 Бк/кг. В воздушной среде объемная активность 3H выявлена в двух формах, в виде тритированной воды до 10 Бк/м³ и в виде газообразных соединений до 6 Бк/м³. В свободной воде растений удельная активность 3H составила от 5 до 1 200 000 Бк/кг, в органической составляющей растений – от 8 до 320 000 Бк/кг. В почве, на исследованных участках, также установлено, что 3H находится в нескольких формах. Значения удельной активности 3H в свободных формах составили от 4 до 21 700 Бк/кг, в связанных формах значения достигают до 68 580 Бк/кг.

Исследования, проведенные на площадке «Балапан» показали, что удельная активность 3H в подземной воде, отобранной с пробуренных гидрогеологических скважин, варьируется от <6 до 290 500 Бк/кг. В воздушной среде объемная активность 3H в виде тритированной воды не зафиксирована, 3H в виде газообразных соединений составил 1,7 Бк/м³. В свободной воде

растений удельная активность ^{3}H выявлена от 3 до 44 000 Бк/кг, в органической составляющей растений – от 54 до 3 300 Бк/кг. Содержание свободных форм ^{3}H в почве на данной площадке зафиксировано до 115 Бк/кг, связанных форм до 2 350 Бк/кг.

В процессе проведения данных исследований установлено, что ^{3}H в объектах окружающей среды находится в нескольких формах и он с легкостью может распределяться по элементам природной среды.

Полученные результаты могут быть применены на территории зоны влияния предприятий атомной промышленности и для организации радиационного мониторинга.

132

СИМУЛЯЦИЯ УСТАНОВКИ НЕЙТРОННОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ НА РЕАКТОРЕ ВВР-К С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ VITNESS

Author: Dana Kulikbayeva¹

Co-authors: Bagdaulet Mukhametuly²; Kuanysh Nazarov¹

¹ *Institute of nuclear physics*

² *JINR, INP KZ*

Corresponding Authors: bagdaulet_m@mail.ru, kulikbayev@mail.ru

В данном докладе будет сообщаться о принципиальной схеме, концепции установки нейтронной рефлектометрии, а также о результатах по развитию методов нейтронной рефлектометрии, дифрактометрии и радиографии.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

262

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ, ОТЛАДКИ, ТЕСТИРОВАНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ КАРТ НАКАМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ДЕТЕКТОРА ТРС/MPD ПРОЕКТА NICA

Authors: Denis Potapov¹; Stepan Vereshchagin¹

¹ *JINR*

Corresponding Author: dpotapov@jinr.ru

В рамках научной программы ОИЯИ по исследованиям в области физики высоких энергий ведется работа над проектом создания ускорительного комплекса NICA (Nuclotron based Ion Collider fAcility). Для изучения физических процессов, происходящих при столкновении тяжелых ионов, разработан многоцелевой детектор (Multi-Purpose Detector, MPD), который будет размещен в одной из точек взаимодействия коллайдера NICA. В качестве трекового детектора для экспериментальной установки MPD выбрана Время-проекционная камера (Time-Projection Chamber, TPC), предназначенная для трехмерного трекинга и идентификации частиц. TPC содержит 95232 канала регистрации, включает в себя 1488 карт камерной электроники (Front-End Card, FEC) и другие модули, сгруппированные в 24 подсистемы сбора данных (Data Acquisition System, DAQ). Одним из таких модулей является разрабатываемое устройство, предназначенное для обеспечения синхронности работы камерной электроники и дополнительного

канала доступа для цифровой части подсистемы сбора данных. В данном устройстве предусмотрены два функциональных узла, которые будут реализованы на одной печатной плате. Первый функциональный узел разработан для обеспечения удаленного доступа к микросхемам ПЛИС (Программируемая Интегральная Логическая Схема) элементов подсистемы DAQ, установленных на регистрирующей камере. Разработка данного функционального узла основывается на ранее созданном и протестированном прототипе. Основой элементной базы данной части устройства является микросхема SCANSTA112 на базе интерфейса JTAG (Joint Test Action Group), в функциональном плане представляющая собой коммутатор интерфейса на 7 выходных портов. В схеме устройства используется 11 микросхем, соединённых иерархически, таким образом, что один из выходов каждой вышестоящей микросхемы соединён с входом нижестоящей микросхемы. Такая схема обеспечивает наличие необходимого количества портов JTAG для подключения к 62 картам FEC и контроллеру-концентратору данных, а также запасные порты. Для улучшения качества передачи сигналов JTAG при увеличенной длине линий и увеличенной частоте работы интерфейса были созданы и испытаны конверторы логических уровней LVCMOS-LVDS-LVCMOS (Low Voltage Complementary Metal Oxide Semiconductor, Low Voltage Differential Signaling).

Второй функциональный узел предназначен для синхронизации работы карт FEC на регистрирующей камере и выполняет задачу размножения (fanout buffer) пяти внешних синхросигналов, включая сигнал сброса, триггера данных и три типа опорных тактовых частот. Для этой цели используются специализированные fanout микросхемы, работающие в физическом стандарте LVDS. Разработка данного функционального узла основывается на ранее созданном и протестированном прототипе, выполняющего функцию размножения опорной тактовой частоты трансиверов ПЛИС 62 карт FEC. Для передачи синхросигналов на карты FEC применяются специально разработанные кабельные сборки на основе высокочастотных разъемов и микрокоаксиальных кабелей. Перед началом разработки устройства были проведены комплексные испытания прототипов функциональных узлов. Полученные результаты испытаний были учтены при проектировании принципиальной схемы устройства. Размер и конфигурация печатной платы устройства, а также ее будущее положение были определены наличием свободного пространства в месте установки элементов подсистемы DAQ. Создание полнофункционального образца устройства и начало его испытаний намечено на вторую половину 2024 г.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

299

СНИЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ.

Author: Павел Тимошенко¹

Co-authors: Валерия Тимошенко²; Виктор Матонин¹; Дамиан Комар³; Дмитрий Шлимас⁴

¹ ТОО "ЭКОЭКСПЕРТ"

² КарУ им. Е.А.Букетова

³ НПУП «АТОМТЕХ»

⁴ ЕНУ им. Л.Н. Гумилева

Corresponding Author: timoshenko@ecoexpert.kz

Для некоторых промышленных объектов, находящихся далеко за пределами городской инфраструктуры, а также удаленных не больших поселений возникает проблема с пригодной питьевой водой. При наличии подземных пластовых вод в таких районах, оптимальным решением является подача воды со скважины. Помимо возможных загрязнений скважинная вода довольно часто имеет повышенную альфа, бата-активность, являющуюся наиболее опасным видом радиоактивности при попадании внутрь организма. Наличие в воде природной радиоактивности обуславливается содержанием 238U или его дочерних радионуклидов. Для проведения первичных лабораторных испытаний были выбраны несколько удаленных поселков, которые используют источники подземной воды. При этом уровень радиоактивности этой воды превышает санитарные

нормы. При проведении очистки воды от радиоактивности использовались два типа фильтрования: с применением активированного угля и с использованием ионообменной смолы. В первом случае происходит первичная фильтрация от части опасного излучения и от дочерних продуктов распада ^{222}Rn , во втором случае происходит очистка воды от альфа и бета-излучение до фоновых значений качественной питьевой воды. Оба фильтрующих элемента вбирают в себя тяжелые металлы и радионуклиды, происходит накопление опасных веществ на фильтрах. В следствии этих процессов возникает следующая проблема высокой радиоактивности от использованных долгое время фильтрующих элементов. При высокой радиоактивности от использованных фильтров утилизация их на обычных полигонах для бытовых отходов запрещена. Для предотвращения накопления опасных радионуклидов в фильтрующих элементах и для периодической их прочистки в этой статье приведена оригинальная схема фильтрования скважинной воды.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

179

СОЗДАНИЕ УСТАНОВОК ПО ПРОЕКТУ ПРИМЕНЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ ВОДЫ, ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Author: Леонид Цой¹

¹ ООО "Бета-технолоии"

Corresponding Author: bmed000@gmail.com

Технология Бета-конверсии. Стерилизация продуктов питания, медицинских изделий или обеззараживание воды для питья электронно-лучевым методом – это современное эффективное решение нетермической и нехимической обработки. Электронным облучением обрабатываются также, например, пленки полимеров для так называемой «сшивки» и создания новых связей для значительного упрочения пленок полипропилена, поливинилхлорида, и прочих. То есть, применение ускорителей электронов призвано обеспечить многие отрасли промышленности эффективной и безопасной обработкой.

Section:

4th International Conference "Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture" (Section 4)

57

СОРБЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ КОБАЛЬТ-57 И ЦЕЗИЙ-137 НА ГЕЛЕОБРАЗНОМ СОРБЕНТЕ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ И ФЕРРОЦИАНИДОВ ЖЕЛЕЗА-НИКЕЛЯ

Authors: Serik Egamediev¹; Д.А. Нурбаева¹; Д.И. Сотволдиев¹; С.С. Хужаев¹

¹ Institute of Nuclear Physics AS RUz

Corresponding Author: egamedievs@mail.ru

Для одновременного выделения радионуклидов цезия-137, кобальт-57 и кобальт-60 наиболее перспективными сорбентами могут оказаться ферроцианидные сорбенты. Чистые ферроцианиды переходных металлов в большинстве своем являются микрокристаллическими и тонкодисперсными веществами, непосредственное их использование в процессах выделения радионуклидов в качестве сорбентов невозможно. Поэтому с целью улучшения характеристик ферроцианидных сорбентов их получают в виде композиций с использованием в качестве матриц различных материалов (анионообменные смолы, цеолиты, глины, целлюлоза, углеродные и полимерные волокна).

Целью настоящей работы было исследование сорбции радионуклидов Co-57 и Cs-137 на композиционном сорбенте на основе силиката кальция и ферроцианидов железа-никеля. Изучение сорбции радионуклидов ^{57}Co и ^{137}Cs проводили из реальной воды из бака № 5Б объекта СО-РО. Активность воды по радионуклиду цезий-137 составляла $A_{\text{Cs-137}} = 3818$ Бк/л, по радионуклиду кобальт-57 – $A_{\text{Co-57}} = 70000$ Бк/л. В качестве солей никеля и железа использовали сульфат никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Для осаждения ферроцианидов никеля и железа использовали желтую кровяную соль $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Для получения силиката кальция использовали 2 моль/л CaCl_2 и жидкое стекло. Для подщелачивания растворов использовали раствор 0,1 М гидроксида натрия. Все реактивы имели марку чд. Измерение радиоактивности проводили на четырехканальном анализаторе NP-424 L (Венгрия). Измерение проводили по радионуклиду Co-57. Также пробы воды анализировали методом гамма-спектрометрии на спектрометре «Canberra» с полупроводниковым детектором HPGe GC1518. На первой стадии синтезировали ферроцианидную суспензию Fe-Ni-ЖКС. Для приготовления суспензии взяли 50 мг сульфата железа; 50 мг сульфата никеля; 150 мг ЖКС. Взяли 50 мл дистиллированной воды. Первоначально растворили 50 мг сульфата железа (+3) при нагревании на электроплите. Затем после охлаждения в полученном растворе растворили 50 мг сульфата никеля. После этого в полученный раствор ввели 150 мг ЖКС. При этом раствор суспензии окрасился в цвет морской волны. Затем в 500 мл дистиллированной воды добавили 2 мл 1 моль/л CaCl_2 . После этого в полученный раствор ввели ферроцианидную суспензию Fe-Ni-ЖКС. Цвет ферроцианида стал ярко-синего цвета. Затем добавили 2 мл силикатного клея (жидкое стекло). Начали образоваться частицы, которые осели в течение 30 мин. Водная фаза была слегка голубого оттенка. В результате на дне стакана выпал гелеобразный осадок сине-голубого цвета. pH водной фазы над слоем геля составлял 8. Водную фазу слили и получили сорбционную суспензию объемом 200 мл. Полученный сорбент ФцFe-Ni /CaSiO₃ представлял собой гель силиката кальция, содержащий равномерно распределенный осадок ферроцианидов железа-никеля.

Полученные результаты

Изучение адсорбции радионуклида ^{57}Co от времени контакта показало, что сорбционное равновесие достигается в течение 24 часов. Следует отметить, что количественная адсорбция радионуклида ^{57}Co уже достигается в течение первого часа. При этом степень адсорбции радионуклида ^{57}Co достигает 97,3%.

Изучение влияние pH раствора на сорбцию радионуклидов ^{57}Co и ^{137}Cs показало, что значение pH раствора, при котором проводят сорбцию существенно влияет на извлечение радионуклидов. Так при pH водной фазы 5-6 сорбция радионуклида ^{57}Co составляет 98%, при этом коэффициент очистки водной фазы достигает 48-54. Наиболее оптимальным является проведение сорбции радионуклидов ^{57}Co и ^{137}Cs на гелеобразном сорбенте ФцFe-Ni /CaSiO₃ при pH = 7-8.

Таким образом, разработан способ получения композиционного сорбента ФцFeNi/CaSiO₃ на основе геля силиката кальция, содержащий равномерно распределенный осадок ферроцианидов железа-никеля. Показано, что гелеобразный сорбент ФцFe-Ni/CaSiO₃ количественно сорбирует радионуклиды ^{57}Co и ^{137}Cs из жидких радиоактивных отходов циклотрона при pH водной фазы 7-8. Степень адсорбции радионуклидов ^{57}Co и ^{137}Cs составляет 99,5 %.

Таблица 1 – Влияние pH водной фазы на коэффициент очистки радионуклидов ^{57}Co и ^{137}Cs реальной воды бака 5Б объекта СОРО

№ опыта pH водной фазы Коэффициент очистки, Коч

Co-57 Cs-137

1 5 48 >103

2 6 54 >103

3 7 273 >103

4 8 437 >103

СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРОВ С ДЕТЕКТОРАМИ NaI(Tl) БОЛЬШОГО ОБЪЕМА В УСЛОВИЯХ РЕЗКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР

Author: Ольга Нахайчук¹

Co-authors: Алексей Толкачев¹; Вадим Сериков¹

¹ АТОМТЕХ SPE

Corresponding Author: tolkachev@atomtex.com

Нахайчук О.А., Сериков В.А., Толкачев А.Н.

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь, info@atomtex.com

При разработке, изготовлении и использовании гамма-спектрометрической аппаратуры на основе сцинтилляционных кристаллов NaI(Tl) необходимо учитывать зависимость световых выхода от температуры. Особенно это важно для носимых (мобильных) спектрометров гамма-излучения классов –RID, SPRD, BRD, комплексов радиационного сканирования, работающих в широком диапазоне температур от минус 20 °С до плюс 50 °С. В докладе представлен способ температурной стабилизации NaI(Tl) детекторов большого объема в условиях резкого изменения температур. Температурная зависимость для используемого детектора предварительно определяется в виде коэффициентов полинома 4 –6 степени. Стабилизация энергетической шкалы гамма-спектрометра обеспечивается автоматической корректировкой кода усиления с учетом температурной зависимости. Данный способ эффективно используется для гамма-спектрометров с NaI(Tl) кристаллами небольшого объема ~ 200 см³. Сцинтилляционному NaI(Tl) кристаллу большого объема необходимо 3 –4 часа чтобы достигнуть температурного равновесия с окружающей средой, в отличие от расположенного в непосредственной близости от него температурного датчика, которому требуется на это не более часа. Таким образом для детекторов с кристаллами большого объема от 2000 см³ при резких изменениях температур описанный выше способ стабилизации работает некорректно.

При проведении радиационного мониторинга местности (сканировании почв, гранитных пород и др.) с использованием гамма-спектрометров с детектором объемом 2000 см³ происходит накопление набранных спектров за 5 –20 с, при этом интегральная скорость счета импульсов зависит от изотопного состава объекта контроля и геометрии измерения и составляет не менее 1500 имп/с. В предложенном способе стабилизации энергетической шкалы набираемые спектры автоматически обрабатываются и определяются положения центров пиков полного поглощения естественных радионуклидов K-40 (1461 кэВ) и Th-232 (2614 кэВ). Если их положение не соответствует градуировке, то корректируется коэффициент усиления. На рис.1 представлено сравнение двух способов стабилизации энергетической шкалы гамма-спектрометра при резком изменении температур. В ходе проверки способа стабилизации энергетической шкалы спектрометра в условиях резкого уменьшения температуры окружающего воздуха установлено, что относительное изменение положения центра пика с энергией 1461 кэВ радионуклида K-40 находилось в пределах $\pm 0,5\%$. При способе стабилизации на основе температурной зависимости относительное изменение положения центра пика лежит пределах $\pm 3,0\%$. Предложенный способ стабилизации энергетической шкалы гамма-спектрометров позволяет обеспечить стабильность в течение длительного времени работы при резких изменениях температур, значительно превосходящую стабильность, достигаемую на основе температурной зависимости. (Рис.1)

Рис.1. Положения центра пика полного поглощения 1461 кэВ (радионуклид K-40) от времени при резком изменении температур (24 °С –0 °С –24 °С), где 1 –стабилизация на основе температурной зависимости; 2 –стабилизация предложенным способом.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

103

СРАВНИТЬ ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ КАНАЛОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВВР-СМ НА ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА**Author:** Temurbek Fayziyev¹¹ *Uzbekistan***Corresponding Author:** temurfayziyev@outlook.com

Реакторы типа ВВР-СМ являются среднеэнергетическими водо-водяными реакторами, которые имеют важное значение для современных научных исследований и промышленных приложений. Эти реакторы отличаются высоким уровнем безопасности, эффективности и стабильности. Управляющие и защитные системы (УЗС) играют важную роль в обеспечении стабильной работы реактора и повышении уровня безопасности. Изучение влияния изменения конфигурации УЗС на термогидравлические параметры активной зоны реактора важно для обеспечения безопасности и эффективности реактора. УЗС предназначены для управления нейтронным потоком реактора и безопасной остановки его в аварийных ситуациях. Эти системы состоят из управляющих стержней и защитных каналов, изготовленных из материалов с высокой способностью поглощения нейтронов. В данной работе анализируются и сравниваются термогидравлические характеристики двух топливных элементов одинакового размера, но разной геометрической формы с использованием компьютерных программ. На основе результатов анализа оцениваются преимущества и недостатки каждого из топливных элементов. Изменение конфигурации УЗС может существенно повлиять на термогидравлические параметры активной зоны реактора, что, в свою очередь, влияет на общую безопасность и эффективность реактора.

В этой работе мы рассматриваем два типа УЗС с овальными гранями: квадратной и круглой формы. Анализируем и сравниваем влияние изменения конфигурации УЗС на термогидравлические параметры ядерного реактора (теплопередача, распределение температуры, скорость потока охлаждающей жидкости) с помощью компьютерных программ. Тепло, возникающее в активной зоне реактора, отводится через охлаждающую жидкость. Эффективность теплопередачи является одним из основных показателей работы реактора. Распределение тепла в активной зоне определяет тепловой баланс реактора и важно для его материалов. Скорость движения охлаждающей жидкости через реактор определяет эффективность охлаждения и общий процесс теплообмена. Мы моделируем начальное состояние реактора и состояние после изменения конфигурации УЗС. Изменение конфигурации УЗС (например, изменение числа или расположения управляющих стержней) влияет на нейтронно-физические и термогидравлические параметры активной зоны реактора. Параметры термогидравлики реактора с новой конфигурацией УЗС симулируются на компьютере, что позволяет проанализировать каждую деталь изменений. Термогидравлические параметры определяются и сравниваются для обоих типов УЗС, оценивается их влияние на эффективность реактора. Изменение конфигурации УЗС, например, изменение числа управляющих стержней или их расположения, влияет на процесс теплопередачи. В реальности топливный элемент квадратной формы с овальными гранями, что влияет на распределение тепла. Новый топливный элемент круглой формы может показать лучшие результаты в теплопередаче. Теплообмен определяет, как распределяется тепло, возникшее во внутренней части активной зоны реактора. Изменение конфигурации УЗС оказывает значительное влияние на распределение температуры. Существующий топливный элемент квадратной формы с овальными гранями способствует равномерному распределению тепла. Однако необходимо изучить, какие результаты покажет новый топливный элемент круглой формы в этом отношении. Топливный элемент квадратной формы с овальными гранями способствует равномерному распределению температуры, так как обеспечивает равномерное распределение тепла в активной зоне. Новый круглый топливный элемент, теоретически, может обеспечить равномерное распределение температуры от центра к краям, так как круглая форма улучшает радиальное распределение тепла. Однако для подтверждения этих гипотез необходимо провести симуляции с помощью специальных компьютерных программ. Скорость потока охлаждающей жидкости в активной зоне реактора определяет эффективность его

охлаждения. Изменение конфигурации УЗС может изменить направление или скорость потока охлаждающей жидкости. Топливный элемент квадратной формы с овальными гранями может ограничивать направление потока охлаждающей жидкости, так как такая форма затрудняет равномерное распределение жидкости. Однако новый топливный элемент круглой формы может показать лучшие результаты в обеспечении равномерного потока жидкости, так как круглая форма улучшает поток жидкости в разных направлениях.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

186

СТАТИЧЕСКИЕ МАТРИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОСТОЯНИЙ НИЗКОЛЕЖАЩИХ ПОЛОС ИЗОТОПОВ $^{182,184}\text{W}$

Author: Elmurod Yusupov¹

Co-authors: Mustafo Korjovov²; Pazlitdin Usmanov¹

¹ *Namangan Institute of Engineering and Technology*

² *Karshi Institute of Engineering and Economical*

Corresponding Authors: usmanov1956.56@mail.ru, yusupov.elmurod@gmail.com

Изотопы $^{182,184}\text{W}$ многократно изучались в распаде и в ядерных реакциях [1,2]. Уровни известны до энергии возбуждения 5.5 МэВ. В работе [3,4] по методу Кулоновского возбуждения снарядами ^{58}Ni и ^{136}Xe исследована квадрупольная коллективность в изотопах $^{182,184}\text{W}$. Экспериментально был определен достаточно полный набор электромагнитных матричных элементов для низколежащих состояний. Экспериментальные данные энергии, вероятностей внутриволосных и межволосных электрических переходов, также отношения вероятностей E2-переходов для $^{182,184}\text{W}$ указывают на наличие отклонения от правила Алаги.

В работе [5] нами были изучены структура и энергетические свойства состояний положительной четности ядер $^{182,184}\text{W}$ в рамках феноменологической модели [6,7], учитывающей кориолисово смешивание состояний низколежащих ротационных волос. В данной работе исследованы внутри волосные переходы и статические матричные элементы в основной, β - и γ -колебательных волосах изотопов $^{182,184}\text{W}$. Вычисленные значения вероятностей внутри волосных E2-переходов и статических матричных элементов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными

1. Balraj S. // Nuclear Data Sheets, 2015. - V. 130–pp. 21-126.
2. Coral M. Baglin// Nuclear Data Sheets, 2010.-V. 111-pp. 275-523.
3. Kulesa R., Bengtsson R., Bohn H., and et al. // Phys.Lett. B 218.1989. pp. 421-426.
4. Wu C.Y., Cline D., Vogt E.G. and et al. //Nucl. Phys. 1991. V. A533. pp. 359-380.
5. Usmanov P. N., Korjavov M.J., Boqiyev S.B. // Scientific Bulletin of NamSU. 2022, pp. 3–11.
6. Usmanov P. N., Mikhailov I. N. //Phys. Part. Nucl. 1997, V. 28, pp. 348-373.
7. Usmanov P. N., Vdovin A. I., Yusupov E. K., Salikhbaev U. S. //Phys. Part. Nucl. Letters. 2019, V. 19, pp. 706–712.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-2-АЛКИЛ-2-ОКСАЗОЛИНОВ С ПОЛИКАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

Author: Yulia Gorshkova¹

Co-authors: Danelya Mahaeva²; Galiya Irmukhametova²; Ruslan Smyslov³; Tatyana Nekrasova³; Vitaliy Khutoryanskiy⁴

¹ *Joint institute for nuclear research*

² *Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan*

³ *Institute of Macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

⁴ *Reading School of Pharmacy, University of Reading, UK*

Corresponding Author: yulia.gorshkova@jinr.ru

Интерполимерные комплексы (ИПК) можно рассматривать как особый класс полимерных веществ, обладающих свойствами, отличными от свойств исходных компонентов [1,2]. Такие структуры широко распространены в биологических системах [3,4]. ИПК с участием поли-алкил-оксазолинов перспективны в качестве основы для лекарственных форм для доставки трудно растворимых низкомолекулярных соединений медицинского назначения. Вопрос о строении, составе и условиях формирования ИПК между макромолекулами белков и синтетических полимеров, а также раскрытие механизма биологического действия белков в условиях многокомпонентных систем при иммобилизации являются фундаментальными научными проблемами, стоящими перед биологией и медициной. Наносекундная динамика межмакромолекулярного взаимодействия отражает процессы формирования надмолекулярной структуры (НМС), её компактность и лабильность для синтетических макромолекул в растворе [5]. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов (МУР) позволяют получить надмолекулярную структурную информацию в растворе.

Релаксационным методом поляризованной люминесценции и структурным методом малоуглового рассеяния рентгеновского излучения исследовано формирование интерполимерных комплексов (ИПК) между поли-алкил-оксазолинами (ПАОЗ) и полиметакриловой кислотой (ПМАК) в растворах. Показано, что и в воде, и в метаноле играют роль гидрофобные взаимодействия в формировании ИПК за счёт влияния длины бокового заместителя в ПАОЗ. Времена релаксации, характеризующие внутримолекулярную подвижность люминесцентно меченной компоненты (ПМАК*) возрастают от 80 до 680 нс, что указывает на образование ИПК между ПМАК и ПАОЗ. Для водных растворов ИПК {ПАОЗ/ПМАК} методом МУРР показано, что крупные полимерные НМС образуются из индивидуальных макромолекул. На первом иерархическом уровне образуются компактные структуры в случае ИПК с участием ПМАК (с характерным размером от 40 до 107 Å). При этом в случае взаимодействия ПАОЗ с ПМАК при увеличении гидрофобности алкильного радикала от метил-, этил- к н-пропилу размер НМС 1-го иерархического уровня увеличивается от 40 и 57 до 107 Å, соответственно. Тогда можно предположить, что 1-й иерархический уровень НМС для ИПК {ПАОЗ/ПМАК} в воде представляет собой двутяжевые структуры между макромолекулами ПАОЗ и ПМАК, стабилизированные в первую очередь множественными водородными связями.

Работа выполнена в рамках научного проекта 04-4-1149-2-2021/2028 при финансовой поддержке программы сотрудничества ОИЯИ – Республика Казахстан в 2024 г. (Пр. № 448 от 06.06.2024, п. 6)

1. Хуторянский В. В., Смыслов Р. Ю., Якиманский А. В. // Высокомолек. соед. Сер. А, 2018, Т 60, № 5, с. 357–383. DOI: 10.1134/S2308112018050085
2. Papisov, I.M., Litmanovich, A.A. (1989). *Advances in Polymer Science*, vol 90. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-51096-6_3
3. Tsuchida E., Abe K. // *Adv. Polym. Sci.* 1982. V.45. P.1
4. Bekturov E.V., Bimendina L.A. // *Adv. Polym. Sci.* 1981. V.41. P.1

5. Anufrieva, E. V.; Krakovyak, M. G.; Nekrasova, T. N.; Smyslov, R. Y. (2009). Chapter in Book (Eds. Khutoryanskiy, Vitaliy V., and Georgios Staikos): Hydrogen Bonded Interpolymer Complexes: Formation, Structure and Applications, 69–83. ISBN 978-981-270-977-6. OCLC 613658891

Section:

Energy and materials science (Section 2)

185

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СТАЛЯХ 12X18H10T И 08X16H11M3(T) В РЕЗУЛЬТАТЕ РАДИАЦИОННОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Author: Anastassiya Tarapeyeva¹

¹ *Institute of Nuclear Physics, Ibragimov st., 1, Almaty, Kazakhstan*

Corresponding Author: tarapeyeva00@gmail.com

Тарапеева А.Ю.1,2, Исмаилова Г.А.2 Мережко Д.А.1, Мережко М.С.1, Short М.Р.3

1Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

2Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

3 Массачусетский технологический институт, Кембридж, США

Нейтронное облучение внутрикорпусных устройств выполненных из метастабильных аустенитных сталей приводит к радиационно-стимулированному образованию новых фаз в аустенитной матрице, например, α феррита, обогащенного Cr и Fe. Как следствие, аустенитные стали теряют свои конкурентные преимущества — материал охрупчивается, снижается коррозионная стойкость. Перспективным решением данной проблемы является восстановительный отжиг, при котором корпус реактора и внутрикорпусные устройства подвергаются выдержке при высоких температурах в течение нескольких суток. Ранее было установлено 1, что изотермический отжиг при 700–900°C приводит к исчезновению дефектов структуры радиационной природы, а также вторичных фаз и радиационно-индуцированной сегрегации. Однако, длительная выдержка аустенитных сталей в интервале температур 500–800°C приводит к сильной межкристаллитной коррозии из-за уменьшения содержания Cr в аустените по границам зерен (сенсбилизации), что является критическим с точки зрения коррозионной стойкости материала. В настоящей работе исследуются структурные изменения в сталях 12X18H10T и 08X16H11M3(T) в результате радиационного и термического воздействия.

В качестве источника облученных быстрыми нейтронами образцов сталей 08X16H11M3(T) и 12X18H10T были выбраны шестигранные трубы ТВС после их штатной эксплуатации в реакторе БН-350. Необлученные образцы вырезали из имитационных чехлов ТВС, которые использовались для тренировки персонала и не подвергались нейтронному облучению. Часть образцов была облучена в активной зоне реактора ВВР-К. Изохронные отжижки образцов выполняли в печи Nabertherm B-130 в вакуумированной трубке (вакуум не хуже 1 Па) в диапазоне температур 150–850°C с шагом 50°C. Время выдержки при температуре составляло 30 минут. Перед испытаниями на стойкость к питтинговой коррозии образцы подвергались провоцирующему отжигу при 500°C, 600°C, 700°C и 800°C в течение 4 часов с последующим охлаждением в воде при комнатной температуре.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что все образцы исследуемых сталей содержат некоторую долю ферромагнитной α' -фазы. Определено, что в необлученных образцах и образцах, облученных при температуре до 350°C, α' -фаза представляет собой мартенсит деформации, образующийся при изготовлении чехлов ТВС. В образцах, облученных при более высоких температурах (~400°C), α' -фаза представляет собой радиационно-индуцированный α -феррит или комбинацию феррита и мартенсита. Выявлено, что намагниченность сталей при изохронном отжиге снижается в разных температурных диапазонах. При этом температура,

при которой начинается отжиг α -феррита, совпадает с температурой миграции хрома в материале, что может привести к проблеме коррозии. Так же было выявлено, что нейтронное облучение стали 08X16H11M3T до $3,7 \times 10^{19}$ н/см² снижает стойкость к питтинговой коррозии в ~2 раза. По результатам провоцирующих отжигов, было установлено, что термообработка при 800°C в течение 4 часов приводит к наиболее сильной сенсбилизации.

1. Gurovich B., Kuleshova E., Frolov A. Investigation of high temperature annealing effectiveness for recovery of radiation-induced structural changes and properties of 18Cr–10Ni–Ti austenitic stainless steels// Journal of Nuclear Materials. 2015. Vol.465, № 1–3. P. 565-581

Section:

Energy and materials science (Section 2)

257

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЯХ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Authors: Mikhail Vereshchak¹; Irina Manakova¹; Zhandos Tleubergenov¹; Aiken Nurpeisov²; Gauhar Yeshmanova¹; Anastasiya Migunova¹; Adilkhan Shokanov³

¹ Institute of Nuclear Physics

² Institute of nuclear physics, Kazakhstan

³ Abai Kazakh National Pedagogical University

Corresponding Authors: aiken9898@mail.ru, zhandos_t85@mail.ru, mikhail.vereshchak@mail.ru, i.manakova25@mail.ru

В настоящей работе методами мессбауэровской спектроскопии в режиме на пропускание (МС) и электронов внутренней конверсии (КЭМС), рентгенодифракционного анализа (РДА) исследованы нержавеющая сталь 08X18H10T (Россия) и литая дуплексная ферритно-аустенитная сталь CF8 (США). Указанные стали практически взаимозаменяемы, однако имеют некоторые особенности. Сталь CF8 обладает аустенитно-ферритной микроструктурой. Ферритная фаза является определяющей при формировании механических свойств и коррозионной стойкости сплава. Вместе с тем, при старении и облучении присутствие феррита приводит к охрупчиванию материала. Основным достоинством стали 08X18H10T является высокая ударная вязкость, пластичность и, в отличие от CF8, высокий предел прочности, что подавляет межкристаллитную коррозию в этой стали.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

35

Сотрудничество между ОИЯИ и ИЯФ по астрофизическим проектам ОЛВЭ-HERO и ИВГШАЛ

Author: Leonid Tkachev¹

¹ JINR, Dubna

Corresponding Author: tkatchev@jinr.ru

Эксперимент ОЛВЭ-HERO

Предполагаемые направления работ:

Разработка и изготовление прототипа ОЛВЭ-HERO с использованием борированного сцинтиллятора.

Проведение Монте-Карло моделирования эксперимента ОЛВЭ-HERO. Тесты прототипа ОЛВЭ-HERO на НУКЛОТРОНЕ, реакторе ИЯИ и Тянь-Шанской высокогорной космической станции.

Обработка данных прототипа ОЛВЭ-HERO.

Проект ИВГШАЛ, исследование корреляций ШАЛ и грозовых разрядов

Предполагаемые направления работ:

Разработка ПО и моделирование Монте-Карло восходящих ШАЛ. Разработка и изготовление телескопа для исследования корреляций ШАЛ и грозовых разрядов. Измерения корреляций ШАЛ и грозовых разрядов на Тянь-Шанской высокогорной космической станции. Разработка ПО реконструкции событий и проведение анализа данных.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

309

ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (AlTiZrYNb)N, ОПРЕДЕЛЕННАЯ КЭМС МЕТОДОМ НА ЯДРАХ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА-57

Author: Mikhail Vereshchak¹

Co-authors: Aldabergenova Tamara²; Алексей Диков¹; Сергей Кислицин¹; Александр Погребняк³

¹ *Institute of Nuclear Physics*

² *Inp*

³ *Сумский государственный университет, Сумы, Украина*

Corresponding Authors: mikhail.vereshchak@mail.ru, skislitsin@inp.kz, alexp@ekt.sumdu.edu.ua, dikov@inp.kz, tamaraalga@mail.ru

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) обладают рядом замечательных свойств, позволяющих считать их перспективными для создания функциональных материалов. Покрытия на основе ВЭС представляют собой особый интерес, поскольку ожидается, что они будут иметь стабильную структуру и высокие эксплуатационные характеристики при повышенных температурах. В данной работе методом ядерной гамма-резонансной спектроскопии в режиме обратного рассеяния по электронному каналу (КЭМС) проведено исследование покрытий из нитрида высокоэнтропийного сплава (AlTiZrYNb), полученных методом катодного вакуумно-дугового распыления в атмосфере азота.

Катоды ВЭС Al-Ti-Zr-Y-Nb, были изготовлены с помощью вакуумно-дуговой плавки в аргоне высокой чистоты. Толщина покрытия неравномерна и составляет от 8 до 10 мкм.

Поскольку для использования мессбауэровской спектроскопии нужны мессбауэровские изотопы железа-57 в составе исследуемых материалов, то образцы были имплантированы ионами Fe57 с энергией 200 кэВ до флюенса 5×10^{16} см⁻² на ускорителе комплексном перезарядном УКП-2-1 (ИЯФ, Алматы). Пробег ионов железа -57 в покрытии (AlTiZrYNb) N составляет ~ 140 нм, следовательно, имплантации подверглась узкая приповерхностная область. Соответственно, КЭМС метод позволяет получить информацию о структуре покрытия с приповерхностного слоя такой толщины.

Проведенные мессбауэровские исследования показали, что после облучения ионами железа в спектре наблюдается появление уширенного одиночного парамагнитного пика от ядер железа-57, что указывает на сильное искажение электронной структуры, а области ядра Fe57.

Далее были проведены последовательные двухчасовые вакуумные отжиги при температурах 870К, 1070К, 1170К и 1270К. После каждого из отжигов проводились исследования структуры

КЭМС методом. Установлено, что отжиги приводят к монотонному уменьшению ширины пика. Это свидетельствует о перестройках имплантированного железа-57 в структуре ВЭС и трансформации структуры к более равновесному состоянию и уменьшению внутренней энергии.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан №BR20280896

Section:

Energy and materials science (Section 2)

55

УРАВНЕНИЕ КЛЕЙНА-ГОРДОНА С ДИССИПАЦИЕЙ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ОПИСАНИЮ ЭМИССИИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Author: Alexander D'yachenko^{None}

Corresponding Author: dyachenko_a@mail.ru

А.Т. Дьяченко^{1,2}

¹Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

Уравнения квантовой релятивистской гидродинамики могут быть получены из уравнения Клейна-Гордона. 1. Учет диссипации и температуры с помощью дополнительных уравнений к эффективному уравнению Клейна-Гордона позволяет рассматривать динамику процесса столкновений тяжелых ионов и вычислять выходы вторичных частиц. Это позволяет включить в рассмотрение как легкие, так и тяжелые ядра. Это дает возможность более адекватно описывать кумулятивные процессы образования высокоэнергетических частиц в столкновениях легких тяжелых ионов промежуточных энергий [2-4]. Вычисленные нами с помощью уравнения Клейна-Гордона спектры образующихся кумулятивных протонов, пионов, каонов, антипротонов, а также легких фрагментов находятся в согласии с имеющимися экспериментальными данными, полученными на ускорителе У-70 ИФВЭ (Серпухов) [5,6] при столкновении ядер углерода с энергией 20 ГэВ на нуклон. Сведение решений уравнения Клейна-Гордона и уравнений квантовой гидродинамики к решениям в виде квантовых ударных волн ранее не рассматривалось и может быть использовано и в других областях физики при расчетах нелинейной динамики колебаний сложных систем.

1. D'yachenko A.T. // Phys. Atom. Nucl. 2023 V. 86. N.3. P. 289.
2. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Phys. Atom. Nucl. 2020. V. 83. N. 4. P. 558.
3. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Phys. Atom. Nucl. 2022. V. 85. N. 6. P. 1053.
4. D'yachenko A.T., // Phys. Atom. Nucl. 2024. V. 87. N. 2. P. 127
5. Afonin A.G. , Bogolubsky M.Yu., Volkov A.A. et al.// Phys. Atom.Nucl. 2020. V. 83. N. 2. P. 228-236.
6. Антонов Н.Н. и др.// Письма в ЖЭТФ. 2020.Т.111, N5,

Section:

Nuclear physics (Section 1)

ФЛУКТУАЦИИ ГЕОМЕТРИИ СТОЛКНОВЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Author: SAYORA IBRAIMOVA¹

Co-authors: Ekaterina Bondar¹; Yernazar Mukanov¹

¹ *Satbayev University, Institute of Physics and Technology*

Corresponding Author: sayara_ibraimova@mail.ru

Отделение флуктуаций, связанных с геометрией столкновения, от флуктуаций, связанных с проявлением фазового перехода вблизи критической точки (точки фазового перехода), является критическим моментом для получения обоснованных результатов. При этом о начальном состоянии взаимодействия обычно недостаточно экспериментальной информации. В зависимости от степени центральности взаимодействия, распределения вторичных частиц могут существенно различаться в индивидуальных взаимодействиях 1.

Флуктуации геометрии столкновения (о которой прямая экспериментальная информация обычно отсутствует) образуют большой фон, усложняющий идентификацию частиц. Если столкновение центральное, то число взаимодействующих нуклонов максимально. При периферическом столкновении перекрытие ядер частичное, и образующийся файербол кварк-глюонной материи расширяется асимметрично. Чтобы выделить флуктуации, связанные с геометрией ядро-ядерного столкновения, в последнее время очень популярны стали исследования пособытийных (event-by-event) флуктуаций 2. Предполагается, что детальный анализ данных каждого отдельного ядро-ядерного взаимодействия позволит обнаружить эффекты, связанные с фазовым переходом в тех событиях, в которых были сформированы необходимые условия для образования кварк-глюонной плазмы.

Дополнительная информация о геометрии ядро-ядерного столкновения может быть получена из анализа фрагментов взаимодействующих ядер. Нуклоны взаимодействующих ядер можно разделить на две отдельные категории: те, которые участвуют в неупругом столкновении хотя бы с одним нуклоном противоположного ядра (участники), и те, которые этого не делают (наблюдатели). Участники образуют вторичные частицы, наблюдаемые в детекторах. Чем больше перекрытие взаимодействующих ядер, тем меньше должен быть суммарный заряд осколков. Итак, фрагментационный анализ должен существенно повысить точность оценки параметров начального состояния взаимодействия.

В данной работе мы провели совместное исследование многочастичных корреляций и пособытийных флуктуаций псевдобыстрот с целью поиска нестатистических кластеров вторичных частиц. Для этого мы анализировали как вторичные частицы, вылетающие из области взаимодействия, так и фрагменты ядра-снаряда и ядра-мишени. Для изучения корреляций мы использовали метод Херста. Анализ поведения кривой Херста позволяет отличить стохастические флуктуации, связанные со статистическими эффектами, от коррелированных распределений и оценить «силу» и «длину» многочастичных корреляций в псевдобыстротном распределении вторичных частиц 3.

Было проведено сравнение взаимодействия S+Em и с энергией налетающего ядра 200 A·ГэВ, и с энергией 3.7 A·ГэВ. При более низких энергиях наблюдается почти флетообразное распределение, а при энергиях 200 A·ГэВ обнаруживается существенный пик в области больших значений ng' .

Для понимания отличительных особенностей событий полного разрушения налетающего ядра серы проведен сравнительный анализ распределений вторичных частиц в событиях с $ng' \leq 14$ и $ng' \geq 15$. Распределение по множественности ливневых частиц для событий $ng' \leq 14$ сконцентрированы в области малых значений со средним значением $ns = 66.83$. Множественность событий с $ng' \geq 15$ в 5 раз выше.

Количество фрагментов ядра мишени в большинстве событий с $ng' \geq 15$ 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 $ng' \leq 14$ 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.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки Республики Казахстан (грант № AP22785312).

Список литературы:

1. Giacalone G., Noronha-Hostler J., Ollitrault J.Y. Relative flow fluctuations as a probe of initial state fluctuations // Phys. Rev. C 2017, V.95, N.054910.
2. Bhattacharyya, S. Event-by-event fluctuations of maximum particle density with respect to the width of the pseudo-rapidity interval at a few A GeV/c. EPL 2020, V.131, N.42001.
3. Adamovich M.I. et al. Azimuthal correlation of secondary particles in ^{32}S induced interactions with Ag(Br) nuclei at 4.5 GeV/c/nucleon // Part.Nucl.Lett. 2000, V.4, P.75-82.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

105

ФЛУКТУАЦИИ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ОТ ЭНЕРГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Author: Anastasiya Fedosimova¹

Co-authors: Bondar Ekaterina¹; Yernazar Mukanov¹

¹ Institute of Physics and Technology, Satbayev University

Corresponding Author: anastasia@list.ru

Согласно современным представлениям, если плотность образующейся при взаимодействии ядерной материи достаточно высока, адронное вещество переходит в состояние кварк-глюонной плазмы (КГП), в котором кварки находятся в квазисвободном состоянии [1-2]. Предполагается, что детальный анализ данных каждого отдельного ядро-ядерного взаимодействия позволит обнаружить эффекты, связанные с фазовым переходом в тех событиях, в которых были сформированы необходимые условия для образования КГП.

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 A•ГэВ с ядрами эмульсии NIKFI BR-2, полученные на SPS в CERN и 924 неупругих взаимодействия S+Em 3.7 A•ГэВ с ядрами эмульсии NIKFI BR-2, полученные на Синхрофазотроне в ОИЯИ (Дубна, Россия), Si+Em 14 A•ГэВ.

На основе анализа поведения показателя Херста все события были разделены на 4 типа: события каскадно-испарительного типа (периферическое взаимодействие), события струйного типа (центральное взаимодействие), события взрывного типа (процесс полного разрушения ядра снаряда), событиями смешанного типа.

Для анализа особенностей распределения вторичных частиц в событиях различных типов в зависимости от энергии первичного ядра мы сравнили их с соответствующими распределениями в событиях S+Em 200 A•ГэВ и S+Em 3.7 A•ГэВ, то есть с энергией почти на два порядка больше. Кроме ожидаемого роста множественности при высоких энергиях в событиях центрального типа с $N_f = 0$ появляется дополнительная составляющая. Распределение событий по множественности представляет собой ясную двухгорбовую структуру, разделенную уровнем $ns = 200$. При этом вероятность событий высокой множественности (например, с $ns = 400$) практически совпадает с вероятностью появления событий малой множественности (например, с $ns = 40$). Таким образом, в столкновениях S+Em при энергии 200 A•ГэВ с ядрами фотоэмульсии обнаружены события взрывного типа с высокой множественностью, которые дают поток вторичных частиц в узком интервале средней псевдобыстроты и существенно смещенным в сторону низких значений средних псевдобыстрот.

При сравнительном анализе средней множественности для взаимодействий ядер серы и кремния с тяжелыми и легкими ядрами фотоэмульсии, обнаружена зависимость коэффициента увеличения множественности события от размера ядра-мишени. Коэффициент увеличения

множественности имеет почти прямолинейный рост от энергии (на логарифмической оси) для всех событий, за исключением центральных взаимодействий ядер серы с тяжелыми ядрами фотоэмульсии при 200 А•ГэВ. Таким образом, множественность события существенно зависит от энергии взаимодействия и асимметрии ядро-ядерного взаимодействия. Во взаимодействиях ядер серы с ядрами эмульсии при энергии 200 А•ГэВ наблюдается аномальное большое количество (17.8 %) событий, с полным разрушением ядра снаряда с $ng' \geq 15$. Во взаимодействиях S+Em 3.7 А•ГэВ обнаружено только 3.9% таких событий. Аномальные события соответствуют взаимодействиям ядер серы с тяжелыми ядрами фотоэмульсии (AgBr). Существенное отличие обнаруживается в событиях взаимодействия серы S с тяжелыми ядрами фотоэмульсии AgBr. При более низких энергиях наблюдается почти флетообразное (равновероятное) распределение, а при энергиях 200А•ГэВ обнаруживается существенный пик в области больших значений ng' .

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки Республики Казахстан (грант № AP22785312).

Список литературы:

1. Shuryak, E. Strongly coupled quark-gluon plasma in heavy ion collisions. Rev. Mod. Phys. 2017, V.89, N.035001. <https://doi.org/10.1103/revmodphys.89.035001>.
2. Cunqueiro L., Sickles A.M. Studying the QGP with Jets at the LHC and RHIC // Progress in particles and nuclear physics 2022, V.124, N.103940. <https://doi.org/10.1016/j.pnpnp.2022.103940>.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

83

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ПЛУТОНИЯ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

Authors: Karina Shavrina¹; Maria Edomsкая¹; Nikita Bratuhin¹; Sergey Lukashenko¹; Vasily Ryabov²

¹ Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»

² Lomonosov Moscow State University

Corresponding Authors: bratukhinno@mail.ru, shavrina2000@gmail.com, lukashenko.1962@mail.ru, ma.edomsкая@yandex.ru

Информация о валовом содержании радионуклидов в почвах и сравнение его с нормируемыми показателями не позволяет дать реальную оценку мобильности радионуклидов в почвах. Одним из параметров, позволяющих оценивать энергию связи радионуклидов с почвенным поглощающим комплексом, отражающую миграционную способность радионуклидов, являются их формы нахождения в почвах.

Цель настоящей работы исследовать содержание форм нахождения $^{239+240}\text{Pu}$ в различных типах почв.

Для проведения эксперимента использовали почвы отобранные из слоя пахотного горизонта (20 см): чернозем типичный (Chernozem) Брянской области, серая лесная (Phaeozem) Липецкой области и дерново-подзолистая (Retisol) Калужской области. В почвы вносили водный раствор ^{239}Pu , приготовленный разбавлением стандартного образца. Далее почву инкубировали в течение 40 дней.

Водорастворимую форму $^{239+240}\text{Pu}$ выделяли дистиллированной водой в соотношении 1:5; обменные формы $-\text{CH}_3\text{COONH}_4$ с рН = 7,0 и рН = 4,8 в соотношении 1:10; органическую форму $-0,1 \text{ M NaOH}$ в соотношении 1:5; кислоторастворимую форму -1 M HCl в соотношении 1:10. Труднорастворимую форму получали при полном разложении оставшегося образца.

Анализ содержания изотопов плутония в полученных вытяжках почв проводили методом альфа-спектрометрии с предварительным радиохимическим выделением.

Результаты содержания плутония в выделяемых формах представлены на рисунке.

Во всех типах почв плутоний находится преимущественно в труднорастворимой форме. Для чернозема типичного фиксируется наименьшее содержание подвижных форм плутония (за счет более низкого содержания в обменной рН = 4,8 и кислоторастворимой формах, по сравнению с серой лесной и дерново-подзолистой почвами). Содержание подвижных форм плутония

для серой лесной и дерново-подзолистой почв статистически значимо не отличаются. Таким образом основное содержание плутония в почве фиксируется в прочносвязанной форме, что говорит о его низкой мобильности.

Section:

Radiation ecology and methods of analysis (Section 3)

237

ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЕНОК PdSi/Si

Authors: Dilnoza TASHMUKHAMEDOVA¹; Балтаходжа Умирзаков¹; Махсуна Юсупжанова¹; Саодат Гулямова¹; Хасан Абдиев¹; Ширин Толипова¹

¹ Tashkent state technical university

Corresponding Authors: be.umirzakov@gmail.com, d.ftmet@gmail.com

В последние годы большое внимание уделяется изучению оптических и электронных свойств полу-проводников с нанофазами и нанопленками на поверхностных слоях [1–4]. Особый интерес представляют исследования, связанные с изменением свойств кремния при уменьшении его размеров до нескольких нано-метров, а также исследования, направленные на изменения свойств нанопленок Si при различных воздействиях (адсорбция атомов, ионная и электронная бомбардировка, окисление). В частности, в 3 показано, что возникающий в результате химического взаимодействия Pd с Si при 100 °C слой дефектов с глубокими уровнями простирается на глубину 1 мкм. В данной работе изучены параметры энергетических зон ультратонких пленок PdSi/Si (111). Перед исследованиями поверхность Si (111) обезгаживали при T = 1200 K в течении 4–5 часов в сочетании с кратковременными прогревами до T = 1500 K при вакууме не хуже 10⁻⁷ Па. Затем на поверхность Si (111) напылялись атомы Pd с толщиной d ≈ 100 Å. На рис. 1 приведена зависимость интенсивности проходящего света I от энергии hν коэффициент проходящего света K для чистого Si (111) и Si (111) с пленкой PdSi толщиной ~ 220 Å. Видно, что в случае Si (111) до hν = 1 эВ значение I практически не меняется, а в интервале hν = 1–1,2 эВ резко уменьшается при-ближаясь к нулю. В случае пленки PdSi/Si (111) резкое уменьшение I наблюдается в интервале hν = 0,6–0,8 эВ. Экстраполяция резко уменьшающейся части кривых к оси hν дает значение ширины запрещенной зоны исследуемого образца. Видно, что для Si(111) E_g = 1,1 эВ, а для пленки PdSi ≈ 0,7 эВ. Таким образом в работе впервые определены плотности состояния электронов валентной зоны и параметры энергетических зон нанопленок PdSi.

Section:

Energy and materials science (Section 2)

54

ЭМИССИЯ КУМУЛЯТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ И ФРАГМЕНТОВ В СТОЛКНОВЕНИЯХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ НА ОСНОВЕ НЕРАВНОВЕСНОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Author: Alexander D'yachenko^{None}

Corresponding Author: dyachenko_a@mail.ru

А.Т. Дьяченко^{1,2}

¹Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

В развитие неравновесного гидродинамического подхода [1,2] нам удалось успешно описать 3 двойные дифференциальные сечения образования кумулятивных протонов, пионов, каонов и антипротонов, испускаемых под углом 00 для столкновения ядер углерода в реакции $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ при энергии 19.6 ГэВ на нуклон на фиксированной мишени, полученные на ускорителе У-70 ИФВЭ (Серпухов) 4. Для столкновений тех же ядер при той же энергии получено описание сечений выхода протонов и легких фрагментов дейтронов и тритонов, испускаемых под углом 400 и исследовавшихся в другом эксперименте в работе [5]. Эти двойные дифференциальные сечения обнаруживают скейлинг для выходов различных фрагментов в зависимости от их энергии $В$. продолжении анализа экспериментов ИТЭФ (Москва). по столкновениям ядер углерода с бериллиевой мишенью на установке ФРАГМ удалось получить описание выходов фрагментов ^{11}Be и ^{10}B [6], испускаемых под углом 3.50 при энергии ядер углерода 300 МэВ на нуклон. При этом описании был использован неравновесный гидродинамический подход и статистическая модель Голдхабера. Наше описание экспериментальных данных оказывается лучше каскадных моделей и модели квантовой молекулярной динамики (QMD), встроенной в пакет GEANT4. Наряду с развитием гидродинамического подхода была проанализирована возможность описания экспериментальных данных на основе решения эффективного уравнения Клейна-Гордона с диссипацией [7]. Наш подход применим к столкновениям как легких, так и тяжелых ядер, что видно из сравнения с экспериментальными данными и другими теоретическими подходами. Это может быть распространено на область энергий стоящегося в ОИЯИ (Дубна) ускорительного комплекса NICA.

1. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Phys. Atom. Nucl. 2020. V. 83. N. 4. P. 558.
2. D'yachenko A.T., Mitropolsky I.A. // Phys. Atom. Nucl. 2022. V. 85. N. 6. P. 1053.
3. D'yachenko A.T., // Phys. Atom. Nucl. 2024. V. 87. N. 2. P. 127
4. Afonin A.G., Bogolubsky M.Yu., Volkov A.A. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2020. V. 83. N. 2. P. 228.
5. Антонов Н.Н. и др. // Письма в ЖЭТФ. 2020. Т. 111, N5, С. 291.
6. Abramov B.M. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2022. V. 85. N5. P. 466.
7. D'yachenko A.T. Phys. Atom. Nucl. 2023. V. 86. N6 P. 289.

Section:

Nuclear physics (Section 1)

107

ЭМИССИЯ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 14,5 МэВ С ЯДРОМ ^{59}Co

Authors: Alisher Temirzhanov¹; Bakhtiyar Sadykov¹; Bek Duisebayev¹; Gulnaz Ussabayeva²; Gulzhaina Alieva¹; Timur Zholdybayev³

¹ Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan

² INP

³ Institute of nuclear physics, Kazakhstan

Corresponding Authors: timjol@yandex.ru, gulnazim85@inbox.ru, alik-25.01.97@mail.ru, sadykovbm@inp.kz

В последнее время исследования и разработки интенсивных источников нейтронов на ускорителях, таких как ADS, привели к возобновлению интереса к изучению реакций, индуцированных дейтронами. Комплексные ядерные данные о реакциях, вызванных дейтронами, в широком диапазоне падающих энергий и массовых чисел мишени необходимы для точной оценки выходов нейтронов и при реализации концепции систем подкритических реакторов, управляемых ускорителями. В тех случаях, когда экспериментальные данные ограничены, расчеты теоретической модели играют ключевую роль в получении ядерных данных. Дополнительно ядерные данные находят свое применение при исследованиях радиационного повреждения материалов, производстве медицинских радиоизотопов и усовершенствовании медицинских аппаратов

В настоящей работе получены новые дважды-дифференциальные и интегральные сечения реакций (d,xp) и (d,xd) образующиеся при взаимодействии дейтронов с энергией 14.5 МэВ с ядром ^{59}Co , а также выполнено теоретическое исследование динамики изменения вклада различных механизмов в формирование инклюзивных сечений этих процессов.

Эксперимент был выполнен на изохронном циклотроне У-150М Института ядерной физики РК. Для регистрации и идентификации продуктов реакций по массам и энергии применялась стандартная (ΔE-E) методика. Толщина мишени ^{59}Co - 5,2 мг/см². Для измерения однозарядных частиц в качестве стопового использовали детектор на основе сцинтиллятора CsI(Tl), для двухзарядных частиц толстый кремниевый детектор толщиной 2 мм. В качестве пролетных детекторов ΔE применялись полупроводниковые кремниевые детекторы толщиной 50-100 мкм.

Систематические ошибки измеренных сечений обусловлены, главным образом, погрешностями в определении толщины мишени (не более 5 %), калибровки интегратора тока (не более 1 %) и телесного угла спектрометра (не более 1.3 %). Энергия пучка ускоренных частиц измерялась с точностью 1 %. Полная погрешность измеренных сечений не превышала 15 %.

Теоретическое описание полученных данных проводилось по программе TALYS 1, в которой предравновесный механизм рассматривается в рамках экситонной модели. Из сравнения экспериментальных и теоретических данных видно, что основной вклад в сечение $^{59}\text{Co}(d,xp)$ дают равновесный и предравновесный механизмы, а в сечение $^{59}\text{Co}(d,xd)$ прямой и предравновесный механизмы.

Литература:

1 A.J. Koning, S. Hilaire and M.C. Duijvestijn, “TALYS-1.0”, Proceedings of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, April 22-27, 2007, Nice, France, editors O. Bersillon, F. Gunsing, E. Bauge, R. Jacqmin, and S. Leray, EDP Sciences, 2008, p. 211-214.

Section:

Nuclear physics (Section 1)