

МУИС-ЫН ЦӨМИЙН СУДАЛГААНЫ ТӨВД  
ХИЙГДСЭН СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ТОЙМ

Б.Далхсүрэн, Н.Содном, Ш.Гэрбиш, П.Зузаан

1950-аад оны сүүлчээр тэр үеийн ЗХУ-ын Дубна хотын Цөмийн Шинжилгээний Нэгдсэн Институт (ЦШНИ)-ийн Цөмийн асуудлын лабораторид синхроциклотрон дээр 660 МэВ энергитэй протоноор танталыг шарж, ховор шорооны элементийн цөмийн бүтэц, задралын схемийг нарийвчлан судлах тулгуур судалгааны ажил эрчимтэй өрнөж эхэлсэн нь одоо хүртэл үргэлжлэн түүнд манай (Д.Чүлтэм, Б.Далхсүрэн, Ж.Ганзориг, Н.Ганбаатар, С.Даваа, Ш.Гэрбиш, Ж.Сэрээтэр) эрдэмтэд идэвхитэй оролцож эрдэм шинжилгээний 1000 гаруй өгүүллэг бичиж, олон улсын нэртэй төвүүдэд илтгэж, эрдмийн зэрэг цол хамгаалж өөрийн эх орондоо сургалт, эрдэм шинжилгээний ажлаа хөтлөн явж байна. Эдгээр ажлуудаас заримыг тоочвол: Милли, микросекунд, секунд, минут зэрэг богино, урт настай шинэ изотопууд, изомерүүд  $^{154}\text{Tu}$ ,  $^{155}\text{Ho}$ ,  $^{145,146}\text{Dy}$ ,  $^{145}\text{Tb}$ ,  $^{150}\text{Sm}$ ,  $^{152}\text{Er}$ ,  $^{137}\text{Eu}$ ,  $^{92}\text{Ru}$ ,  $^{178, 180, 181}\text{Ir}$ -ийг нээж изотопын таблицийг өргөжүүлсэн юм. МУИС-ийн Цөмийн шинжилгээний лабораторийн нейтроны генераторыг милли, микросекундын горимд оруулан түүн дээр миллисекундын хагас задралын үетэй  $^{112, 114, 118}\text{In}$ -ийн задрал, богино настай изомерүүдийг судлах,  $^{113}\text{In}(n,2n)$   $^{112m}\text{In}$  урвалын изомерийн харьцаа тодорхойлох, үечилсэн идэвхижилийн судалгаа зэрэг эрдэм шинжилгээний суурь судалгааны ажлуудыг хийсэн юм. Альфа-бета спектр судлалын аргаа масс тоо нь  $A=150-190$  мужид 60 гаруй цөмийн массыг тодорхойлон протоны тоо  $Z=69-79$  мужид сондгой протонтой цөмүүдийн протон-цацраг идэвхитэй байх хязгаарыг анх удаа тогтоож, энэ хязгаарын орчим нейтрон дутагдалтай цөмүүдийн нуклоны хослох энерги, бета-тогтвортой цөмүүдийнхээс 50% илүү байдгийг олсон. Энэ хязгаарыг тогтоосон нь цөмийн астрофизикийн ухаанд чухал ач холбогдолтой. Ховор шорооны элементийн цөмүүдийн бета-задралаас аксиаль-вектор, сул гүйдлийн дахин нормчлалын коэффициент 0.67 байдгийг туршлагаар анх удаа тогтоосон нь эгэл бөөмсийн хувирал өөрчлөлтийг судлаж ойлгоход чухал ач холбогдолтой болсон юм. Цөмийн протоны тоо 64 байхад цөм шидэт шинж чанартай, ховор шорооны элементийн цөмүүдийн өдөөгдсөн төлөвийн квадруполь моментийг туршлагаар тогтоож нейтроны тоо 87-88 шилжихэд цөм

хүчтэй деформацтай байдгийг тогтоосон. Эдгээр нь цөмийн бүтэц, шинж чанарын тухай цоо шинэ тулгуур ач холбогдолтой үр дүн болно.

Хэт бага температурт хүчтэй соронзон орны үйлчлэлээр атомын цөмийг спинээр туйлшруулан шинж чанарыг нь судлах судалгааны ажлаар иттербий, европий, тулий, диспрозийн ( $^{175}\text{Lu}$ ,  $^{145, 147, 149, 152, 154}\text{Eu}$ ,  $^{147, 149}\text{Gd}$ ,  $^{173}\text{Yb}$ ,  $^{171}\text{Tm}$ ,  $^{159}\text{Dy}$ ) нийт 15 изотопийн шинж чанарыг судалж, судалгааны дүнд атомын цөмийн өдөөгдсөн 31 төлвийн спинийг нэгэн утгатай тодорхойлж 70 гаруй төлвийн спинийг тодотгон, 254 гамма шилжилтийн мультиполийн харьцааг тодорхойлсны 173 нь анх удаа тогтоогджээ. Мөн туйлширсан цөмийн  $10^{-6}$  сек-ээс  $10^{-3}$  секунд урт настай өдөөгдсөн төлвийн туйлшралд гадны цахилгаан соронзон орны нөлөөг судалсан юм. [1-10]

Хүнд болон дунд масстай атомын цөм сөрөг  $\mu$ ,  $\pi$  мезонтой харилцан үйлчлэх судалгаа явуулж, хүнд мю-мезоатомын хуваагдах үзэгдлийг  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  цөмүүдэд анх судалж, тэдгээр хагас задралын үе, огцом болон саатсан хуваагдлын магадлалыг тодорхойлох,  $^{235, 238}\text{U}$ -ын хагас задралын үе, хоёр төрлийн хуваагдлын магадлалыг өндөр нарийвчлалтай тогтоосон. Pb, Th, U-ны мезоатомын электроны рентген цацрагийн энергийн шилжилтийг ажиглах, удааширсан  $\pi$ -мезон цөмд шингэх урвалын өндөр спинтэй төлөвүүд өдөөгдөх, хүнд болон дунд масстай атомын цөмүүд удааширсан  $\lambda$ -мезоноор хуваагдах урвалын магадлалыг системчилэх зэрэг тулгуур судалгааны ажилд оролцсон. Цөмийн туршлагын физикийн ажлуудаас  $^{152}\text{Sm}$  цөмд мю мезон саатахад  $0 \rightarrow 0$  шилжилт явагдах гамма-цацрал үүсэхийг судлах,  $\mu \rightarrow e + \nu$  задралын цөмийн төлөв байдалд нөлөөлөх үзэгдэл нь сонирхолтой физик процесс төдийгүй мюоны атом ба цөмд булаагдахыг үнэлсэн мэдээлэл юм [11 -14].

Манай (Н.Содном, Б.Далхсүрэн, О.Отгонсүрэн, Д.Лхагвасүрэн, Ш.Гэрбиш, П.Зузаан, С.Лодойсамба, Л.Энхжин) эрдэмтэд ЦШНИ-ийн цөмийн урвалын лабораторид аяндаа хуваагдах замаар задардаг изомер төлөв цөмд байх хүнд элементийн хувьд түгээмэл үзэгдлийг судалсан. Ийм изомер төлөвүүд ер бишийн онцгой шинжүүдтэй. Үндсэн төлөвөөс аяндаа хуваагдах үзэгдэлтэй жишихэд изомер хуваагдах магадлал  $10^{30}$  хүртэл өсдөг, изомер төлөвийн спин бага, энерги нь их (2.5-3.0 МэВ), хуваагдал ба изомер үүсэх огтлолын корреллац байхыг тогтоосон.

В.М.Струтинскийн онолд тулгуурлан изомер төлөвт харгалзах хоёрдахь потенциал нүхэнд түвшний шинж чанарыг тодорхойлох асуудал 1960-аад оны сүүлчээр эрдэмтдийн анхаарал татсан юм. Нөгөө талаас аяндаа хуваагддаг изомерийг үүсгэх, альфа бөөмийг хуваагдлын хэлтэрхийгээс ялган бүртгэх чадвар сайтай тоолуурыг шинээр зохион бүтээхэд манай эрдэмтэд оролцсон юм. Үүний тулд очит тоолуурыг, конверсийн электрон ба гамма туяаны спектрийг

хугацаа ба далайцаар шинжлэх арга боловсруулах, дулааны, 14.7 МэВ энергитэй нейтроны урвалд U, Th, Am зэрэг цөмд аяндаа хуваагддаг изомер үүсэх огтлолыг хэмжих, дулааны энергитэй нейтроноор аяндаа хуваагддаг изомер  $^{236}\text{U}$ -аас үүсэхтэй холбоотой конверсийн электрон ба гамма туяаны спектрийг хэмжсэн [15-25]. Дулааны болон 14.7 МэВ энергитэй нейтроноор аяндаа хуваагддаг изомерийг гарган авсныг 1,2-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

1-р хүснэгт

$^{241}\text{Am}+n$			$^{243}\text{Am}+n$			
$E_n$ (эВ)	$\sigma_i/\sigma_f \cdot 10^{-4}$	$\sigma_f$ барн	$\sigma_i$ мк барн	$\sigma_i/\sigma_f \cdot 10^{-4}$	$\sigma_i$ барн	$\sigma_f$ барн
<0.2	$1 \pm 0.3$	3.13	$300 \pm 100$	-	<0.05	<10
0.2-20	$0.8 \pm 0.3$	0.5	$40 \pm 15$	-	-	-
>20	$0.2 \pm 0.06$	1.2	$24 \pm 6$	$0.3 \pm 0.1$	1.4	$42 \pm 15$

14.7 МэВ энергитэй нейтроноор үүссэн аяндаа хуваагддаг изомер

2-р хүснэгт

Изомер	$T_{1/2}$ сек	Урвал	$\sigma_i/\sigma_f \cdot 10^{-4}$	$\sigma_i$ мк барн	$\sigma_i/\sigma_a \cdot 10^{-4}$
$^{231}\text{Th}$	-	$^{232}\text{Th}(n,2n)$	$\leq 0.1$	$\leq 3.6$	$\leq 0.02$
$^{234}\text{U}$	-	$^{235}\text{U}(n,2n)$	$\leq 0.2$	$\leq 45$	$\leq 0.7$
$^{237}\text{U}$	-	$^{238}\text{U}(n,2n)$	$\leq 0.1$	$\leq 12$	$\leq 0.15$
$^{236}\text{Np}$	-	$^{237}\text{Np}(n,2n)$	$\leq 0.1$	$\leq 25$	$\leq 0.6$
$^{239}\text{Pu}$	$8.5 \cdot 10^{-6}$	$^{240}\text{Pu}(n,2n)$	1.0	240	8
$^{239}\text{Pu}$	$8.5 \cdot 10^{-6}$	$^{239}\text{Pu}(n, n')$	0.3	80	3
$^{241}\text{Pu}$	$2.7 \cdot 10^{-5}$	$^{242}\text{Pu}(n, 2n)$	1.7	300	5.5
$^{240}\text{Am}$	$0.9 \cdot 10^{-3}$	$^{241}\text{Am}(n,2n)$	1.0	200	7
$^{241}\text{Am}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$	$^{241}\text{Am}(n, n')$	$\leq 0.4$	$\leq 100$	$\leq 4$
$^{242}\text{Am}$	$1.4 \cdot 10^{-2}$	$^{242}\text{Am}(n,2n)$	1.5	250	6
$^{243}\text{Am}$	$6.5 \cdot 10^{-6}$	$^{243}\text{Am}(n, n')$	0.3	50	2

Хэт хүнд элемент (ХХЭ)-ийг гаргаж авах, эрэх асуудал дэлхийн олон эрдэмтдийн анхаарлын төвд байсан тэр үед манай эрдэмтэд (О.Отгонсүрэн, Д.Лхагвасүрэн, Л.Энхжин) нар 1960-аад оны сүүлээс одоо хүртэл оролцож нэн сонирхолтой үр дүнг гаргасан. Хагас задралын үе  $T_{1/2}$ -ээс хамааруулан  $T_{1/2} < 1$  жил бол хурдасгах төхөөрөмжийг ашиглан шууд синтезлэх,  $10^3$  жил  $< T_{1/2} < 10^5$  жил байвал сансрын туяаны үйлчлэлд орсон сансрын биет (солир) биетэд эрэх,

$T_{1/2} < 10^8$  жил бол дэлхий дээр байгаа материал эрэх чиглэлээр судалгаа явуулдаг. Солирын бүтцэд байдаг (оливин, жонш гэх мэт тунгалаг) минералууд нь сансрын туяанд үүссэн хүнд элементийн муруйг өөртөө удаан хугацаагаар (хэдэн сая жил) хадгалж байдаг бөгөөд химийн тусгай уусмалаар идүүлж тэдгээр муруйг тодруулан ердийн микроскопоор харж судалгаа хийдэг. Судалгааны дүнд минералын гүнд үүссэн хүнд цөмийн муруйг илрүүлэх технолог боловсруулах, минерал дахь мөрийн урт нь температураас хамаарах хамаарал, минералд гарах мөрийн урт нь уг бөөмсийн цэнэгийн хэмжээтэй пропорциональ болохыг тогтоосон. Судалгааны дүнд 1 г солирт ХХЭ-ийн хэмжээ  $10^{-14}$  г-аас хэтрэхгүй байхыг үнэлсэн. Микротрон дээр үүсэх гамма квантын тусламжтайгаар дээжин дэх U, Th, Be гэх мэт энергийн агуулга, геологийн минералын үнэмлэхүй насыг тодорхойлох, цахилгаан-цөмийн аргаар эрчим хүч гаргах төслийн дагуу синхрофазотроны релятив энергитэй цөмийн үйлчлэлээр тугалган байд үүсэх нейтроны урсгалыг хэмжих, хурдассан 12С-аар Bi-Pb, Au-Pt бүлийн элементүүдийн радиографи хийх зэрэг ажлыг гүйцэтгэв. Хүнд ионы үйлчлэлээр үүсэх богино настай цөмийг лазерын туяагаар өдөөж изотоп шилжилт, хэт нарийн бүтцийг судлах судалгааны ажлыг "Off-line", "On-line" горимд явуулж, лазерын аргаар цацраг идэвхит изотопыг ялгах арга боловсруулсан ба гамма квантын харимхай бус сарнилаар 6-8 МэВ энергийн мужид үүсэх өндөр спинтэй  $^{180}\text{Hf}$  ба  $^{180}\text{Ta}$  зэрэг изомерын өдөөгдөх механизмыг судлах, үндсэн ба изомер төлвийн спины ялгаа нь адилхан ( $\Delta J=8$ ), ижил масс тоотой изомерүүдийн хувьд тухайлбал  $^{180}\text{Ta}$ -ын өдөөгдөх магадлал нь  $^{180}\text{Hf}$ -ын өдөөгдөх магадлалаас 4 эрэмбэ их болохыг тогтоож, цөмийн задралын түвшингийн шилжилтийг тайлбарлаж, задралын шинэ схемийг дэвшүүлсэн. Мөн  $^{118, 120, 122}\text{Sn}$  ба  $^{98, 100}\text{Mo}$  зэрэг изотопуудыг микротрон дээр 24 МэВ энергитэй гамма квантаар шарахад явагдах ( $\gamma, \rho$ )-фотоцөмийн урвалаар үүсэх изомерийн харьцааг тодорхойлов. [15-25]

Манай эрдэмтэд ЦШНИ-ийн нейтрон-физикийн лабораторид төрөл бүрийн хурдасгуур ЭГ-5 ба реактор ИБР-30, ИБР-2 дээр (Н.Содном, Ж.Сэрээтэр, Г.Хүүхэнхүү, И.Чадраабал, Б.Отгоолой, Д.Сангаа, Г.Батдэмбэрэл нар) хөнгөн цөмүүдийн нэгдэх урвалын талаар туршилтууд тавьж сонирхолтой үр дүнгүүдийг гаргаж авчээ. Энэ чиглэлийн судалгаа нь цөмийн бүтэц, урвалын механизмыг цаашид ийм төрлийн урвалыг хурдан нейтроны ба цөмийн эрчим хүчний үүсгэвэр болгон ашиглахад практик өгөөжтэй. Туршилтийн маш нарийн төхөөрөмжүүдийг зохион бүтээсний үндсэн дээр гелий-3 ба тритийн цөмүүдийн нэгдэх урвалын янз бүрийн сувагуудын ялгаруулах энерги, 2-догч бөөмсийн спектр, урвалын огтлол зэргийг анх удаа нарийвчлан тогтоосон нь энэ чиглэлийн сонгодог ажлуудын нэг болж олон улсын цөмийн мэдээллийн дэлхийн санд оржээ. Удаан нейтроноор цэнэгт бөөмс үүсэх, цөмийн урвалын дундач хөндлөн огтлол, альфа өргөнийг

тогтоох, нейтроноор цэнэгт бөөмс үүсэх урвалын хөндлөн огтлолын туршлагын утгын мэдээллийн санг бий болгож байна. Нейтроноор цэнэгт бөөм үүсэх цөмийн урвалын хөндлөн огтлолын бий болгосон мэдээллийн сан дээрээ тулгуурлан нейтроны янз бүрийн энергийн мужид хөндлөн огтлолын систематикийг эхлээд хийж байна. Их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийн үед үүсэх хоёрдогч фрагментүүдийн гаж харилцан үйлчлэл, хурдан нейтроноор явагдах (п,р) урвалын систематик анализ сэдвүүдээр суурь судалгааны ажлуудыг гүйцэтгэж байна [27-40, 57].

Хурдан нейтроны ИБР-2 импульсэн цөмийн реакторын дулааны нейтроны сарнилыг ашиглан 1984 оноос хойш хатуу биеийн бүтцийн судалгаанд манай мэргэжилтнүүд оролцож байна. Лазерийн технологит өргөн хэрэглэгддэг стронций-барийт ниобатийн фазын шилжилт бүтцийн өөрчлөлтийг температур, цахилгаан орны үйлчлэлээс хамааруулан судалж уг төрлийн кристаллуудад хэт бүтцийн онцлогтой холбоотой шинэ төрлийн фазын шилжилт байгааг тодорхойлох, титан агуулсан шигдэц маягийн хатуу хайлшийн доторх бүтцийн ба фазын шилжилтийн судалгааг нейтрон болон рентген туяаны дифракцийн аргуудыг хослон судлах, эдгээрийн бүтцийн онцлог нь титаны атомын харьцангуй шилжилтээс хамаарах ба фазын шилжилт явагдах процесс нь эрэмбэлэлтэй холбоотой болохыг туршлагаар батлах, монгол нутгаас олдсон динозаврын ясны бүтэц одоогийн сээр нуруутай амьтадын ясны бүтэцтэй ижил төстэй болохыг нейтроны дифракцын аргыг үндэслэн тогтоосон явдал юм. [26-39, 56-60]

Цөмийн арга техникийг шинжлэх ухааны бусад салбар, үйлдвэрлэлийн практикт нэвтрүүлэх хэрэглэх чиглэлээр МУИС-ийн Цөмийн шинжлгээний лабораторийг 1960-аад оны эхээр академич Н.Содном, профессор Д.Чүлтэм нарын санаачилгаар байгуулж, 1997 оноос өргөжин Цөмийн судалгааны төв болж сургалт, судалгааны ажлыг гадаад, дотоодын олон байгууллагын хамтын ажиллагааны хүрээнд цөмийн физикийн суурь болон хавсрага судалгааг эрхлэн явуулах орчин үеийн тоног төхөөрөмжтэй төв болсон юм. Цөмийн судалгааны төв (ЦСТ) нь электроны хурдасгуур МТ-22, хоёр нейтроны генератор НА-4, НГ-200, нейтроны изотопон үүсгүүр  $^{252}\text{Cf}$ , гамма спектрометрүүд, бүрэн ойлтын РФА спектрометр, атомын шингээлтийн спектрометр бага хэмжээтэй цацраг идэвхийг бүртгэх тоолуурууд, сургалтын лабораториуд, шингэн азот нэрдэг машин зэрэг орчин үеийн тоног төхөөрөмжтэй, ЦШНИ, ОУАЭА шугамаар бэлтгэгдсэн өндөр мэргэжлийн боловсон хүчинтэй. ЦСТ-д хийгдсэн цөмийн бүтэц, цөмийн арга зүйн судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэн Ц.Содов, Ж.Сэрээтэр, П.Зузаан, Б.Отгоолой, Б.Эрдэв, В.Баяр, Н.Норов, П.Улаанхүү нар дэд докторын зэрэг хамгаалсан юм. ЦСТ нь тулгуур судалгааны зэрэгцээгээр хавсрага судалгааны ажлыг

амжилттай гүйцэтгэж улс орныхоо янз бүрийн салбарт өргөн хэрэглэж байна. Эдгээрээс заримыг дурдвал:

Динозаврын ясанд уран, торий, ховор шорооны элемент хуримтлагдах үзэгдэл, газрын гүний чулуулагт байгаа ураны хэмжээг тодорхойлох, уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийг олох гамма спектрометрийн арга, эсийн мембраныг ураны ион нэвтрэх зэрэг геохими, биофизик, геофизикийн зарим судалгааг хийсэн нь шинжлэх ухааны ач холбогдолтой, сонирхолтой үр дүнд хүрчээ.

Манай улсын экспортын чухал бүтээгдэхүүн болох хайлуур жоншны хүдэр, баяжмалын чанарын хяналтын асуудлыг шийдвэрлэх зорилгоор "Флюорит-1", хайлуур жоншны хүдрийн агуулгыг автомашин дээр тодорхойлох "Флюорит-2" төхөөрөмжүүдийг зохион бүтээж үйлдвэрлэлд нэвтрүүлсэн. "Монголсовцветмет" нэгдлийн захиалгаар туузан дамжуулагч дээр хүдрийн агуулгыг шуурхай хянах улмаар үйлдвэрлэлийн баяжуулах технологийг автоматжуулах ажлыг хийж байна. Монгол-Оросын хамтарсан Эрдэнэт үйлдвэрийн зэс-молибдены хүдэр, баяжмалын дээжинд иж бүрэн судалгаа явуулж, зэсийн баяжмалд Ag-(60 г/т), Au-(1-5 г/т), молибдены баяжмалд Re-(550-600 г/т) болохыг цөмийн арга хэрэглэн анх тогтоосон юм. Үүний үр дүнд зэсийн баяжмалын худалдааны үнэ нэмэгдсэн юм.

Диэлектрик детекторыг биологи, геологийн дээж судлахад хэрэглэн манай орны газрын хөрс, чулуулаг, ус, ургамал, хүн амьтны биед байгаа ураны хэмжээг нийлээд өргөн хэмжээгээр тодорхойлон тогтоох, мөн геологийн зарим дээжинд насыг хэмжих, байгалийн шатдаг түлш-нүүрсний эрдэс найрлагыг цөмийн физикийн идэвхжилийн аргаар олон (36) элементийг нэгэн зэрэг тодорхойлох, зарим хортой, эдийн засгийн хувьд ашигтай Cl, U, Th, V, Ag зэрэг элемент тодорхойлох арга зүй боловсруулсан. Энергизэр ялгах рентгенфлуоресценцийн задлан шинжилгээний арга зүйг боловсронгуй болгон зэсийн баяжмалд мөнгө, микротрон хурдасгуурын гамма цацраг фотонейтроныг ашиглан ховор шорооны элементийг нэгэн зэрэг тодорхойлох арга зүй боловсруулсан. Ховор шорооны элементийн хүдрийн дээжинд La, Ce, Pr, Nd-ийн агуулгыг тодорхойлох, La-Ce, La-Pr, La-Nd, Ce-Pr, Pr-Nd-ийн хооронд корреляц байгааг тогтоож, сайн тодорхойлж болох аль нэг элементийг ашиглан бусад элементийн агуулгад үнэлгээ өгч болохыг харуулсан. Янз бүрийн минералын абсолют насыг Липовскийн хутор, Жамашины катер, Тугалын бүлээн зэрэг солирын 12 дээжинд үнэлгээ өгсөн. 1985 оноос ЦСТ-д хүрээлэн байгаа орчны цацрагийн судалгаагаар 18 аймгийн төв, Улаанбаатар, Дархан, Эрдэнэт хот болон зарим онцгой бүс нутгийн хөрсний цацраг идэвхи, газрын гадарга, агаар дахь цацрагийн түвшинг судалсан. Мөн энэ ажлын хүрээнд Улаанбаатар хотын байр сууцны доторх цацрагийн түвшинийг сууцны төрлөөс хамааруулан судалж,

барилгын материалын үйлдвэрүүдийн түүхий эд, бүтээгдэхүүний, нүүрсний цацраг идэвхийг судалж эрүүл ахуйн үнэлгээг өгсөн [41-71].

Микротроныг ажилд оруулж гамма квантын гаралтыг үнэлэх, найдвартай ажиллагааг хангах, зарим дээжинд элементийн агууламжинд үнэлгээ өгөх судалгаа хийж байна [49].

Нүүрсээр ажилладаг дулаан, цахилгааны станцууд үнэ өртөг ихтэй, байгаль орчин бохирдуулах зэрэг дутагдалтай тул экологийн хувьд цэвэр, цахилгаан, дулаан гаргах, бага, дунд чадлын цөмийн реакторыг өөрийн оронд байгуулан цахилгаан дулаан гаргах боломжийг судлан, үр дүнг зохих дээд байгууллагад тавиад байна. [72-76]

### Аннотация

Описаны основные результаты исследования монгольских физиков в области ядерной физики в низких и средних энергиях, проводимых в период 1956-1999 г.

Ашигласан ном зүйн ишлэл.

1. A.A.Abdurazakov, K.Ya.Gromov, B.Dalkhsuren, et all. The decay chain  $^{164}\text{Yb} \rightarrow ^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$  Nucl.Phys 21, p64 Copenhagen, Daniya. 1960
2. Б.Далхсурен, И.А.Ютландов, И.Ю.Левенберг, Ю.В.Норсеев и другие Нейтрон-дефицитный изотоп  $^{155}\text{Ho}$  Атомная энергия т 24 N9 1960
3. G.D.Alkhzov, N.Ganbaatar, B.G.Kalinnikov New neutron deficient isotopes with mass numbers  $A = 136$  and  $145$  Z.Phys.A 305, p185-186
4. G.D.Alkhzov, N.Ganbaatar, B.G.Kalinnikov, K.Ya.Gromov New isotope  $^{146}\text{Dy}$  Acta Physica Polonica B 12, p.825-827
5. Ya.Kormicki, Yu.N.Novikov, N.Ganbaatar, B.G.Kalinnikov New isomeric states of  $^{131}\text{Pr}$ ,  $^{139}\text{Pm}$ ,  $^{146}\text{Tb}$  In proceeding of all union 33-th conference on nuclear structure and Spectroscopy, Moscow, 1983, p.90 RN 15012146
6. R.Art, V.Bayar et all. A new  $^{92}\text{Ru}$  neutron deficient isotope J.Inorg.Nucl.chem. 34.10.3001.1972
7. Б.Баяр, Х.Зиберт и др. Новые изотопы  $^{178}\text{Ir}$ ,  $^{180}\text{Ir}$ ,  $^{181}\text{Ir}$  Препринт ОИЯИ, P6-6321. Дубна, 1972
8. S.Davaa, T.I.Kracikova, B.Finger, J.Kvasil, V.I.Fominykh, W.D.Hamilton Nuclear orientation study of the decay of  $^{169}\text{Lu}$  J.Phys.1982, G8, p.1585-1604.
9. S.Davaa, T.I.Kracikova, B.Finger, P.O.Lipas, V.I.Fominykh, W.D.Hamilton Nuclear orientation study of the decay of  $^{172}\text{Lu}$  J.Phys.1984, G10, p.1115-1132
10. S.Davaa, T.I.Kracikova, B.Finger, J.Kvasil, V.I.Fominykh, W.D.Hamilton Nuclear orientation study of the decay of  $^{171}\text{Lu}$  Nucl.Phys.A440.p.203
11. В.С.Бутцев, Ю.К.Гаврилов, Ж.Ганзориг, С.М.Поликанов, Д.Чүлтэм. Явления возбуждения высокоспиновых ядерных состояний при поглощении пиона. Письма в ЖЭТФ, т.21, стр.400, 1975
12. В.С.Бутцев, Я.Вандлик, Ц.Вылов, Ж.Ганзориг, С.М.Поликанов, Д.Чүлтэм. Распределение множественности нейтронов в реакции захвата пионов ядрами. Я.Ф.т.23 стр.1169-1173. 1977
13. V.C.Butsev, D.Chullem, J.Ganzorig, Yu.K.Gavrilov, V.Presperin Negative Pion Capture by medium nuclei in the region  $Z=50$  Amsterdam 1977. Nuclear Phys.A 285.
14. D.Chullem, J.Ganzorig, J.Cojocar, Kim Zi Khan, et al Nuclear Phys A247 p.452-472. 1974. Dubna.

15. А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, А.М.Кучер Получение спонтанно делящегося изомера  $^{236}\text{U}$  при радиоационном захвате тепловых нейтронов. Я.Ф. N14, 685, 1971.
16. A.G.Belov, Yu.P.Gangrsky, B.Dalkhsuren, A.M.Kucher, T.Nagy, D.Nadkgrni Production of spontaneously fissioning isomers in Th, U, Np, Pu, and Am isotopes in reactions induced by 14.7 MeV neutrons Препринт ОИЯИ, Е-15-6807, 1972
17. B.Dalkhsuren, Yu.P.Gangrsky, G.N.Flerov, Ya.A.Lazarev, B.N.Markov Production of spontaneously fissioning isomers  $^{242}\text{Am}$  and  $^{244}\text{Am}$  at the slow neutron capture Препринт ОИЯИ, Е-15-6807, 1969
18. М.П.Прелыгин, О.Отгонсурэн, С.П.Третьякова и др. О поисках следов осколков спонтанного деления далеких трансурановых элементов в природных минералах Препринт ОИЯИ, Р7- 5914, Дубна, 1971
19. B.Jakuri, O.Otgonsuren, D.Lhagvasuren et al  
The abundances of galactic cosmic ray nuclei with  $Z \geq 50$  averaged overtime Proc of 16th inter cosmic ray conf. Kyoto, Japan 1979.V1.p.380
20. O.Otgonsuren, V.P.Perelygin et al  
The results calibrating meteoritic olivine crystals with  $^{238}\text{U}$  nuclei at the Bevalac accelerator Abstr.of papers presented at 52-nd meteorit soc meeting.Vienna, 1989
21. Enkhjin.L.and V.P.Perelygin  
Determination of microquantities of Be in samples  $\alpha$ -sensitive track detectors Radiation Measurements, V.28.Nos 1-4.p.393-396.1995.
22. Enkhjin.L.and V.P.Perelygin  
Determination of track age of some terrestrial and meteoritic minerals. Radiation Measurements, V.25.Nos 1-4.p.525-526.1995
23. Ю.П.Гангрский, Б.Н.Марков, П.Зузаан и др.Ion-Guide источник для лазерного спектрометра. Журнал, "Известия РАН серия физическая" т.60.A.G.Belov, Yu.P.Gangrsky, H.P.Tonchev, P.Zuzaan Yield of the  $^{180}\text{Ta}(\gamma, \gamma')$  and  $(e, e')$  reaction in the book "Heavy ion phys.Scientific report 1993-1994 FLNR, JINR, Dubna 1995 p.94
24. A.G.Belov, Yu.P.Gangrsky, H.P.Tonchev, P.Zuzaan  
Excitation of the high -spin  $^{180}\text{Hf}$  isomer and deexcitation of the  $^{180}\text{Ta}$  isomer in  $(\gamma, \gamma')$  reactions Preprint of the JINR, Dubna 1995.E15-95 396.p10.
25. Ли Га Ён, Н.Содном, Г.М. Осетинский, А.М.Говоров, И.В.Сизов, В.И.Салазкий Исследование реакции  $^3\text{He}+^3\text{H}$  ЖЭТФ, т.39 вып. 2 225-229
26. Г.Хүүхэнхүү, Ю.П.Попов, В.И.Салазкий  
Усредненные сечения реакции  $(n, \alpha)$  в ядрах  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{143}\text{Nd}$ ,  $^{149}\text{Sm}$  в области энергии нейтронов 30 кэВ. Я.Ф.; т.32.N4.1980 стр.883-901.
25. В.А. Втюрин, Ю.П.Попов, И.Чадраабал и др  
Реакция  $^{95}\text{Mo}$   $(n, \alpha)$  на промежуточных нейтронах и средние  $\alpha$ - ширины S и P - нейтронных резонансов. В. книге Нейтронная физика. Т.2 М. 1983.
26. Tang Gouyou, Bao Shanglian, G.Khuukhenkhuu et al Angular distribution and cross section measurements for the reaction  $^{40}\text{Ca}(n, \alpha)^{37}\text{Ar}$  using gridded ionization chamber Nucl.techniques v17. N3. 1994. p.129-135.
27. G.Khuukhenkhuu, I.Chadraabal  
Average  $(n, \alpha)$  cross section induced by slow neutrons. Scientific Transactions , National University of Mongolia. N2.125.1996, Ulaanbaatar.
28. G. Khuukhenkhuu, I.Chadraabal, G.Unenbat  
Astrophysical implications of charged particle emission reaction induced by slow neutrons Scient .transactions, NUM N2 .125.1996, Ulaanbaatar
29. YU.M.Gledenov, Bou Shanglain, G.Khuukhenkhuu et al  
Study of the fast neutron induced  $(n, \alpha)$  reaction for middle -mass nuclei. Proceedings of the inter.conf on Nuclear data for science and Technology .May 19-24,1997, Trieste ,Italy
30. G. Khuukhenkhuu, G.Unenbat et al



- Systematical analysis of the fast neutron induced charged particle emission reaction cross section. Proceedings of the inter.conf on nuclear data for Scien.and Technology, 1997, Trieste, Italy
31. Zhang Xuelei...G.Khuukhenkhuu Measurements and Calculations of the K-39 and Ca-40(n, $\alpha$ ) Cross Sections at En=4,5 to 6,5 Mev . Nuclear Science and Engineering the International Research Journal of the American Nuclear Society Vol.134,№1,January 2000 89-96. ISSN:0029-5639
  32. Zhang Xuelei...G.Khuukhenkhuu Dispersion relations for (n,n), (n,p) and (n, $\alpha$ ) reactions on K-39 and Ca-40 Physical Review C, Vol.61,054607,1-7, April 2000
  33. Yu.M.Gledenov...G.Khuukhenkhuu Twin Ionization Chamber for Studies of (n,p),(n, $\alpha$ ) Reactions E13-2000-89 Dubna.2000
  34. Zhang Guohui, Tang Guoyou, Chen Yingtang, Shi Zhaomin, G.Khuukhenkhuu Measurement of Double Differential Cross Sections for  $^{39}\text{K}(n,\alpha)$  Reaction Communication of Nuclear Data Progress. №21, 1999, INDC(CPR)-148/L. China Nuclear Data Center. Atomic Energy Press. Beijing, p.11-15
  35. Chen Zemin, Zhang Xuemei, Yu. M. Gledenov, G.Khuukhenkhuu, M.Sedysheva Measurement of Absolute Neutron Flux by Polythene Film . Nuclear Electronics and Detection Technology. Vol.19,№4, 1999. P.248-251
  36. Zhang Xuemei, Yu. M. Gledenov, G.Khuukhenkhuu .. Adjustment of High-pressure Twin Gridded Ionization Chamber and Preliminary Measurement of  $^{58}\text{Ni}(n,p)$  Reaction. Nuclear Techniques. Vol.22, 1999. p.11-16
  37. Prokert F.Balagurov A.M.Sangaa D. Investigation of diffuse phase transition in crystal  $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$  using neutron scattering Dubna ,1990,Preprint JINR Num :P14-90-240,9 pages
  38. Prokert F.Balagurov A.M.Sangaa D.et all Neutron diffraction studies on  $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$  single crystals with x=0.75, 0.70, 0.61, 0.50, and 0.46 Ferroelectrics , 1990, Vol.122, p.1321-1329
  39. G.Baldemberel , D.Sangaa, D.Chulle An Investigation of Fossil Bone Mineral structure with neutron scattering Dubna , 1999, JINR, P14-99-131. p7
  40. Б.Отгоолой, Ш.Гэрбиш Их энергитэй цөм -цөмийн мөргөлдөөний үед үүсэх фрагментүүдийн гаж харилцан үйлчлэлийн судалгаа. МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг. N4 (137) 26-35
  41. Д.Чүлтэм, О.Отгонсүрэн, Т.Гун-Аажав, Ш.Гэрбиш ба бусад Исследование радиоактивности костей динозавра с помощью гамма спектрометра Атомная энергия т.35, вып.2, 1973, с.130-132
  42. А.г. Белов, Н.Содном, Б.Далхсүрэн, Ш.Гэрбиш, П.Зузаан, С.Даваа, А.Г.Ревенко Рентгеноспектральное определение малых содержаний элементов от V до Mo с применением нового варианта эталонирования на спектрометре с ППД Атомная энергия 1980.т49, вып.2.стр 90-94
  43. Sh.Gerbish, N.Sodnom, O.D.Maslov, K.A.Gavrilov, A.G.Belov Determination of the element content of Coal by Nuclear methods heavy ion Physics ,JINR,Laboratory of Nuclear reaction, E7-91-75, 1991, Dubna p.275
  44. Sh. Gerbish, V.Y.Lebedev S.N. Dimitrev Radiochemical NAA of Pt and Ir in natural samples using microwave plasma 12-th radiochemical conference, Abstracts marianske lazne, May1990, p.59
  45. Г.Н.Флеров, Н.Содном, Ш.Гэрбиш, Г.С.Попеко, В.Е.Жучко, И.Кежек, X.Христов Массовое определение содержания Ir инструментальным НАА методом Isotopenpraxis 1989. И7. 25. p.281-286

46. Д.Шагжжамба, Ж.Ганзориг, Б.Далхсүрэн  
Монгол улсын аймаг, хотуудын хүн амын цацрагийн гадаад шаралтын тун МУИС,  
Эрдэм шинжилгээний бичиг N2(125) 1996 57-62
47. Д.Шагжжамба, Н.Норов  
Байгалийн цацраг идэвхийг монголд судалсан байдлаас МУИС, Эрдэм шинжилгээний  
бичиг N2(125) 1996 119-126
48. Н.Содном, Д.Чүлтэм, Б.Далхсүрэн, Д.Шагжжамба, Ш.Гэрбиш ба бусад Байгаль  
орчны бохирдолтыг судлахад цөмийн физикийн арга хэрэглэх ШУА-ийн мэдээ N4  
1984 14-21
49. Д.Баатархүү, А.Г.Белов, П.Г.Бондаренко, Ш.Гэрбиш, Б.Далхсүрэн,  
С.Даваа, Н.Норов, Ч.Намнан, Б.Отгоолой, Н.Содном, Б.Сэргэлэн,  
Г.Хүүхэнхүү, Л.Энхжин.  
Электроны хурдасгуур МТ-22 МУИС, Э.Ш.Б, N4(137),109-119 УБ,  
1998.
50. Н.Норов, С.Даваа, Н.Ганбаатар  
*Байгалийн цацраг идэвхийг судлах гамма спектрометрийн нэгэн арга*  
МУИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг №6(147), УБ, 1999. 162-169-р тал.
51. Н.Содном, Г.Хүүхэнхүү, П.Зузаан, Б.Эрдэв, Б.Мөнхцэцэг  
Агаарын радоны судалгаа "Экологи тогтвортой хөгжил" товхимол, № 5, х.285-292, УБ,  
2000
52. Н.Норов,Ц.Оюунчимэг, Г.Хүүхэнхүү Усан дахь радоныг тодорхойлох цөмийн  
физикийн аргуудын харьцуулсан анализ. МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг  
№7, (159), 2000 он.
53. П.Зузаан, Н.Гансүх,С.Даваа, З.Дамдинсүрэн ба бусад Уулын баяжуулах "Эрдэнэт"  
үйлдвэрийн технологийн процессыг хянадаг рентген спектр анализын аргыг  
боловсронгуй болгох асуудалд.  
МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг №7, (159), 2000 он.
54. Sh.Gerbish, G.Ganbold, G.Ganchimeg, J.Bayarmaa, B.Dalhsuren Determination of  
radionuclides, toxic heavy metals and trace elements in environmental samples.МУИС-  
ийн эрдэм шинжилгээний бичиг №7, (159), 2000 он.
55. Ж.Баярмаа, Ш.Гэрбиш Хүнсний бүтээгдэхүүнд цацраг идэвхит элементүүд, хортой  
хүнд металл тодорхойлох. "Бүс нутгийн хөгжил, мэдээллийн технологи-2000"  
Завхан "Даян" 2000, с.148-161
56. Ц.Түмэндэлгэр, Д.Чүлтэм, М.И.Кривоустов и др. Калиметрическая  
электроядерной мишени для уран-свинцовой сборки при энергии протонов 1.5 ГэВ.  
Препринт ОИЯИ, Дубна, P1-99-247, 1999
57. Б.Отгоолой1.8 ГэВ/нуклон  $^{40}\text{Kr}+\text{Cu}$  харилцан үйлчлэлийн судалгаа МУИС-ийн Эрдэм  
шинжилгээний бичиг № 7 (159), УБ, 1999
58. Ю.П.Гангрский, П.Зузаан, Н.Н.Колесников, В.Г.Лукашек, А.П.ТончевИзомерные  
отношения в реакциях при энергиях гигантского дипольного резонанса  
"Ядерная физика", 1999, том 62, №10, с.1733-1739
59. А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, К.К. Гудима, П.Зузаан Интегральные сечения  
фотоядерных реакций в области гигантского дипольного резонанса. "Атомная  
энергия" май 2000, том 88, вып. 5, с.391-39613

60. М.И.Кривоустов...Ш.Гэрбиш 0 первом Эксперименте по Калориметрий Ураноного Бланкета на Модели U/Pb-сборки Электроядерной Установки (Энергия Плюс Трансмутация) на Пучке Синхрофазотрона ОИЯИ при энергий Протонов 1,5 Гэв Р1-2000-168 Дубна.
61. Н.Норов, Ш.Гэрбиш Б. Далхсүрэн Н. Содном  
Гамма идэвхжилийн аргаар нүүрсний эрдсийн бүрэлдэхүүнийг судалсан тухай  
Органик бодисын судлал №2 (Химийн хүрээлэн) УБ. 1989. 15-18-р тал
62. Н.Норов, Ш.Гэрбиш Б. Далхсүрэн В. П.Перельгин и др  
Способы инструментального определения содержания урана и тория с  
использованием микротрона  
Препринт ОИЯИ, 18-90-417, Дубна. 1990, 20 стр
63. Н.Норов, Б. Далхсүрэн О. Отгонсүрэн  
Багануурын нүүрсэн дэх ураны хэмжээг цөмийн физикийн аргаар судалсан тухай  
ШУА-ийн мэдээ №1 УБ, 1991, 7-11-р тал
64. Н.Норов, D.Chullem J.Ganzorig N.Gansukh  
A study of uranium/Radium disequilibrium by the spectral line centroid expansion  
method  
Nuclear Geophysics, vol.5, №4, pp541-545, Oxford, Pergamon Press, 1991.
65. Н.Норов, О.Отгонсүрэн В.П.Перельгин Л.Энхжин  
Трековый метод определения содержания урана и тория в природных образцах  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №6, УБ, 1992, 121-130-р тал
66. Н.Норов, О.Отгонсүрэн С. Даваа  
Дорнод монголын нүүрсний цацраг идэвхийг судалсан дүн  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2(125), УБ, 1996, 42-47-р тал
67. Н.Норов, Ж.Ганзориг С. Даваа Хүрэн нүүрсэнд цацраг идэвхийн тэнцвэрийг  
тодорхойлсон нь  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2(125), УБ, 1996, 88-93-р тал
68. Н.Норов, Д.Шагжамба Байгалийн цацраг идэвхийг Монголд судалсан байдлаас  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №2(125), УБ, 1996, 119-126-р тал
69. Н.Норов, С. Даваа  
Нүүрсэн дэх байгалийн цацраг идэвхт изотопуудын зөвшөөрөгдөх хэмжээг тогтоох  
асуудалд  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №5(138), УБ, 1998
70. Н.Норов, С. Даваа  
Агаар дахь радон, түүний задралын бүтээгдэхүүнийг судалсан тухай  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №5(138), УБ, 1998
71. Н.Норов, С. Даваа Д.Шагжамба  
Зарим хот орчмын хөрсний цацраг идэвхийг гамма спектрометрээр судалсан нь  
МУИС, Эрдэм шинжилгээний бичиг №5(138), УБ, 1998
72. Н.Норов, С. Даваа, Ц.Оюунчимэг Чойбалсан хотын цацрагийн экологийн асуудалд,  
"Бүс нутгийн хөгжил, мэдээллийн технологи-2000" товхмол, УБ, 2000,  
77-82 тал
73. Ж.Ганзориг, С. Даваа, Н.Норов  
Экологийн цэвэр цөмийн энерги технологи ашиглах асуудалд  
Экологи-тогтвортой хөгжил. Дугаар 2. УБ, 1998, 143-150-р тал
74. Н.Норов, Н. Содном, С. Даваа, Л.Энхжин  
Цөмийн эрчим хүч ашиглах тухай  
МУИС-ийн Эрдэм шинжилгээний бичиг №6(147), УБ, 1999. 11-20-р тал.
75. Н.Содном, Б.Эрдэв, Л.Энхжин, Н.Норов  
Дулаан хангамжид цөмийн энергийг ашиглах нь  
МУИС, ЭШБ, №3/35, УБ, 1999, ж.2
76. Н.Содном, Л.Энхжин, Н.Норов  
Бага, дунд чадлын атомын станцын байршлалын асуудалд  
МУИС, Э.Ш.Б, №4(137), 104-108 УБ, 1998