

МОНГОЛ УЛС ЦӨМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ НЭГДСЭН ИНСТИТУТ ХООРОНДЫН ХАМТЫН АЖИЛЛАГАА

Ц.Ганцог¹, Ж.Ганзориг², Ц.Дамдинсүрэн³

¹-Монгол Улсын Их Сургууль,

²-Засгийн газрын Цөмийн энергийн комисс

³-Засгийн газрын Цөмийн энергийн комисс

Оросын Холбооны Улсын Дубна хот дахь Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институт байгуулагдсан тухай товч түүх, тус институтийн зорилго, судалгааны ажлын чиглэл, үйл ажиллагаа, олон талт хамтын ажиллагаа, судалгааны ажлын гол үр дүнгийн тухай болон ЦШНИ Монгол Улсын хоорондын хамтын ажиллагаа, түүний үр дүнгийн тухай өгүүлнэ. Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институт нь тус институтийн гишүүн орнуудын Засгийн газар хоорондын эрдэм шинжилгээ-судалгааны байгууллага юм.

I. ЦӨМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ НЭГДСЭН ИНСТИТУТ БАЙГУУЛАГДСАН ТҮҮХЭЭС

Зөвлөлт Холбоот Улсын санаачилгаар 1956 оны 3 дугаар сарын 20-26-ны өдрүүдэд Москва хотод Цөмийн шинжилгээний дорно дахины институт байгуулах асуудлаар зөвлөгөөн зохион байгуулсан. Энэ зөвлөгөөнд Албани, Болгар, Венгри, Зүүн Герман, Зөвлөлт Холбоот Улс, Монгол, Польш, Румын, Ардчилсан Солонгос, Хятад, Чехословак зэрэг 11 улсын Засгийн газрын төлөөлөгчид оролцжээ. Энэ зөвлөгөөнд Зөвлөлтийн талаас ЗХУ-ын Шинжлэх ухааны академийн Тэргүүлэгчдийн эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга А.В.Топчиев (төлөөлөгчдийн тэргүүн), Гадаад хэргийн яамны коллегийн гишүүн С.К.Царапкин, ШУА-ийн сурвалжлагч гишүүн В.И.Векслер, М.Г.Мещеряков, Зөвлөлт Социалист Бүгд Найрамдах Украин Улсын ШУА-ын сурвалжлагч гишүүн Д.И.Блохинцев, манай улсаас Сайд нарын Зөвлөлийн орлогч дарга С.Аварзид (төлөөлөгчдийн тэргүүн), Шинжлэх ухааны хорооны жинхэнэ гишүүн Н.Содном, инженер Н.Тогоо нар оролцжээ [1].

Тус зөвлөгөөнөөр Цөмийн шинжилгээний дорно дахины институт байгуулах, түүнийг хаана байрлуулах, туршлагын багаж төхөөрөмжийн барилга байгууламж, гишүүн орнуудын татвар, институт байгуулах тухай гэрээний төсөл, түүнийг батлах, тус институтийн бүтэц, зохион байгуулалт, удирдлагыг сонгох болон бусад орнуудыг урьж гишүүнээр элсүүлэх тухай асуудлуудыг хэлэлцэж, олон чухал шийдвэрүүдийг гаргажээ.

Энэ зөвлөгөөн дээр доктор Д.И.Блохинцевын "Цөмийн шинжилгээний дорно дахины институт байгуулах тухай" асуудлаар тавьсан илтгэлд "Социалист орнуудын физикчид-эрдэмтдийн хүчийг нэгтгэх, атомын цөмийн физикийн салбарт шинжилгээ, судалгааны ажлыг өндөр түвшинд хөгжүүлэх зорилгоор энэ институтийг байгуулж байна" гэж тэмдэглэжээ [1].

Доктор Д.И.Блохинцевын Цөмийн шинжилгээний дорно дахины институтийг байгуулах илтгэлийг хэлэлцэж, зөвлөгөөнд оролцсон орнуудын төлөөлөгчдийн тэргүүнүүд үг хэлж, санал солилцож, тус институтийг байгуулахыг дэмжиж, энэ зөвлөгөөнөөр ийм институт байгуулах шийдвэр гаргаж, 3 дугаар сарын 26-ны өдөр Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институт байгуулах тухай гэрээнд гарын үсэг зуржээ [1,2].

Зөвлөгөөний явцад Чехословак улсын төлөөлөгчдийн саналаар Цөмийн шинжилгээний дорно дахины институт нь Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институт гэсэн нэртэй болжээ. Энэ зөвлөгөөнөөс тус институтийн гишүүнээр элсэх урилгыг Вьетнам улсад явуулсан.

Зөвлөлт Холбоот Улсын Шинжлэх ухааны академийн судалгаа, шинжилгээний хоёр томоохон төв Цөмийн асуудлын институт болон Цахилгаанфизикийн лаборатори, тэдгээрийн үндсэн болон туслах барилга байгууламжуудыг Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтэд шилжүүлсэн байна. Энэ институт болон лаборатори нь онолын групп, тооцон бодох товчоотой.

Цөмийн асуудлын институтийн үндсэн төхөөрөмж нь 1949 онд ашиглалтад орсон 7200 тн жинтэй, протоны 680 МэВ энергийн цикл хурдасгуур-синхроциклотрон бөгөөд энэ үед дэлхийд хамгийн том нь байлаа. Энэ институтийн захирал нь ШУА-ийн сурвалжлагч гишүүн М.Г.Мещеряков байв. Тус институтэд доктор 6, дэд доктор 12, инженер 150, мэргэшсэн ажилчин 200, бүгд 368 хүн ажиллаж байсан [1].

Цахилгаанфизикийн лабораторийн үндсэн төхөөрөмж нь тухайн үед барьж байгуулж байсан 36000 тн жинтэй, 10 млрд эВ протоны хурдасгуур-синхрофазотрон байсан. ШУА-ийн сурвалжлагч гишүүн В.И.Векслер энэ лабораторийн захирлаар ажиллаж байсан. Энэ лабораторит доктор 3, дэд доктор 11, инженер 115, мэргэшсэн ажилчин 190, бүгд 319 хүн ажиллаж байжээ [1].

Үүнээс гадна 2500 тн жинтэй, нэг нуклонд ногдох энерги нь и 6-7 МэВ бүхий ионы хурдасгуур-циклотрон болон нейтроны реакторыг ойрын 2-3 жилд шинээр барихаар тогловсон байна.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн бүтцэд Цөмийн асуудлын лаборатори, Их энергийн лаборатори, Онолын физикийн лаборатори, Нейтроны физикийн лаборатори гэсэн 4 лаборатори орсон.

Тус институтийг анх Москва хотоос зүүн хойш 120 км зайнд орших Калинин мужийн Шинэ-Иваньково тосгонд байгуулагдаж Москва мужийн Дубна хот болж өөрчлөгдсөн.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн захирлаар Зөвлөлт Социалист Бүгд Найрамдах Украин Улсын Шинжлэх ухааны академийн сурвалжлагч гишүүн, доктор, профессор Д.И.Блохинцев, орлогч захирлаар Польшийн эрдэмтэн, доктор, профессор Мариан Даниш, Чехословакийн Академийн сурвалжлагч гишүүн, профессор, доктор Вацлав Вотруба нарыг тус тус сонгожээ.

1956 оны 3 сарын 20-23-нд болсон тус институтийн гишүүн орнуудын Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хорооны анхдугаар чуулганаар тус институтийн дүрмийг баталсан [3].

Энэ чуулганд Эрдмийн зөвлөлийн гишүүн Н.Содином, Шинжлэх ухааны хорооны

жинхэнэ гишүүн, Сангийн сайдын орлогч Б.Дүгэрсүрэн нар оролцсон. Тус дүрэмд гишүүн орнуудын Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хорооны 1992 болон 1999 оны ээлжит хуралдаанаар тус тус өөрчлөлт оруулж, 1999 оны 3-р сарын 18-ны өдрийн хуралдаанаар нэмэлт өөрчлөлт оруулсан [4].

II. ЦӨМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ НЭГДСЭН ИНСТИТУТИЙН ОЛОН ТАЛТ ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн зорилго нь материйн үндсэн шинж чанаруудыг судлахын тулд тус институтийн гишүүн орнуудын судалгаа, шинжилгээ ба материаллаг боломж, хүчин чармайлтыг нэгтгэх явдал юм. Тус институтийн судалгааны үндсэн салбарууд нь атомын цөм болон эгэл бөөмсийн физик, цөмийн физикийн арга ашиглаж судлах хатуу биеийн физик юм [1,4].

Энэ зорилгоо биелүүлэхийн тулд институт дор дурдсан үйл ажиллагаануудыг явуулдаг. Үүнд:

- өөрийн үйл ажиллагаандаа зовшоорөгдсөн эрдэм шинжилгээ, судалгааны чиглэлүүдээр онолын болон туршлагын судалгаа явуулах;

- эрдэм шинжилгээ, судалгаа явуулах туршлага, судалгааны дүнд гаргаж авсан мэдээлэл болон эрдэм шинжилгээний бүтээл солилцох, конференц, симпозиум, сургалт зохион байгуулах;

- тус институтийн эрдэм шинжилгээний ажилтнуудын бүтээлч чадварыг бүх талаар хөгжүүлэх, тэдний мэргэшлийн түвшинг дээшлүүлэх аятай, тохитой нохицол бүрдүүлэх;

- харилцан ашигтай хамтын ажиллагааны зохион байгуулалт болон үйл ажиллагааг зохицуулах зорилгоор бусад байгууллага, олон улсын болон үндэсний эрдэм шинжилгээний байгууллагуудын харилцаа холбоог дэмжих, харилцаа тогтоох;

- суурь судалгааны санхүүжилтийн нэмэлт эх үүсвэрийг хангахын тулд үйлдвэр, анагаах ухаанд нэвтрүүлсэн хавсарга

судалгааны үр дүн болон бусад техникийн боловсруулалтыг ашиглах;

- боловсролтой болгох үйл ажиллагааг хөгжүүлэх, ялангуяа ЦШНИ-ийн гишүүн орнуудын өндөр мэргэшсэн боловсон хүчин бэлтгэх зорилгоор тус институтийн судалгааны үндсэн чиглэлээр аспирант, оюутнуудыг сургах;

Тус институтэд явуулсан эрдэм шинжилгээ, судалгааны ажлын үр дүнг зөвхөн хүн төрөлхтний сайн сайхны төлөө энх тайвны зорилгоор ашигладаг.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн удирдах дээд байгууллага нь түүний гишүүн орнуудын Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хороо юм. Гишүүн орон бүр энэ хороонд нэг л төлөөлөгчтэй байна. Бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хороо институтэд гишүүн шинээр элсүүлэх, гишүүн орнуудын эрхийг зогсоох, гишүүнээс хасах, институтийн ажиглагчид зөвлөх статус олгох асуудлыг шийдвэрлэх, институтийн үйл ажиллагаанд оролцох тухай гэрээг батлах, институтийн хөгжлийн чиглэл болон ирээдүйн төлөвийг тодорхойлох, түүний үйл ажиллагааны төлөвлөгөөг батлах, гишүүн орнуудын төлөх гишүүний татварын хэмжээг тогтоох, дахин авч үзэх, гишүүн орнуудаас ажиллах мэргэжилтнүүдийн тоог тогтоох, Захирал болон ажилтны тухай дүрэм батлах, институтийн жил бүрийн төсөв, түүний биелэлтийн тайлан болон эрдэм шинжилгээний үйл ажиллагааны тайлан батлах, захирлыг сонгох болон орлогч захирал нар, эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, ерөнхий инженерыг сонгож, батлах, институтийн Дүрэмд өөрчлөлт болон нэмэлт оруулах үүрэгтэй^[4].

Гишүүн орнуудын Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хорооны дэргэд Эрдмийн зөвлөл болон Санхүүгийн хороо ажилладаг. Гишүүн орон бүрийн Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгч Эрдмийн зөвлөлийн нэг гишүүнийг томилох эрхтэй. Бусад гишүүдийг бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хороо сонгоно. Тус институтийн захирал Эрдмийн зөвлөлийн гишүүн байна. Эрдмийн зөвлөл нь эрдэм шинжилгээний үйл ажиллагааны үр дүнг үнэлэх, эрдэм шинжилгээ-судалгааны төлөвлөгөө болон төлөвлөгөөний биелэлтийн талаар институтийн захирлын тавьсан илтгэлд дүгнэлт өгөх, эрдэм шинжилгээний ажлын шинэ хөтөлбөр болон

чиглэл хөгжүүлэх тухай төсөлд шинжилгээ хийх, институтийн эрдэм шинжилгээний үйл ажиллагааг боловсронгуй болгох талаар зөвлөгөө өгөх, авч хэлэлцсэн асуудлаар гаргасан зөвлөмж болон шийдвэрийг бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хорооны даргад явуулах үүрэгтэй^[4].

Эрдмийн зөвлөлийн чуулган жилд хоёроос доошгүй удаа хуралдана. Одоогийн байдлаар Эрдмийн зөвлөл нь шийдэх эрхтэй 36, зөвлөх эрхтэй 9, программын хорооны төлөөлөгч 3, бүгд 48 гишүүнтэй, үүний 38 нь гишүүн орнуудаас, 10 нь гишүүн бус Герман, Итали, АНУ, Франц, Грек, Энэтхэг, Нидерланд зэрэг бусад орон, Цөмийн судалгааны Европын төвөөс сонгогдсон.

Тус институт Санхүүгийн хорооны бүрэлдэхүүнд Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгч томилсон гишүүн орон бүрээс нэг мэргэжилтэн байна. Санхүүгийн хороо нь тус институтийн санхүүгийн үйл ажиллагааны хяналтыг хэрэгжүүлэх, институтийн төсвийн гүйцэтгэлийн зөв бурууг шалгах, шинэ оны төсвийн төсөл болон санхүүгийн жилийн төсвийн гүйцэтгэлийн тайлангийн талаар дүгнэлт өгөх, санхүүгийн үйл ажиллагааг боловсронгуй болгох болон бусад санхүүгийн холбогдолтой асуудлаар бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хороонд зөвлөмж өгөх үндсэн үүрэгтэй. Санхүүгийн хороо жилд нэгээс доошгүй удаа хуралдана^[4].

Тус институтийн захирлаар толгойлуулсан институтийн удирдлага Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн үйл ажиллагааг хэрэгжүүлнэ. Институтийн удирдлагын бүрэлдэхүүнд тус институтийн орлогч захирлууд, лабораториудын захирлууд, институтийн эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, ерөнхий инженер багтана. Гишүүн орнуудын бүрэн эрхт төлөөлөгчдийн хороо институтийн захирлыг 5 жилийн хугацаагаар сонгоно.

Тус институтийн удирдлагын дэргэд зөвлөх үүрэгтэй Шинжлэх ухаан-техникийн зөвлөл ажилладаг. Энэ зөвлөл нь эрдэм шинжилгээ, судалгааны үйл ажиллагааг зохион байгуулахад тус институтийн эрдэм шинжилгээний ажилтан нар оролцох боломжийг хангах үүрэгтэй. Энэ зөвлөлийн бүрэлдэхүүнийг сонгох болон түүний үйл ажиллагааны дэг, журам нь "Шинжлэх ухаан-техникийн дүрэм"-ээр зохицуулагдана.

Цомийн шинжилгээний нэгдсэн институт нь эрдэм шинжилгээний лабораториуд, инженер-техникийн үйлдвэрлэлийн, захиргаа-аж ахуйн болон бусад туслах нэгж, салбартай. Тус институт олоо Цомийн урвалын, Нейтроны физикийн, Цомийн асуудлын, Онолын физикийн, Их энергийн, Хэт их энергийн, Мэдээллийн технологийн лаборатори болон Цацрагийн аюулгүйн тасагтай.

Одоогийн байдлаар ЦШНИ нь Азербайджан, Армени, Беларусь, Болгар, Вьетнам, Гурж, Казахстан, Ардчилсан Солонгос, Куба, Молдов, Монгол, Польш, Оросын Холбооны Улс, Румыни, Словак, Узбекистан, Украин, Чех зэрэг 18 гишүүн оронтой. Унгар, Герман улс хоёр талын хамтын ажиллагааны гэрээтэй ажилладаг.

Тус институтэд 6000 орчим хүн ажилладаг, үүний 1000 гаруй нь эрдэм шинжилгээний ажилтан, 2000 орчим нь инженер-техникийн ажилтан юм. 260 гаруй шинжлэх ухааны доктор, 630 боловсролын доктор ажиллаж байна. 2004 онд 36.45 сая ам.долларын орлого олж, 34.12 сая ам.доллар зарцуулсан ба 2005 оны төсөв 37.77 сая ам.доллороор батлагдсан байна.

Цомийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн захирлаар ЗХУ-ын хөдөлмөрийн баатар, төрийн 2 удаагийн шагналт, сурвалжлагч гишүүн Д.И.Блохинцев (1956-1965), ЗХУ-ын хөдөлмөрийн 2 удаагийн баатар, төрийн 2 удаагийн шагналт, академич Н.Н.Боголюбов (1965-1989), Унгарын академич Д.Киш (1989-1992), ОХУ-ын академич В.Г.Кадышевский (1992-2005) нар ажиллаж байлаа. 2006 оны нэг сараас профессор А.Н.Сисакян ажиллаж байна^[5].

Тус институтийн Цомийн урвалын лабораторийг ЗХУ-ын хөдөлмөрийн баатар, төрийн 3 удаагийн шагналт, академич Г.Н.Флёров (1957-1990), Нейтроны физикийн лабораторийг ЗХУ-ын төрийн 3 удаагийн шагналт, Нобелийн шагналт, академич И.М.Франк (1957-1988), Цомийн асуудлын лабораторийг ЗХУ-ын төрийн 2 удаагийн шагналт, сурвалжлагч гишүүн В.П.Джелепов (1956-1989), Мэдээллийн технологийн лабораторийг ЗХУ-ын төрийн 2 удаагийн шагналт, сурвалжлагч гишүүн М.Г.Мещеряков (1966-1988), Их энергийн лабораторийг ЗХУ-

ын төрийн шагналт, академич В.И.Векслер (1956-1966), ЗХУ-ын төрийн шагналт, академич А.М.Балдин (1968-1997), Онолын физикийн лабораторийг ЗХУ-ын хөдөлмөрийн 2 удаагийн баатар, төрийн 2 удаагийн шагналт, академич Н.Н.Боголюбов (1956-1965 он), ЗХУ-ын хөдөлмөрийн баатар, төрийн 2 удаагийн шагналт, сурвалжлагч гишүүн Д.И.Блохинцев (1965-1979) нар удирдаж байлаа^[5,6].

ИБР-30 нейтроны реактор, ИБР-2 хурдан нейтроны импульсийн реактор, протон болон хонгон цомийг 10ГэВ хүртэл хурдасгадаг хурдасгуур-синхрофазотрон, протоныг 680 МэВ хүртэл хурдасгадаг протоны хурдасгуур-синхроциклотрон, хүнд ионы хурдасгуур У-400, У-400М, релятив цомийн хурдасгуур-нуклотрон зэрэг цомийн томоохон төхөөрөмжүүдтэй.

Сургалт-эрдэм шинжилгээний төв ажилладаг. Энэ төвд Москвагийн их сургууль, Москвагийн физик-технологийн институт, Москвагийн инженер-физикийн институтийн болон бусад орны их, дээд сургуулийн ахлах курсийн оюутнууд суралцдаг. Энэ төв нь тус институтийн эрдэм шинжилгээний агуу потенциалыг ашиглаж авъяаслаг чадалтай мэргэжилтнүүд бэлтгэх зорилготой. Тус институтийн захиргааны санаачилгаар 1994 онд "Дубна" гэдэг Хүн, нийгэм болон байгалийн олон улсын их сургууль байгуулагдсан. Сургалт-эрдэм шинжилгээний төв нь энэ их сургуулийн бүрэлдэхүүнд багтдаг.

Тус институт жил бүр 10 орчим эрдэм шинжилгээний томоохон бага хурал, 30 гаруй олон улсын зөвлөгөөн болон залуу эрдэмдийн уламжлалт сургуулийг зохион байгуулдаг. Бага хурал, зөвлөгөөн дээр 3000 орчим зохиогчийн 500 гаруй илтгэл тавигддаг. Жил бүр 600 гаруй эрдэм шинжилгээний бүтээл гаргаж, дэлхийд нэртэй цомийн болон эгэл боомсийн сэтгүүл болон тус институтээс зохион байгуулсан бага хурал, зөвлөгөөний материалд хэвлүүлдэг.

Дэлхийн 60 гаруй орны 700 орчим их, дээд сургууль, эрдэм шинжилгээний төвтэй олон талт хамтын ажиллагаа явуулдаг. Зовхон ОХУ-ын 40 хотын 150 фирм, үйлдвэрлэлийн байгууллага, их сургууль, судалгааны төвтэй хамтарч ажиллаж байна. Олон улсын атомын энергийн агентлаг (МАГАТЭ) болон Нэгдсэн үндэсний байгууллагын Боловсрол, шинжлэх

ухаан, соёлын байгууллага (ЮНЕСКО) болон Цөмийн судалгааны Европын төв, Итали улсын Триест хотын Онолын физикийн олон улсын төвтэй нягт хамтран ажилладаг. Хөгжиж байгаа орнуудаас ирж ажиллаж байгаа физикчдэд тэтгэмж олгодог.

Өнгөрсөн 50 жилд тус институтээс гаргасан эрдэм шинжилгээний томоохон бүтээлүүдээс дурдвал, цөмийн шинжлэх ухааны салбарт 37 нээлт хийж, химийн хэд хэдэн элементийг шинээр нээсэн байна. Цэвэр болон хавсарга химийн олон улсын холбоо дэлхийн цөмийн физикийн шинжлэх ухаанд Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн оруулсан хувь нэмрийг үнэлж, тус институтийн эрдэмтдийн нэрийг алдаршуулах зорилгоор Менделевийн үелэх системийн 105 дугаар элементийг “Дубний” гэж нэрлэсэн.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн захирал, академич Николай Николаевич Боголюбов (1974), захирал Кадышевский Владимир Георгиевич (1996) нар МУИС-ийн Хүндэт доктор цол, Н.Н.Боголюбов (1976) Шинжлэх ухааны академийн гадаад гишүүн болсон байна.

Тус институтийн анхы захирал, сурвалжлагч гишүүн Дмитрий Иванович Блохинцев (1969), Их энергийн лабораторийн захирал, академич Александр Михайлович Балдин (1976), Цөмийн асуудлын лабораторийн захирал, сурвалжлагч гишүүн Венедикт Петрович Джелепов (1976), Тооцон бодох, автоматжуулалтын лабораторийн захирал, сурвалжлагч гишүүн Михайл Григорьевич Мещеряков (1976), Онолын физикийн лабораторийн орлогч захирал, профессор Вадим Георгиевич Соловьев (1976), Цөмийн урвалын захирал, академич Георгий Николаевич Флеров (1982), Нейтроны физикийн лабораторийн захирал, академич Илья Михайлович Флеров нар “Алтан гадас” одонгоор шагнагдсан байна.

Академич И.М.Франк (1969), академич Н.Н.Боголюбов (1969), академич Г.Н.Флеров (1969), тус институтийн захирал, профессор Алексей Норайрович Сисакян (1996), Цөмийн урвалын лабораторийн хүндэт захирал, Юрий Цолакович Оганесян (1996), Их энергийн лабораторийн орлогч захирал, профессор Анатолий Алексеевич Кузнецов (1996), тус институтийн захирал туслах, Алексей Иванович Романов (1996), Онолын физикийн

лабораторийн секторын эрхлэгч, профессор Гарий Владимирович Ефимов нар “Найрамдал” медалиар, академич Г.Н.Флеров Ардын хувьсгалын 50 жилийн ойн медалиар тус тус шагнагдсан.

Цөмийн асуудлын лабораторийн зөвлөх, профессор Кирилл Яковлевич Громов (1996), Тооцон бодох техник, автоматжуулалтын лабораторийн эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга Владилен Германович Иванов (1996), Цөмийн урвалын лабораторийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан, профессор Юрий Петрович Гангарский (1996), Цөмийн урвалын лабораторийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан, профессор Владимир Павлович Перелыгин (1996), Онолын физикийн лабораторийн орлогч захирал, профессор Вадим Георгиевич Соловьев (1996), Нейтроны физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан Анатолий Михайлович Балагуров (2002), Нейтроны физикийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан Юрий Михайлович Гледенов (2002) нар “Шинжлэх ухааны тэргүүний ажилтан” цол, тэмдгээр шагнагджээ.

Цөмийн асуудлын лабораторийн захирал, сурвалжлагч гишүүн Венедикт Петрович Джелепов (1996), Их энергийн лабораторийн захирал, академич Алексей Михайлович Балдин (1996), Нейтроны физикийн лабораторийн захирал, профессор Виктор Лазаревич Аксенов (1996), Цөмийн урвалын лабораторийн Микротроны группын дарга Анатолий Георгиевич Белов (1996), Цахилгаантехнологийн тасгийн дарга Павел Георгиевич Бондаренко (1996) нар Боловсрол, шинжлэх ухааны яамны “Хүндэт” үнэмлэхээр шагнагджээ.

Академич Н.Н.Боголюбов 1976 онд Шинжлэх ухааны академийн “Хүндэт” үнэмлэхээр, Их энергийн лабораторийн секторын эрхлэгч, профессор Константин Дмитриевич Толстов Сайд нарын Зөвлөлийн дэргэдэх Цөмийн энергийн комиссын “Хүндэт” үнэмлэхээр тус тус шагнагджээ.

III. МОНГОЛ УЛС ЦӨМИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ НЭГДСЭН ИНСТИТУТИЙН ХАМТЫН АЖИЛЛАГАА

Монгол улс Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн үүсгэн байгуулагчдын нэг

бөгөөд тус институтийн олон талт хамтын ажиллагаанд идэвхтэй оролцож ирлээ. Монгол улс тус институт хоорондын хамтын ажиллагаа нь манай оронд зовхон цөмийн физикийн шинжлэх ухаан төдийгүй электроник, компьютерийн техник, хэрэглээний математик зэрэг шинжлэх ухааны бусад шинэ чиглэлүүд үүсэж хөгжих болон цөмийн судалгааны төв, лабораторийг байгуулах, нарийн мэргэжлийн судалгааны нэгжийг бэхжүүлэх, хүний нөөцийн хөгжилд ихээхэн чухал үүрэг гүйцэтгэсэн ба мэдээллийн технологийн үр шимтэй хөрсийг тавьж өгсөн билээ. Мөн цөмийн технологийг манай улсын хүнс, хөдөө аж ахуй, газар тариалан, эрүүл мэнд, геологи, уул уурхай, байгаль орчин, шинжлэх ухаан, боловсролын салбарт нэвтрүүлж хөгжүүлэхэд үнэлж баршгүй хувь нэмэр оруулсан.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтийн тусламжаар Физик-технологийн хүрээлэнгийн Их энергийн лаборатори 1961, МУИС-ийн Цөмийн судалгааны лаборатори 1965, Компьютерийн лаборатори 1977, Микротроны лаборатори 1992 онд тус тус байгуулагдаж, үр дүнтэй ажиллаж байна.

Өнгөрсөн 50 жилийн хугацаанд манай улсаас 80 гаруй эрдэм шинжилгээний ажилтан богино, урт хугацааны томилолтоор ажиллаж онолын болон туршлагын цөмийн физик, цөмийн электроник, компьютер, програмчлал болон хэрэглээний математикийн мэргэжил эзэмшиж боловсрол, шинжлэх ухааны салбар, төрийн байгууллага болон хувийн секторт үр бүтээлтэй ажиллаж байна. Одоо манай улсаас 9 эрдэм шинжилгээний ажилтан ажиллаж байна.

Академич Н.Содном, профессор Д.Чүлтэм, доктор Д.Түвдэндорж, доктор Н.Далхжав, профессор Б.Далхсүрэн нар анхны ажилтан юм. Профессор Д.Чүлтэм 27, доктор Г.Ганболд 17, доктор Ж.Сэрээтэр 13, профессор О.Лхагва 12, доктор Г.Хүүхэнхүү 11, академич Ч.Цэрэн 11, профессор Ш.Гэрбиш 10 жил тус тус ажилласан байна.

Тус институтэд ажиллаж байсан болон ажиллаж байгаа эрдэм шинжилгээний ажилтнуудаас 13 нь шинжлэх ухааны доктор, 51 нь боловсролын докторын зэрэг хамгаалжээ. Н.Содном, Ч.Цэрэн, Б.Чадраа, Л.Дорж, Ц.Баатар, Х.Намсрай нар Шинжлэх ухааны академийн гишүүн, Д.Чүлтэм, Б.Далхсүрэн, Д.Түвдэндорж, О.Лхагва, О.Отгонсүрэн, Ц.Ганцог, Т.Жанлав, С.Будням,

Ц.Дамдинсүрэн, Д.Сангаа, С.Даваа, Ш.Гэрбиш, С.Лодойсамба нар профессор цол хүртжээ.

Академич Н.Содном тус институтийн орлогч захирлаар (1976-1973), профессор Д.Чүлтэм Цөмийн асуудлын лабораторийн орлогч захирлаар (1970-1974) ажиллаж байсан ба профессор Ш.Гэрбиш Нейтроны физикийн лабораторийн Цөмийн физикийн эрдэм шинжилгээ, туршлагын салбарын орлогч даргаар 2005 оны 5-р сараас ажиллаж байна.

Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институт дэх Монгол улсын Засгийн газрын бүрэн эрхт төлөөлөгчөөр БНМАУ-ын Сайд нарын Зөвлөлийн орлогч дарга Д.Цэвэгмэд (1957-1959, 1968-1988), Шинжлэх ухааны хорооны дарга Жагварал (1957), академич Н.Содном (1959-1967, 1988-1991), академич Б.Чадраа (1991-1996) нар ажиллаж байсан ба 1997 оноос МУИС-ийн захирал, профессор Ц.Ганцог ажиллаж байна.

Академич Н.Содном (1956-1991), профсоор Д.Чүлтэм (1966-1991), академич Б.Чадраа (1974-1981), профессор Б.Далхсүрэн (1977-1991), профессор Д.Сангаа(1992-1997), доктор Ж.Ганзориг (1998-2002) нар тус институтийн Эрдмийн зөвлөлийн гишүүн байсан. Одоо Ц.Баатар (1987 оноос), Г.Хүүхэнхүү (2003 оноос) Эрдмийн зөвлөлийн гишүүн юм.

Тус институтэд ажиллаж байсан олон ажилтан улсын нам, төрийн хариуцлагатай албыг гүйцэтгэж байлаа. Тухайлбал, МАХН-ын Төв Хорооны Шинжлэх ухаан, боловсрол, эрүүлийг хамгаалахын хэлтсийн орлогч эрхлэгчээр профессор О.Лхагва (1977-1985), БНМАУ-ын Дээд, тусгай дунд, техник мэргэжлийн боловсролын улсын хорооны даргаар академич Н.Содном (1980-1982), Ардын боловсролын 1-р орлогч сайдаар (1982-1985) болон Дээд, тусгай дунд боловсролын улсын хорооны 1-р орлогч даргаар профессор Д.Чүлтэм (1985-1989), Шинжлэх ухааны академийн ерөнхийлөгчөөр академич Ч.Цэрэн (1980-1987), академич Н.Содном (1987-1991) нар ажиллаж байсан ба академич Б.Чадраа 1996 оноос ажиллаж байна. ШУА-ын дэд ерөнхийлөгчөөр академич Б.Чадраа, доктор Т.Галбаатар нар ажиллаж байв.

Засгийн газрын Цөмийн энергийн комиссын орон тооны бус орлогч даргаар

академич Н.Содном (1973-1982, 1987-1991), профессор Д.Чүлтэм (1963-1970, 1982-1991), академич Б.Цэрэн (1982-1987), академич Б.Чадраа (1991-1996), профессор Б.Далхсүрэн (1991-1992) нар болон хариуцлагатай нарийн бичгийн даргаар профессор О.Отгонсүрэн (1963-1969), профессор Б.Далхсүрэн (1973-1990), доктор Ж.Ганзориг (1991-1992) нар ажиллаж байсан. Тус комиссын орон тооны орлогч даргаар доктор Ж.Ганзориг (1998-2001), профессор С.Лодойсамба (2002-2004) ажиллаж байсан ба доктор Ж.Ганзориг 2005 оноос, хариуцлагатай нарийн бичгийн даргаар профессор Ц.Дамдинсүрэн 1993 оноос тус тус ажиллаж байна.

МУИС-ийн захирлаар академич Н.Содном (1973-1982) ажиллаж байсан ба профессор Ц.Ганцог 1996 оноос ажиллаж байна. МУИС-ийн орлогч захирлаар профессор Д.Чүлтэм (1968-1970) ажиллаж байсан ба профессор С.Даваа 1992 оноос ажиллаж байна. МУБИС-ийн захирлаар профессор О.Отгонсүрэн (1975-1991) ажиллаж байсан.

Доктор Ч.Жаргал 1990 оноос Олон улсын атомын энергийн агентлагийн Цөмийн зэвсгийг үл дэлгэрүүлэх гэрээний биелэлтийг хянан шалгах газрын хянан шалгах байцаагч, хянан шалгах байцаагчдийн тасгийн орлогч даргаар, доктор Л.Энхжин 2001 оноос тус газрын хянан шалгах байцаагчаар тус тус ажиллаж байна.

Академич Н.Содном (4 удаа), профессор Д.Чүлтэм, академич Ч.Цэрэн (2 удаа), академич Б.Чадраа нар Ардын Их Хурлын депутатаар, академич Б.Чадраа (2000-2004), доктор Р.Бадамдамдин (1996-2000) нар Улсын их хурлын гишүүнээр тус тус сонгогдож байсан. Доктор Р.Бадамдамдин УИХ-ын гишүүнээр 2004 онд сонгогдон ажиллаж байна.

Профессор О.Отгонсүрэн Ардын багш (2001), академич Н.Содном Гавьяат багш (1992), профессор Д.Чүлтэм (2000), академич Б.Чадраа (2001), профессор О.Лхагва (2002) нар Шинжлэх ухааны гавьяат зүтгэлтэн цол, академич Х.Намсрай Төрийн шагнал тус тус хүртсэн. Сүхбаатарын одонгоор Н.Содном, Х.Намсрай, Хөдөлмөрийн гавьяаны улаан тугийн одонгоор Н.Содном, О.Отгонсүрэн, Б.Чадраа, Б.Далхсүрэн, Алтан гадас одонгоор Н.Содном, Д.Чүлтэм (2 удаа), Б.Далхсүрэн, Ж.Ганзориг, Г.Хүүхэнхүү, Д.Сангаа, С.Даваа,

Н.Ганбаатар, Ж.Сэрээтэр, С.Лодойсамба, Ц.Баатар, Ч.Цэрэн, Х.Намсрай, Ш.Гэрбиш, П.Зузаан, Д.Баатархүү, Хөдөлмөрийн хүндэт медалиар Д.Шагжжамба, Л.Дашзэвэг нар шагнагдсан.

Доктор Ж.Ганзориг Дэлхийн оюуны өмчийн байгууллагын "Алтан медаль", Академич Н.Содном, доктор Д.Түвдэндорж, Л.Сэрдамба, доктор Ж.Ганзориг, Ц.Ганцог, Г.Ганболд, О.Отгонсүрэн, Ш.Гэрбиш, П.Зузаан, Н.Ганбаатар, Г.Хүүхэнхүү, А.Пүрэв, лаборант М.Адилбиш нар тус институтийн болон лабораториудын эрдэм шинжилгээний бүтээлийн нэг, хоёрдугаар зэргийн болон тусгай шагнал хүртжээ.

Ашиглалт ном зүй

- [1]. Сопешание по вопросу об организации Восточного института ядерных исследований, 20-26 Марта, 1956 г., г. Москва, СССР.
- [2]. .Ф.Жидкова История Дубны 1956-1986, Издательство Филиал ГУПТО ТОТ, "Кимрская типография", г.Кимры, 2006 г.
- [3]. Сопешание Полномочных Представителей Государтсв-Членов Объединенного института ядерных исследований по рассмотрению и принятию Устава и Положения о сотрудинках Института, 20-23 Сентября, 1956 г., г. Дубна, СССР.
- [4]. Устав Объединенного института ядерных исследований, Дубна, 1999 г.
- [5]. М.Г.Шафранова Объединенный институт ядерных исследований, Информационно-биографический справочник, г. Москва, Физматлит, 2002 г.
- [6]. П.В.Боголюбов, Б.М.Старченко Николай Николаевич Боголюбов: К 95-летию со дня рождения, Изд.отделение ОИЯИ, г. Дубна, 2004 г.

Изучение механизмов реакций с тяжелыми ионами и получение вторичных радиоактивных пучков с помощью фрагмент-сепаратора КОМБАС.

Тетерев Ю.Г. E-mail: teterev@jinr.ru

Joint Institute for Nuclear Research, Laboratory of Nuclear Reactions, ul. Joliot Curie 6, Dubna, Moscow region, 141980 Russia

Experiments in that Be and Ta targets have been bombarded by heavy ions in series ^{12}C , ^{15}N , ^{18}O , ^{22}Ne and ^{40}Ar are discussed. Ions was accelerated at energy 35-45 MeV/nucleon on the U-400M cyclotron at Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR. The targets were placed at the entrance focus of the COMBAS separator. Reaction products near zero-angle degrees were collected and then analyzed. The telescope formed from silicon detectors was placed at the exit achromatic focus of separator. One from pair of parallel plate avalanche counters (PPAC) has been placed at the dispersive focal plane and the other before the silicon detectors. Reaction products was identified on the mass number A and atomic number Z by the $(\Delta E, E)$ telescope and by the $(\Delta E, T)$ method using time of flight between PPAC. The measurements of the yields of isotopes were carried out by scanning the range of magnetic rigidities covering the velocity distributions of the studied isotopes. The results of the experiments was analyzed and compared with different theoretical models. The generation of radioactive beam of ^{11}Li with maximum intensity and its purity was the objective of this experiment. Achieved maximum intensity is 10^4 nuclei at second.

Механизмы ядерных реакций при взаимодействии тяжелых ионов с ядрами мишени в области энергий до 10 МэВ/нуклон хорошо изучены, созданы теории, их описывающие. Для области энергий выше 200 МэВ/нуклон также набрано достаточно много экспериментального материала, на основании которого созданы соответствующие теоретические модели. Несколько другая ситуация возникла в области вблизи энергии Ферми (30 – 40 МэВ/нуклон). В этой области относительная скорость взаимодействующих ядер близка к скоростям звука в ядерной материи и скоростям нуклонов в ядрах. Хотя в последнее время и появились статьи [1, 2], описывающие эксперименты в этой области энергий, полученные данные не достаточно полны. Теоретических же моделей, удовлетворительно описывающих закономерности ядерных реакций в этой области пока нет. Имеются только некоторые качественные объяснения.

Данная работа в основном написана на материале опубликованных результатов экспериментов [3-5], в которых изучались ядерные реакции тяжелых ионов ^{12}C , ^{15}N , ^{18}O , ^{22}Ne and ^{40}Ar в области энергий 30-40 МэВ/нуклон с легкими Be и тяжелыми ядрами Au и Ta мишеней. Детектирование продуктов ядерных реакций проводилось под нулем градусов относительно пучка для того, чтобы минимизировать вклады возможных вторичных процессов девозбуждения в измеряемые выходы. Тяжелые ионы были ускорены на

изохронном циклотроне У-400М Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований. Пучок ионов был выведен на мишень фрагмент сепаратора КОМБАС [6].

Кинематический фрагмент-сепаратор КОМБАС (рис.1) построен по классической схеме ион-оптических ахроматических устройств. В первой половине сепаратора продукты реакции разделяются по их магнитной жесткости (фактически по их продольным импульсам, которые напрямую связаны с жесткостью), а во второй снова собираются в конечном фокусе сепаратора. Из всех продуктов ядерной реакции, попавших с мишени в сепаратор, с помощью коллиматора, размещенного между этими половинами, были отобраны и пропущены во вторую половину только продукты, лежащие в узком диапазоне импульсов. Эти продукты регистрировались и идентифицировались с помощью детекторов, размещенных в конечном фокусе. При неизменном положении щели, созданной коллиматором, было просканировано и измерено импульсное распределение всех продуктов с $Z \geq 2$, путем синхронного изменения магнитного поля всех элементов сепаратора. Выбранный размер щели коллиматора соответствовал импульсному захвату 0,08%, шаг сканирования составлял 0,15%. При таком способе измерения импульсного распределения, регистрируемые продукты проходили в сепараторе один и тот же путь, что обеспечивало одинаковую

эффективность их транспортировки. Данные, полученные в измерениях на разных жесткостях, были нормализованы на результаты одновременных измерений, проводимых вблизи мишени, выхода

продуктов, летящих под углами $\pm 7^\circ$ к направлению бомбардирующего пучка. Измерения проводились с помощью мониторинговых газовых детекторов.

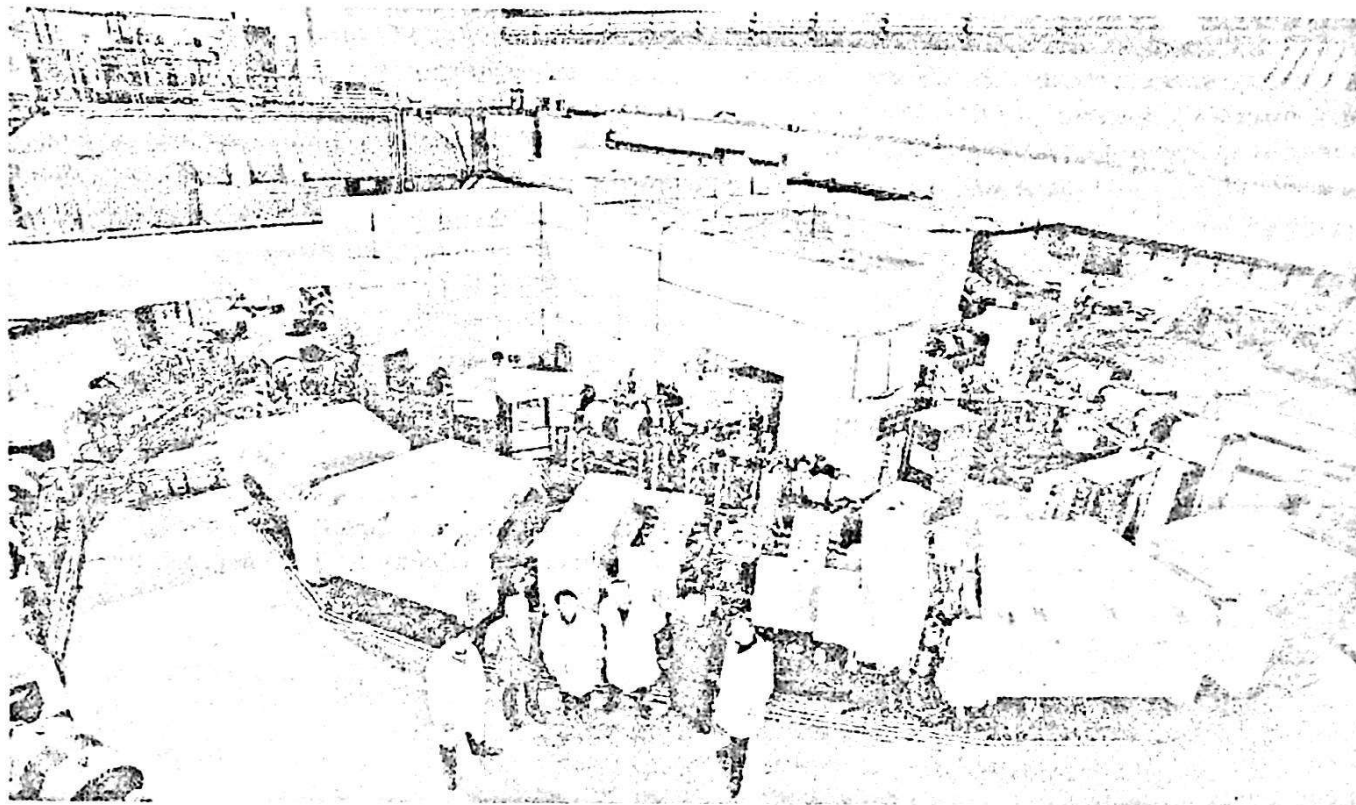


Рис.1

Принципиальное отличие сепаратора КОМБАС от всех существующих заключается в том, что он построен на базе только поворотных магнитов. Фокусировка проходящих через сепаратор частиц достигается за счет того, что поворотные магниты являются мультипольными. Они имеют достаточно сложную форму полюсов, которая рассчитывалась по специальным программам. Полюсные наконечники изготавливались на металлообрабатывающих станках с программным управлением. На рис.2 показан один из таких поворотных

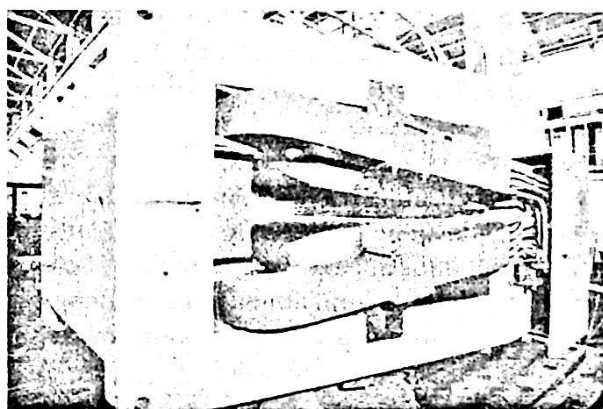


Рис.2

магнитов. В состав сепаратора входит 8 поворотных магнитов. При такой конфигурации удалось создать сепаратор с большой апертурой, и вследствие этого с рекордно большим импульсным и угловым захватом. С другой стороны при относительно небольшом числе магнитных элементов достаточно легко перестроить весь сепаратор на любую жесткость, что не так легко и быстро может быть сделано на других сепараторах. Это позволило провести эксперименты в широком

диапазоне масс и зарядов продуктов реакции и их импульсов.

Для регистрации и идентификации изотопов были использованы две методики. В одной из них, ΔE -E методике, для регистрации продуктов реакции используются два детектора. Первый из них - тонкий, в котором проходящая частица теряет только небольшую часть своей энергии ΔE . В первом приближении, энергия, потерянная в тонком детекторе ΔE , а, следовательно, и амплитуда сигнала с детектора, пропорциональна $\sim Z^2/(AE)$. Следующий за ним детектор - толстый. В нем теряется вся оставшаяся энергия E. Следовательно, амплитуда сигнала с детектора также пропорциональна E. Если зарегистрированные одновременно в обоих детекторах события размещать на двухмерном графике, по одной из координат которого откладывается амплитуда сигнала с детектора ΔE , а по другой - с детектора E, то все события разбиваются на некоторые изолированные области, называемые локусами. В каждой из этих областей зарегистрированы события, связанные с определенным изотопом, и число этих событий связано с выходом данного изотопа в изучаемой реакции при установленной на сепараторе жесткости этого продукта (Рис.3).

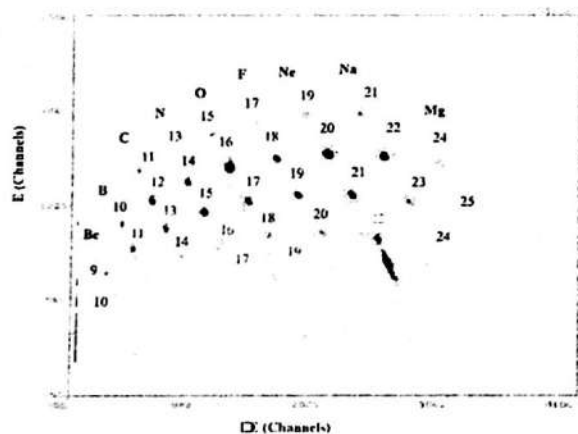


Рис.3

Здесь приведен двухмерный плот, полученный при облучении тонкой Be мишени пучком ионов ^{22}Ne , имеющих энергию 40 МэВ/нуклон.

Во второй методике ΔE - T для регистрации продуктов реакции также используется тонкий детектор для измерения ΔE и два очень тонких быстрых детектора, размещенных на значительном расстоянии друг от друга по ходу регистрируемой частицы, с

помощью которых измеряется время пролета этого расстояния. То есть фактически измеряется скорость частицы. Так же как и в предыдущем случае, если зарегистрированные в некотором коротком временном интервале события размещать на двухмерном графике, по одной из координат которого откладывается амплитуда сигнала с детектора ΔE , а по другой - время пролета между двумя быстрыми детекторами, события разобьются на локусы (Рис.4).

Преимуществом этого метода регистрации и идентификации частиц является то, что зарегистрированные частицы продолжают лететь дальше, потеряв лишь небольшую часть своей энергии, и могут быть использованы для других целей, например, для изучения ядерных реакций с их участием. В нашем эксперименте этому методу был присущ тот недостаток, что легкие ядра He, Li и Be регистрировались с эффективностью много меньшей 100%. Комбинация же двух методов ΔE - E и ΔE - T одновременно в одном измерении позволила нам легко идентифицировать зарегистрированные частицы и добиться 100% эффективности.

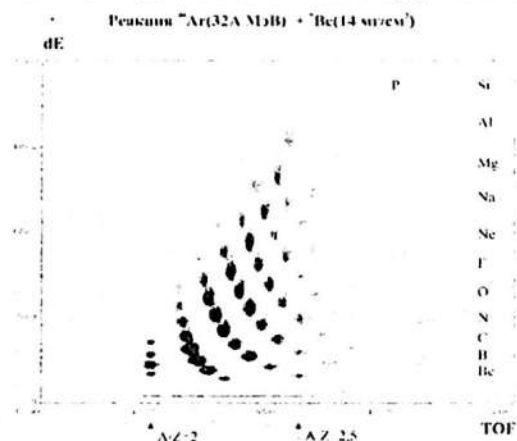


Рис.4

В качестве ΔE -детектора был использован кремниевый толщиной 0,38 мм, имеющий размер 60х60 мм. E-детектор тоже был кремниевый, но толщиной 7 мм и диаметром 60 мм. В качестве быстрых детекторов были использованы лавинные счетчики, наполненные пропаном под давлением 4 торр. Один из них был размещен сразу после коллиматора, а второй непосредственно перед конечным фокусом сепаратора. Расстояние между детекторами составляло 7,5 м.

После того как были обработаны все ΔE - E и ΔE - T плоты при каждом значении жесткости, то есть, посчитано количество

событий в каждой области, соответствующей определенному зарегистрированному изотопу, и сделана нормировка на счет мониторингового детектора, были построены скоростные распределения для всех образующегося в реакции изотопов, имеющих заряд $Z \geq 2$. Скорость продуктов для этих распределений рассчитана в единицах относительных к скорости ядра-снаряда. На рисунке 5 в качестве примера приведены скоростные распределения изотопов азота, кислорода, фтора и неона, образующихся в результате ядерной реакции ^{22}Ne с бериллиевой мишенью при энергии пучка 40 МэВ/нуклон. Можно обратить внимание на то, что для всех изотопов, образовавшихся путем потери нуклонов ядром-снарядом, максимум распределения наблюдается при скорости равной скорости пучка. Для тех же изотопов, которые могли образоваться за счет обмена нуклонами с ядрами мишени, например, ^{21}O и ^{22}F , или подхвата нуклонов, ^{23}F , ^{23}Ne и ^{24}Ne , максимум распределения смещен в область более низких скоростей пропорционально числу подхваченных с ядра мишени нуклонов.

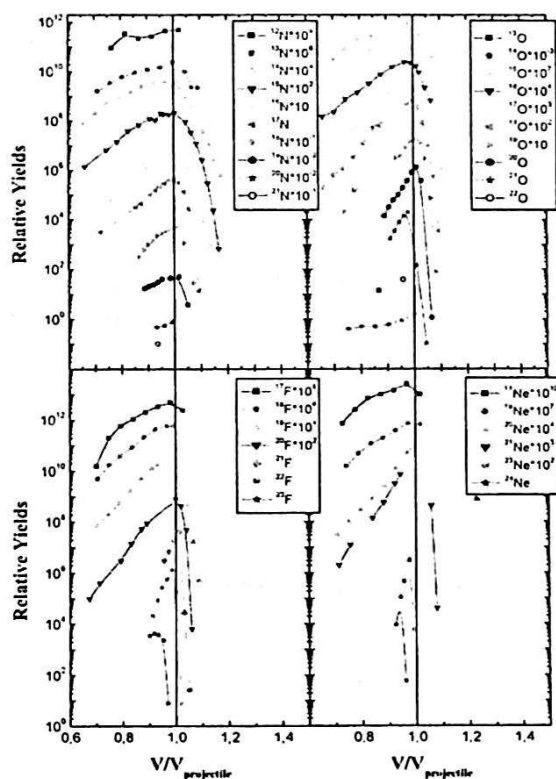


Рис.5

Скоростные распределения были проинтегрированы и эти полученные данные о выходе изотопов использованы для выяснения дополнительных закономерностей изучаемых реакций.

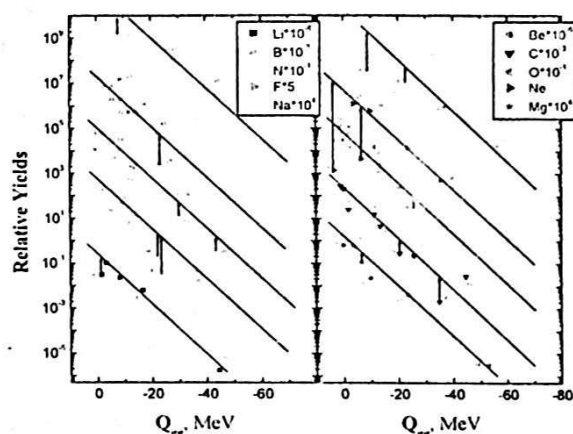


Рис.6

Например, на рис.6 все зарегистрированные изотопы представлены в зависимости их выхода от энергии реакции $Q_{gg} = (M_1 + M_2) + (M_3 + M_4)$ в предположении, что в результате реакции изотопы образуются в основном состоянии. Видно, что в диапазоне более пяти порядков изотопные выходы ядер удовлетворительно аппроксимируются экспоненциальной функцией. Эта систематика является критерием бинарного характера реакции образования изотопов.

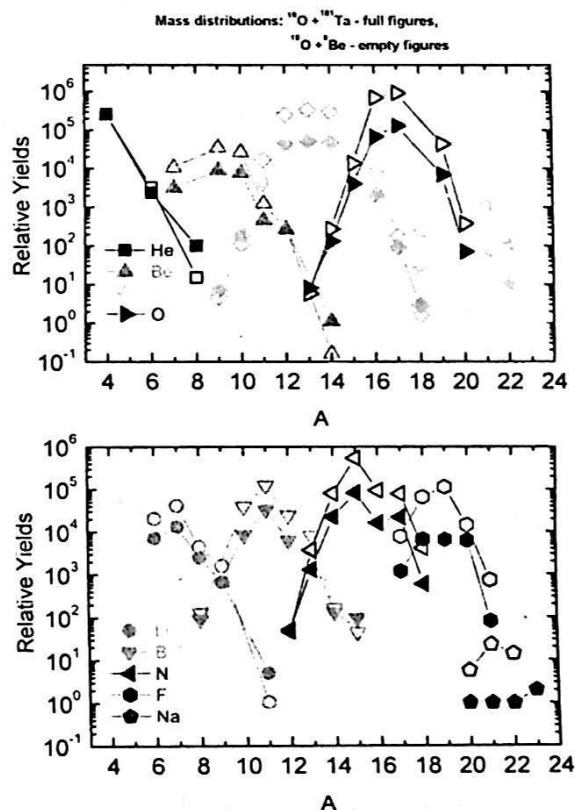


Рис.7

На рис.7 представлены результаты, полученные для относительных выходов продуктов в реакциях ^{18}O с ядрами легкой

Be и тяжелой Ta мишеней. Из сравнения следует, что нет радикального различия в изотопных распределениях при использовании этих мишеней. Это означает, что незначительна роль кулоновского взаимодействия. Распределения симметричны по данным и объяснить отмеченные закономерности. К сожалению, эти попытки не были полностью успешными, особенно, при описании реакций с легкими ядрами. Например, если описание относительных выходов продуктов реакций с помощью теоретических расчетов еще можно считать удовлетворительным, то этого никак нельзя признать при описании скоростных распределений.

Особенностью реакций тяжелых ионов с ядрами мишени является то, что при энергиях выше 30 МэВ/нуклон основная часть продуктов реакции летит в узкой области передних углов (в лабораторной системе координат). Эту особенность используют для получения радиоактивных вторичных пучков. Очистка полученных продуктов от ядер первичного пучка осуществляется за счет того, что при почти одинаковой скорости ядер-снарядов и ядер-продуктов последние имеют отличающееся отношение N/Z , следовательно, они по-другому будут отклоняться в магнитных или электростатических системах. Фрагмент-сепаратор КОМБАС как раз и является такой магнитной системой.

Угловой захват продуктов реакции с помощью этого сепаратора $\Theta = \pm 2,5^\circ$

отношению к областям как нейтронного, так и протонного избытка, но отличаются шириной.

В различных научных группах, в том числе и в нашей, была предпринята попытка в рамках существующих теорий описать полученные экспериментальные (горизонтальный угол) и $\phi = \pm 2^\circ$ (вертикальный угол относительно направления первичного пучка). Импульсный захват продуктов составляет $\pm 6\%$. Учитывая, что этот фрагмент сепаратор предназначен для работы с пучками, имеющими по сравнению с другими построенными в мире наименьшую энергию первичного пучка, нашей следующей задачей было выяснить, какая интенсивность вторичного пучка может быть получена с его помощью. Для сравнения установок в качестве пробного вторичного пучка был выбран изотоп ^{11}Li . Были использованы первичные пучки ^{15}N и ^{18}O , которые бомбардировали толстую бериллиевую мишень. Это наиболее часто используемые сочетания для получения ^{11}Li с наибольшим выходом. В таблице I приведены полученные результаты. Там же для сравнения приведены данные, извлеченные из различных источников, об интенсивностях вторичных пучков достигнутых на других крупнейших в мире фрагмент-сепараторах. Данные приведены для случаев использования максимальных токов первичных пучков, достижимых на соответствующих ускорителях

Таблица I.

Установка и условия получения

Интенсивность вторичного пучка ^{11}Li .

1. GANIL ^{18}O (45 AMeV) + Be (187 mg/cm ²), $I_0 = 10^{12}$ pps	10^3 pps
2. RIKEN ^{18}O (100 AMeV) + Be (1108 mg/cm ²), $I_0 = 10^{11}$ pps	$2 \cdot 10^4$ pps
3. NSCL, Michigan, ^{15}N (85 AMeV) + ^6Li (675 mg/cm ²), $I_0 = 10^{11}$ pps	$2.7 \cdot 10^4$ pps
4. COMBAS ^{18}O (35 AMeV) + Be (200 mg/cm ²), $I_0 = 10 \mu\text{Ae}$	$6 \cdot 10^3$ pps
^{15}N (47 AMeV) + Be (450 mg/cm ²), $I_0 = 10 \mu\text{Ae}$	10^4 pps

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что фрагмент-сепаратор КОМБАС в сочетании с ускорителем У-400М по интенсивности вторичного пучка вполне может быть включен в их число.

Литература

- [1]. G.A.Souliotis, D.J.Morrissey, N.A.Orr, B.M.Sherrill and J.A.Winger, Phys. Rev. C 46, 1383, 1992.
- [2]. R. Pfaff et al., Phys. Rev. C 51, 1348, 1995.
- [3]. A.G.Artukh et al, Yad. Fiz. 65 (3), 2002, 1.
- [4]. A.G.Artukh et al, Nucl. Phys., A 701, 2002, 96.
- [5]. A.G.Artukh et al, Proc. Of Int. Symp. On Exotic Nuclei, July 24-28, 2001, 269, Baikal Lake, Russia.
- [6]. A.G.Artukh et al, Nucl. Instr. and Meth. A 426, 1999, 605.