

# Нүүрсний Үнсний Кристалл Бүтцийн Судалгаа

Г.Батдэмбэрэл\*

*Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим*

Рентген флуоресценцийн аргаар дулаан цахилгаан станцын шатаасан нүүрсний дэгдэмтгий үнсэнд цахиур, хөнгөн цагаан, кальци, төмөр, калий, магни, натрий, титан, манган, фосфорын ислүүд болон дагалдах зарим элементүүдийн тоо хэмжээг тус тус тодорхойлсон. Үнсэн дэх хүнд металлуудын нийт концентрац  $Pb > Zn > Cu > Cr > Ni$  эрэмбэтэйгээр дараалж байсан. Рентген туяаны дифракцийн аргаар үнсний кристалл фазыг бүрдүүлэгч үндсэн эрдсүүдийг дараахь байдлаар тодорхойлов: кварц, альбит, анортит, гематит.

PACS numbers: 61.05.-a, 61.05.C

Түлхүүр үг: нүүрсний үнс, төмөрт бөөм, кристалл бүтэц, фазын анализ, электрон микроскоп.

## ОРШИЛ

Анх 1930 онд дэгдэмтгий үнсийг хар зам тавихад эрдэс дүүргэгч материалаар ашигласан байна. 1937 онд “дэгдэмтгий” үнс гэдэг нэр Америкийн Бетоны Институтын эрдэм шинжилгээний өгүүлэлд нийтлэгдэж эхэлжээ. Өнөөдөр АНУ-д цахилгаан үйлдвэрлэхийн тулд жил тутамд миллиард тонн нүүрс шатааж, үр дүнд нь 100 гаруй сая тонн шатсан нүүрсийг бий болгодог. Шатсан нүүрсний дөрвөний нэгийг ашиглаж байгаа бөгөөд үлдсэн нь газар доор булаастай байдаг. Шатсан нүүрсийг ашигласанаар дараахь үр дүнг өгдөг. Үүнд: 1. газрын эвдрэлийг бууруулна, 2. байгалийн нөөцийг хадгална, 3. хүрээлэн буй орчинд хор хөнөөл учруулахгүй, цэвэрлэнэ, 4. нүүрстөрөгчийн давхар исэлдэлтийг бууруулна, 5. хэрэглэгчдэд хэмнэлттэй, 6. цахилгаан үйлдвэрлэлийн үнийг бууруулна гэх мэт. Эдгээр үр дүн нь үндсэндээ шатсан нүүрсний үнс, шааргыг ашиглах дэлхийн нийтийн хандлага юм [1]. Мөн шатаасан нүүрсний үнсэн доторхи химийн элемент, эрдсийн найрлага, янз бүрийн хэмжээтэй бөөмүүдийн үүсэх нөхцөл болон тэдгээрийн зарим физик ба химийн шинж чанар (хэлбэр, хэмжээ, найрлага)-уудыг электрон микроскоп (SEM)-ын аргаар судалсан байсан [2, 3]. Улаанбаатар хотын III дулааны цахилгаан станцын үнсэн сан ойрын жилд дүүрэх тул цаашид хуучин үнсэн сангийн үнсийг зам, барилгын материал, хөдөө ахуйн чиглэлээр түүхий эд болгон ашиглах боломжийг судлах, мөн тус станц нь ажиллах хугацаандаа шатаалтын горимоо өөрчилсөн зэрэг шалтгааны улмаас станцаас гарах үнсийг нарийн судлах шаардлагатай. Мөн тус цахилгаан станц нь Багануурын хүрэн нүүрсийг шатаадаг. Багануурын нүүрсний ерөнхий үзүүлэлт: чийглэг 28-33%, үнслэг 15-20%, илчлэг 3300-

4200 ккал/кг, хүхрийн агууламж 0.7-0.8%. Багануурын нүүрс нь өөрийн физик, хими шинж чанараараа зөвхөн эрчим хүчний зориулалтаар ашиглагдах төдийгүй дахин боловсруулалт хийгдэн шатдаг хий, түлш, шингэн ба шахмал түлш, бусад химийн үйлдвэрлэлийн түүхий эд болох бүрэн боломжтой нь судалгаагаар батлагдсан. Мөн тус нүүрсний үнс нь C ангилалын буюу лигнит нүүрсний үнс болох нь тогтоогдсон байна. Дэгдэмтгий үнсний шинж чанар нь нүүрсний орд, станцын ажиллах горим зэрэг бусад параметруудээс ихээхэн хамаардаг.

Энэхүү ажлын зорилго нь Улаанбаатар хотын III цахилгаан станцын үнсэн сангийн үнсний найрлага ба кристалл бүтцийг рентген флуоресценц, электрон микроскоп, рентген дифракцийн аргуудаар судлахад оршино.

## ТУРШИЛТ БА ҮР ДҮН

### А. Рентген флуоресценцын шинжилгээ (XRF)

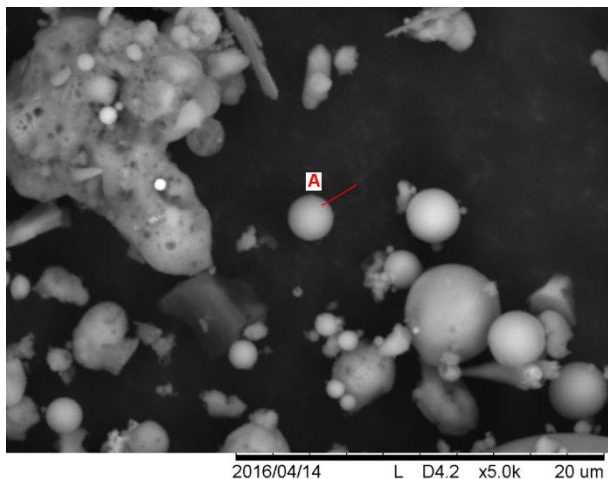
Тус дээжийг рентген флуоресценцийн спектроскоп (Rigaku, ZXS Primus II) багаж дээр хэмжсэн. XRF анализын дүнд цахиурын исэл (62.53%), хөнгөн цагааны исэл (15.36%), кальцийн исэл (8.84), төмрийн исэл (5.84%), калийн исэл (2.26%), магнигийн исэл (1.33%), натрийн исэл (1.04%), титанийн исэл (0.61%), манганийн исэл (0.11%), фосфорын исэл (0.08%) зэрэг химийн нэгдлүүдийг их хэмжээтэйгээр агүүлдэг байна. Мөн эдгээр нэгдлүүдийн хажуугаар дагалдах Sr, Ba, Zr, Pb, Rb, Zn, Cu, Cr, Y, Ni, Co, Th, Ga, Nb зэрэг 15 элементүүд бага хэмжээтэй (ppm) байдаг нь ажиглагдсан. Эдгээрээс Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Ni зэргийг чухалчлан үздэг. Мөн цахиур, хөнгөн цагаан, төмрийн ислийн агуулга жингийн процентийн 70%-иас их байгаа учраас тус үнсний дээж нь C ангилалд багтах бөгөөд ийм ангилалын үнс нь

\* Electronic address: gdembee@must.edu.mn

лигнит болон битум ба хагас битумын нүүрсийг шатаах үед үүсдэг байна [4].

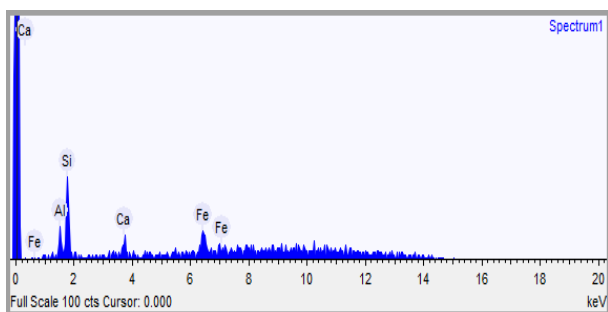
**В. Электрон микроскопийн судалгаа (SEM)**

Судалгааны дээжийг электрон микроскоп (Energy dispersive x-ray spectroscopy(EDX)) багаж дээр хэмжсэн. Хэмжилтийн үр дүнгүүдийг 1, 2, 3-р зургууд дээр үзүүлэв.



1-р зураг. Электрон микроскоп (SEM)-оор авсан үнсний микро-зураг (20мкм хүртэл өсгөсөн дүрс)

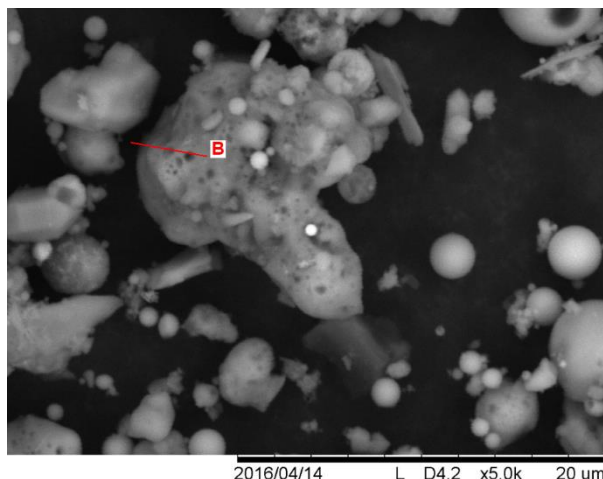
1-р зураг дээр сүвэрхэг хэлбэртэй том бөөмөөс гадна бие даасан том ба жижиг хэмжээтэй микробөмбөрцгүүд ажиглагдсан. 1-р зургийн А үсгээр тэмдэглэсэн микробөмбөрцгийн улаан шугамаар тэмдэглэсэн хэсэгт шинжилгээ хийхэд дараахь химийн элементүүд илэрсэн. Үр дүнг 2-р зураг дээр үзүүлэв.



2-р зураг. Бие даасан микро бөмбөрцөг (А) дээр гүйцэтгэсэн элементийн шинжилгээний үр дүн.

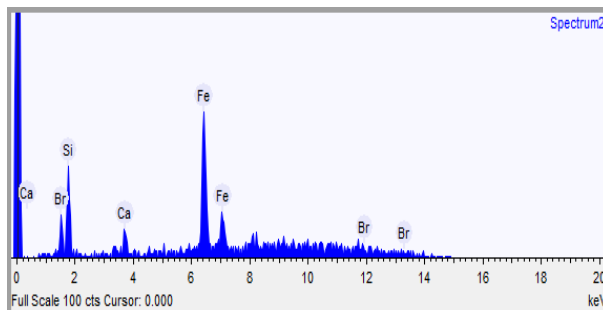
2-р зургаас харахад тус бие даасан микро бөмбөрцөг (А үсгээр тэмдэглэсэн) Ca (11.5 жин.%), Si (34.8 жин.%), Al (10.3 жин.%), Fe (43.4 жин. %) -ийн элементүүдийг агуулаж байна. Иймд тус бөөмийг төмөрт бөмбөрцөг (ferrospheres) гэж нэрлэж болно.

3-р зураг дээр сүвэрхэг хэлбэртэй том бөөмөөс гадна бие даасан том ба жижиг хэмжээтэй микробөмбөрцгүүд, бас дотроо хоосон хөндий микробөмбөрцөг тус тус ажиглагдсан.



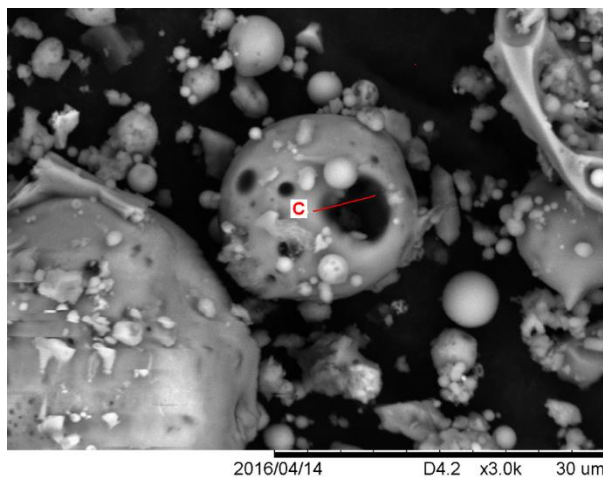
3-р зураг. Электрон микроскоп (SEM)-оор авсан үнсний микро-зураг (20мкм хүртэл өсгөсөн дүрс).

Тус зургийн В үсгээр тэмдэглэсэн сүвэрхэг хэлбэртэй том бөөмийн улаан шугамаар тэмдэглэсэн хэсэгт шинжилгээ хийхэд дараахь химийн элементүүд ажиглагдсан. Үр дүнг 4-р зураг дээр үзүүлэв.



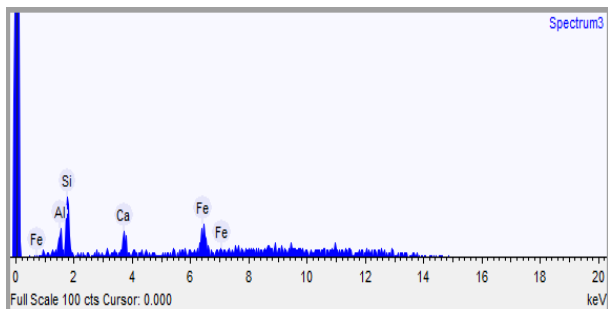
4-р зураг. Сүвэрхэг том бөөм(В) дээр гүйцэтгэсэн элементийн шинжилгээний үр дүн.

4-р зургаас үзэхэд сүвэрхэг хэлбэртэй том бөөм (В үсгээр тэмдэглэсэн) нь Fe (75.3 жин.%), Si (11.1 жин.%), Ca (4.1 жин.%), Br (9.4 жин.%) зэрэг элементүүдийг агуулдаг болох нь харагдана. Тус бөөм нь мөн дээрхтэй адил төмөрт бөөмийн ангилалд багтана.



5-р зураг. Электрон микроскопоор (SEM)-оор авсан үнсний микро-зураг (30 мкм хүртэл өсгөсөн дүрс).

5-р зураг дээр хөндий нүхтэй том бөөмөөс гадна бие даасан том ба жижиг хэмжээтэй микробөмбөрцгүүд тус тус ажиглагдсан. Уг зургийн С үсгээр тэмдэглэсэн хөндий нүхтэй бөөмийн улаан шугамаар тэмдэглэсэн хэсэгт шинжилгээ хийхэд дараахь химийн элементүүд илэрсэн. Үр дүнг 6-р зураг дээр үзүүлэв.

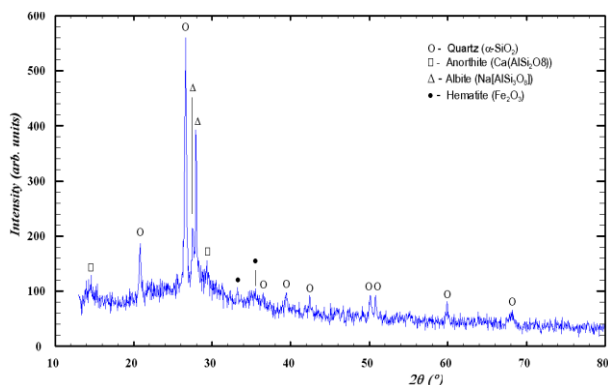


6-р зураг. Хөндий нүхтэй бөөм (C) дээр гүйцэтгэсэн элементийн шинжилгээний үр дүн.

6-р зургаас харахад хөндий нүхтэй бөөм (C үсгээр тэмдэглэсэн) нь Fe (47.1 жин%), Si (30.3 жин%), Ca (13.6 жин%), Al (9.0 жин%) зэрэг элементүүдийг агуулдаг болох нь харагдана. Тус бөөм нь мөн дээрхтэй адил төмөрт бөөм (ferrospheres)-ийн ангилалд багтаж байв. Бидний ажиглаж чадсан микробөмбөрцгүүдийн найрлага дахь ерөнхий компонент нь төмөр болно (Fe=43-75 жин%). Бусад дагалдах компонентууд нь Ca (4-13 жин%), Si (11-35 жин%), Al (9-10 жин%). Тус дээжид ажиглагдсан төрөл бүрийн бөөмүүдийг [2, 3] ажлуудад сайн судалсан байсан.

### С. Үнсний рентген фазын шинжилгээ (XRD):

XRD-ийн хэмжилтийг нунтгийн рентген дифрактометр <Enraf Nonius Delft Diffractis 583> дээр  $\text{CuK}\alpha=1.54\text{\AA}$  анодын тусламжтайгаар сарнилын өнцгийн  $2\theta_0=13\div 80^\circ$  мужид  $0.05^\circ$ -ийн өнцөг шилжилттэйгээр, шилжилт тус бүр дээр 2 секундын зогсолттойгоор тасалгааны температурт гүйцэтгэв.



7-р зураг. Шатаасан нүүрсний үнсний рентген дифрактограмм.

Хэмжилтээр гарган авсан рентген дифракцийн спектрт фазын анализ хийхдээ <Match! Crystal Impact> программ [5]-ыг ашиглаж боловсруулалтын үр дүнг 7-р зураг дээр үзүүлэв. Туршилтаар хэмжсэн рентген дифрактограммаас  $2d\sin\theta=n\lambda$  томьёо ашиглан атомын хавтгай хоорондын зай (d, Å) олж улмаар олон улсын багц өгөгдөл (ICSD, PDF-2) дахь d-ийн утгуудтай харьцуулж эрсдийн төрөл, тоо хэмжээг тодорхойлов. Үнсний дээжийн кристалл фаз нь гексагон тэгш хэмтэй 54.74%-ийн α-кварц  $\text{SiO}_2$ , моноклин тэгш хэмтэй 27.55%-ийн альбит ( $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ), моноклин тэгш хэмтэй 9.21%-ийн анортит  $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ , ромбоэдр тэгш хэмтэй 8.49%-ийн гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) эрдсүүдийг тус тус агуулна. Энд төмрийн исэл нь гематитын байдлаар илэрч байна. K, Mg, Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zr, Pb, Rb, Zn, Cu, Y, Ni, Co, Th, Ga, Nb зэрэг элементүүд XRF шинжилгээгээр үнсэнд бага хэмжээгээр илэрсэн боловч рентген фазын анализын үр дүнгээс үзэхэд тэдгээр нь уг аргын ялгах чадварын дотор илрэх хэмжээний кристалл фаз үүсэхгүй байгаа нь харагдана. Рентген дифракцийн судалгааны үр дүн химийн шинжилгээний дүнтэй тохирч байна.

### ДҮГНЭЛТ

1. Дулааны цахилгаан станцын шатаасан нүүрсний үнс нь цахиур, хөнгөн цагаан, кальци, төмөр, кали, магни, натрий, титан, манган, фосфор зэрэг бөөлөө элементүүдийг их хэмжээтэй (жин %), мөн Sr, Ba, Zr, Pb, Rb, Zn, Cu, Cr, Y, Ni, Co, Th, Ga, Nb зэрэг элементүүдийг харьцангуй бага хэмжээтэй (ppm) агуулж байв.
2. Электрон микроскопын судалгаагаар үнсний дээжид сүвэрхэг, хөндий хэлбэртэй бөөмүүдээс гадна бие даасан том ба жижиг хэмжээтэй микробөмбөрцгүүдийг амжилттай ажиглаж чадсан нь бусад судлаачдын үр дүнтэй тохирч байсан. Микробөмбөрцгүүдийн найрлага дахь ерөнхий компонент нь төмөр болно (Fe, 43-75 жин%).
3. Рентген туяаны дифракцийн аргаар үнсний кристалл фазыг бүрдүүлэгч үндсэн эрдсүүдийг дараахь байдлаар тодорхойлов: α-кварц ( $\text{SiO}_2$ ), альбит ( $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ), анортит  $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ , гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Альбит ба анортитын фазууд нь хээрийн жонш (plagioclase feldspars)-ны ангилалд багтдаг эрдсүүд юм.

**НОМ ЗҮЙ**

- [1] Susane C.Openshaw, W.Lamar Miller, W.Emmett Bolch, David Bloomquist., Utilization of Coal Fly Ash, State University System of Florida, Florida Center for solid and hazardous management. 2207 nw 13 Street, Suite D, Gainesville, FL 3209, Report#92-3. September 1992.
- [2] E.V.Sokol, N.V.Maksimova, N.I.Volkova, E.N.Nigmatulina, A.E.Frenkel., Hollow silicate microspheres from fly ashes of the Chelyabinsk brown coals (South Urals, Russia). Fuel Processing Technology 67 (2000) 35-52.
- [3] E.V.Sokol, V.M.Kalugin, E.N.Nigmatulina, N.I.Volkova, A.E.Frenkel, N.V.Maksimova., Ferrosphers from fly ashes of Chelyabinsk coals: chemical composition, morphology and formation conditions. Fuel 81 (2002) 867-876.
- [4] John Schert, Timothy Townsend, Chang-Yu Wu., Identification of Potential Concerns Associated with FDOT Use of Ammoniated Fly Ash. Hinkley Center for Solid and Hazardous Waste Management. Gainesville, FL. 2012.
- [5] Dr. Holger Putz and Dr. K.Brandenburg GbR. Phase Identification from Powder Diffraction (Match!). Version 1.11. Copyright © 2003-2013 by Crystal Impact. Kreuzherrenstr. 102. D-53227 Bonn. Germany.

**Crystal Structural Study of Coal Fly Ash****G.Batdemberel***Department of Physics, School of Applied Sciences, Mongolian University of Science and Technology***Abstract**

By the SEM and Energy Dispersive X-ray Analysis method have been determined the contents of Si, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Ti, Mn and P in coal fly ash sample of the III Ulaanbaatar thermal power station. Also, by the X-ray diffraction method the main minerals in this coal fly ash established as the next:  $\alpha$ -quartz ( $\text{SiO}_2$ ), albite ( $\text{K[AlSi}_3\text{O}_8]$ ), anorthite ( $\text{Ca(Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ) and hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).