

Төмөрбаатарын Түвшинжаргал^{1✉}, Нацагийн Батболд¹, Равданбатын Эрдэнэцэцэг¹,
Дамдинсүрэнгийн Болортуяа², Эрдэнэ-Очирын Сосорбурам²

¹Шинжлэх Ухааны Академийн Археологийн хүрээлэн.

Монгол улс, Улаанбаатар-13330, Энхтайвны өргөн чөлөө,

Шинжлэх Ухааны Академийн хүрээлэнгүүдийн нэгдсэн 1 байр

²МУИС-ийн Цөмийн шинжлэх ухаан, технологийн үндэсний хүрээлэн.

Монгол улс, Улаанбаатар-13330, Энхтайвны өргөн чөлөө 122-1

Мөнххайрханы соёлын хүрэл эдлэлд хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээний үр дүн

Хураангуй. Хүрлийн дунд үед (НТӨ 1900-1500) холбогдох Мөнххайрханы соёл нь 30 гаруйхан булш оршуулгын малтлага судалгааны хэрэглэгдэхүүнээр төсөөлөгдөж буй ч хүрэл, ясаар хийсэн олон төрлийн олдвор илэрдэг өвөрмөц дурсгал билээ. Гэвч тухайн соёлын үйлдвэрлэлийн түүхийг илтгэх эдгээр яс болон хүрэл эдлэлийн боловсруулалт, түүхий эд, орц найрлагын талаарх судалгаа маш бага түвшинд хийгдсэн байна. Энэ удаад бид Мөнххайрханы соёл болон хүрлийн хожуу үед холбогдох нийт 14 хүрэл олдворт рентген флуоресценцийн шинжилгээний (XRF) аргаар химийн элементийн найрлагыг тодорхойлох туршилт судалгаа хийж, тэдний хүрэл боловсруулах арга уламжлал, онцлогийг тандан өгүүлэхийг зорьсон болно. Судалгааны үр дүнд Мөнххайрханы соёлын хүрэл олдворууд нь зэс, цагаан тугалга, хүнцэл гэсэн суурь химийн элементийн агууламжтай байх ч цагаан тугалга (0.04-28%) болон хүнцлийн (0.1-15%) найрлага нь маш өндөр хувийн хэлбэлзэлтэй болохыг тодорхойлов. Энэхүү ялгаа нь тухайн хүрэл эдлэлийн үүрэг зориулалт, бүс нутгийн хүдрийн онцлог, цагаан тугалганы олдоц зэрэг хүчин зүйлээс шалтгаалах ч тухайн цаг үед зарим олдворын цагаан тугалганы орцыг нэмэгдүүлж мөнгөлөг өнгөтэй, чамин хүрэл боловсруулж байсныг илтгэнэ.

Түлхүүр үг: хүрэл, зэс, цагаан тугалга, хүнцэл, XRF, Мөнххайрханы соёл

Tuvshinjargal Tumurbaatar^{1✉}, Batbold Natsag¹, Erdenetsetseg Ravdanbat¹,
Bolortuya Damdinsuren², Sosorburam Erdene-Ochir²

¹Institute of Archaeology,

Mongolian Academy of Sciences Building-1

Peace Avenue, Ulaanbaatar-13330, Mongolia

²National Institute for Nuclear Science and Technology,

National University of Mongolia

Peace Avenue 122-1, Ulaanbaatar-13330, Mongolia

X-ray Fluorescence (XRF) Analysis of Bronze Artifacts from the Munkhkhairkhan Culture

Abstract. The Middle Bronze Age Munkhkhairkhan culture (1900–1500 BCE) has been increasingly studied in recent years and is currently represented by excavation data from more than 30 burials, which have yielded a diverse assemblage of bronze and bone artifacts. However, studies addressing the manufacturing technology of these materials—including their production techniques, raw materials, and compositional characteristics—remain limited. In this study, we conducted a pilot X-ray fluorescence (XRF) analysis of the elemental composition of 14 bronze artifacts attributed to the Munkhkhairkhan culture and the Late Bronze Age in order to explore the technological traditions and characteristics of bronze production. The results indicate that the analyzed bronze artifacts are primarily composed of copper, tin, and arsenic, while the proportions of tin (0.04–28%) and arsenic (0.1–15%) exhibit significant variability. This difference may be related to factors such as the function of bronze artifacts, regional ore characteristics, and the availability of tin; however, it also indicates that, for certain artifacts, tin content was deliberately increased to produce ornate bronze objects with a lustrous silvery appearance.

Keywords: bronze, copper, tin, arsenic, XRF, Munkhkhairkhan culture

Удиртгал

Хүн төрөлхтний түүхэн хөгжлийг чулуу, хүрэл, төмрийн үе гэж ангилсан “гурван үеийн тогтолцоо” нь нэн эртний түүхийн он цагийн үндсэн ойлголт болдог (Thomsen 1848). Тэр дундаа чулуун зэвсгээс хүрлийн үе рүү шилжих үйл явц нь технологи болон нийгмийн томоохон хувьсал болсон төдийгүй цаашлаад төмөр боловсруулах алхамд нэг шат ахисан гэж үзэж болно. Хүрлийг Ойрхи Дорнодын бүс нутагт, ялангуяа Месопотами болон Анатоли орчимд НТӨ IV–III мянганы үед анх боловсруулж, улмаар Евроазийн бүс нутгийн хүрээнд тархсан байна (Chernykh 1992; Linduff et al. 2004). Монгол болон Дотоод Азийн тухай авч үзэхэд, Өмнөд Сибирь болон Алтайн бүс нутаг дахь зэс чулууны үеийн Афанасьевын соёлын (НТӨ 3100-2500) дурсгалаас цөөн тооны өнгөт төмөрлөг эдлэл илэрч олдсон байдаг. Үүнд, цэвэр зэс эсвэл байгалийн хүдэр дэх бусад элементийн бага зэрэг хольц бүхий зэс, цөөн тооны солирын гаралтай төмөр, алтан эдлэл зэрэг багтдаг байна (Хаврин 2010). Харин Афанасьевын соёлд холбогдох Эло-II дурсгалт газраас олдсон нэгэн эдлэл нь цагаан тугалганы хольцтой зэсийн хайлш байсан ч судлаачид тус эдлэлийг тухайн соёлд шууд холбогдохгүй гэж үзжээ (Хаврин 2010).

2004 онд Баян-Өлгий аймгийн Цэнгэл сумын Хуурай говь хэмээх газарт малтсан Афанасьевын соёлын хожуу үед буюу ойролцоогоор НТӨ 2800-2500 онд холбогдох булшнаас навчин хэлбэртэй хүрэл хутга, хүрэл шөвөг илэрч олдсон байдаг (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014a; Wang et al., 2021). Эдгээр олдворт одоогоор химийн элементийн найрлагын судалгаа хийгдээгүй ч өнгөний хувьд бидний мэдэх зэс, цагаан тугалганы хайлш бүхий хүрэлтэй ижил харагдана. Тиймээс магадгүй тус хүрэл олдворууд нь бүс нутгийн хэмжээнд хүрэл боловсруулах болсныг илтгэх хамгийн эртний баримт байж болохыг цаашдын судалгаагаар баталгаажуулах шаардлагатай. Алтайн бүс нутагт Афанасьевын соёлыг он цагийн хувьд залгаж гарч ирсэн хүрлийн түрүү үеийн Хэмцэгийн соёлын (НТӨ 2500-1900) булшнаас цөөн боловч өнгөт төмөрлөг эдлэл илэрч олдсон байдаг. Тухайлбал, Ховд аймгийн Булган сумын Ягшийн хөдөө хэмээх газарт малтсан 1 болон 3 дугаартай булшнаас цагариг эдлэлүүд олдсон (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014b) ба тэдгээрт химийн элементийн бүтэц найрлагын судалгаа хийхэд нэг олдвор нь цагаан тугалганы өндөр хувийн агуулгатай хүрэл эдлэл байсан бол бусад гурван олдворын үндсэн элемент нь хар тугалга байжээ (Хаврин 2014). Мөн Өмнөд Сибирийн Окуневийн соёлын (НТӨ 2500-1800) өнгөт төмөрлөг эдлэлд зэс давамгайлах боловч Черновскийн хэлбэрийн дурсгалд зэсийг цагаан тугалгатай хольж хүрэл боловсруулдаг болсон

онцлогтой (Хаврин 2006).

Харин бүс нутгийн хүрээнд хүрлээр зэвсэг, гоёл чимэглэл, ахуйн хэрэглээний зүйл хийж түгээмэл ашиглах болсон нь хүрлийн дунд үеийн Мөнххайрханы соёл юм. Тус соёлын булшнаас илэрсэн хүрэл эдлэлийн төрөлд ихэвчлэн хутга, шөвөг, ээмэг, гархи, хадлага зэрэг олдворууд багтана (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014c; Батболд нар., 2025). Одоогоор Мөнххайрханы соёлын (НТӨ 1800-1600) цөөн тооны олдворт химийн элементийн бүтэц найрлагыг тодорхойлох судалгаа хийсэн байна. Тухайлбал, Баян-Өлгий аймгийн Цэнгэл сумын Шар говийн эхний булшнаас илэрсэн хүрэл хадлага, Хөвсгөл аймгийн Арбулаг сумын Галбаагийн үзүүрийн булшнаас илэрсэн хутга, шөвөг, Завхан аймгийн Баянтэс сумын Хөх хошууны боомын булшнаас илэрсэн 2 шөвөг, Ховд аймгийн Мөнххайрхан сумын Хатуу давааны булшнаас илэрсэн хүрэл эдлэлийн хэсэг зэрэгт судалгаа хийхэд цагаан тугалганы орц 1-23% хүртэл, 1 олдвороос бусад хүнцлийн агууламж бага хэмжээгээр илэрчээ (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014 c; Мөнхбаяр 2017).

Энэхүү өгүүлэлээр бид өмнөх судалгааны хэрэглэгдэхүүнийг баяжуулж, Мөнххайрханы соёл болон хожуу хүрлийн үеийн зарим олдворт хийсэн химийн элементийн найрлагын судалгааны шинэ үр дүнг өмнө нийтлэгдсэн хэрэглэгдэхүүнтэй харьцуулан авч үзэв. Үүгээр Мөнххайрханы соёлын хүрэл боловсруулах арга уламжлал, найрлагын онцлогийг тодруулж, бүс нутаг болон он цагийн өргөн хүрээнд хэлэлцүүлэхийг зорьсон болно.

Судалгааны хэрэглэгдэхүүн

Тус өгүүллийн химийн элементийн найрлагын судалгаа хийсэн хэрэглэгдэхүүнд ШУА-ийн Археологийн хүрээлэнгийн сан хөмрөгт хадгалагдаж буй Мөнххайрханы соёлын булшнаас илэрсэн 10 хүрэл эдлэл, хүрлийн хожуу, төмрийн түрүү үед холбогдох 4 хүрэл эдлэл, нийт 14 тооны олдвор багтсан болно. Мөнххайрханы соёлын булшны олдворт Увс аймгийн Хяргас сумын Билүүгийн голд малтан судалсан булшнаас илэрсэн хутга, ээмэг, цагариг эдлэл, шөвгийн үзүүр зэрэг 7 хүрэл эдлэл (Энхтөр нар 2020), Увс аймгийн Зүүнхангай сумын Хүрдлэгийн амны булшнаас илэрсэн хүрэл хутга (Баярсайхан нар 2024), Завхан аймгийн Тосон цэнгэл сумын Ав далайн хясаа хэмээх газарт малтсан булшнаас илэрсэн хүрэл ээмэг (Амгалантөгс нар 2019; Miyamoto et al. 2023), Тэлмэн сумын Баруун булагт малтсан булшнаас илэрсэн хүрэл хадлага (Батболд, Түвшинжаргал 2025) зэрэг хамаарна. Харин нэмэлт харьцуулах хэрэглэгдэхүүнээр Увс аймгийн Өмнөговь сумын Орлогын голын савд

малтсан хиргисүүрээс илэрсэн хүрэл хутга, шөвөг (Лхүндэв нар 2025), Хэнтий аймгийн Баянмөнх сумын Баян цогтын буланд малтсан Дөрвөлжин

булшны соёлын Жаргалант хэлбэрийн булшнаас илэрсэн хүрэл товруу зэргийг хамруулан судлав (Түвшинжаргал нар 2024).



Зураг 1. Химийн элементийн найрлага тодорхойлох судалгаа хийсэн олдворууд. 1 – Увс аймгийн Зүүнхангай сумын Хүрдлэгийн амны булнаас илэрсэн хүрэл хутга; 2 – Завхан аймгийн Тэлмэн сумын Баруун булгийн булнаас илэрсэн хүрэл гархи; 3 – Завхан аймгийн Тосонцэнгэл сумын Ав далайн хясаагийн 15-р булнаас илэрсэн хүрэл цагариг; 4-10 – Увс аймгийн Хяргас сумын Билүүгийн голын булнаас илэрсэн хүрэл олдворууд; 11-12 – Увс аймгийн Өмнөговь сумын Орлогын голд малтсан хиргисүүрээс илэрсэн хүрэл хутга, шөвөг; 13-14 – Хэнтий аймгийн Баянмөнх сумын Баян цогтын буланд малтсан Жаргалант хэлбэрийн булнаас илэрсэн бүсний хүрэл товруунууд.

Судалгааны арга зүй

Хүрэл олдворын химийн элементийн найрлагыг МУИС-ийн Цөмийн шинжлэх ухаан, технологийн үндэсний хүрээлэнгийн “SpectroXepos” буюу суурин спектрометрийг ашиглан рентген флуоресценцийн аргаар (XRF) тодорхойлов. Тус рентген-флуоресценцийн спектрометр нь дөрвөн төрлийн туйлширсан болон хоёрдогч бай, Pd (21.12 кэВ) анодтой рентген хоолой, пелтьер хөргөлттэй, хагас дамжуулагч SDD детектортэй, Mn-Kα шугамд 155 эВ энергийг ялгах чадвартай, натри (Na)-аас уран (U) хүртэлх элементийг тодорхойлох боломжтой багаж юм. Олдворуудыг шинжлэхдээ дээж авч, гэмтээхгүйгээр шууд тавьж шинжилсэн ба өмнө нь бохирдол шороо тоос, зэв зэргийг гар аргаар цэвэрлэж, улмаар зэврэлтийг саармагжуулах уусмалд сойж ($C_6H_4N_3H + CH_3CH_2OH$), дараа нь бүтцийг хамгаалах бэхжүүлэлт хийсэн болно. Үүний дараа олдворыг төхөөрөмжид байрлуулан рентген флуоресценцийн аргаар найрлагыг хэмжиж, химийн элементүүдийг тодорхойлох чанарын болон тоон судалгаа хийсний зэрэгцээ, элементийн агуулгыг хагас тоон шинжилгээний

аргаар тодорхойлсон. Гэвч элементийн тоон үзүүлэлтийг хувиар илэрхийлэхэд шаардлагатай тодорхой найрлагатай стандарт дээж байгаагүй юм. Тиймээс өмнө нь стандарт харьцуулсан дээжний зөөврийн рентген флуоресценцийн (XRF) багажаар хийсэн үзүүлэлтийг загвар болгож бусад дээжийн хувийг ойролцоогоор тооцоолов.

Судалгааны үр дүн

Хайлшны бүтэц. Рентген флуоресценцийн шинжилгээгээр Мөнххайрханы соёлын хүрэл эдлэлийн химийн элементийн найрлага нь зэс, цагаан тугалга, хүнцэл гэсэн агууламжтай байх ч зэс, цагаан тугалга, хүнцэл (Cu+Sn+As), зэс, цагаан тугалга, (Cu+Sn), зэс, хүнцэл (Cu+As), эсвэл бараг цэвэр зэс (Cu) гэсэн ялгаатай бүтцүүд ажиглагдав. Тухайлбал,

1. Зэс, цагаан тугалга, хүнцэл бүтцэд (Cu+Sn+As): Баруун булгийн гархи, Ав далайн хясааны цагариг, Билүүгийн голын 3 хүрэл цагариг (Хүснэгт 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.8),

2. Зэс, цагаан тугалга бүтцэд (Cu+Sn): Хүрдлэгийн амны хутга (Хүснэгт 2.1)

3. Зэс, хүнцэл бүтцэд (Cu+As): Хүрдлэгийн 1 хүрэл цагариг (Хүснэгт 2.7)

4. Зөвхөн зэс бүтцэд (Cu): Билүүгийн голын хутга, 1 хүрэл цагариг, Шөвөгний үзүүр (Хүснэгт 2.6, 2.9, 2.10) зэрэг олдвор тус тус багтана.

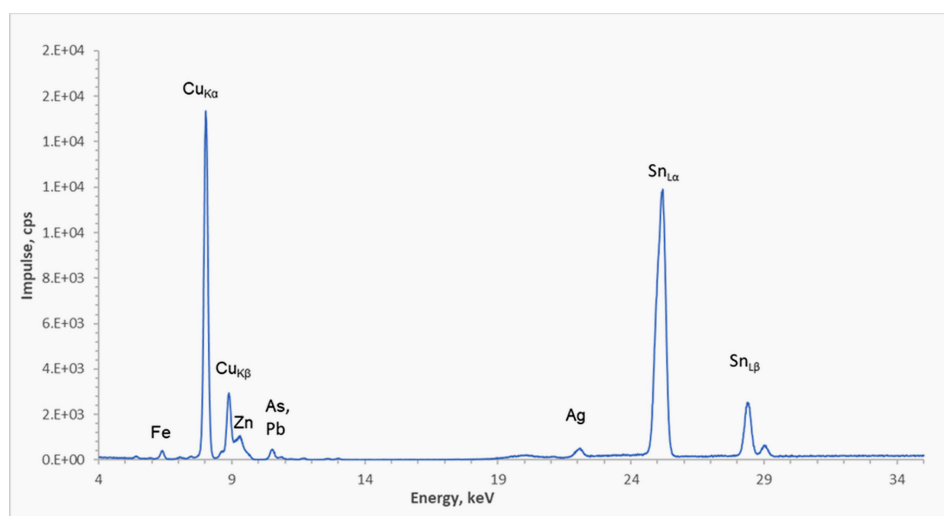
Увс аймгийн Хяргас сумын Билүүгийн голын нэг булшнаас илэрсэн 7 олдворын цагаан тугалга болон хүнцлийн орц найрлага харилцан адилгүй ба тэдгээрийн 4 олдворт цагаан тугалганы агууламж маш бага буюу 1-ээс доош хувьтай илэрсэн нь магадгүй тухайн элементийн олдцоос шалтгаалсан байж болно. Харин Билүүгийн голын ээмэгний 2 том цагариг нь маш ойролцоо буюу тус бүр 80-85%-ийн зэс, 10-15-ийн хүнцэл, бага буюу 3%-ийн цагаан тугалганы найрлагатай байгаа нь магадгүй нэг удаагийн хүрэл боловсруулалтаар хийгдсэн байх магадлалтай юм (Хүснэгт 2.4, 2.5).

Цагаан тугалга болон хүнцлийн агууламж. Мөнххайрханы соёлд холбогдох 10 хүрэл эдлэлийн үндсэн зэсийн агууламж ойролцоогоор 60-99 хувийг эзлэх бол цагаан тугалга (0.04-28%) болон хүнцлийн (0.1-15%) орц өндөр хувийн хэлбэлзэлтэй байна. Ингэхдээ зэсийн агууламж маш өндөртэй (97-99%) олдвороос бусад тохиолдолд цагаан тугалга болон хүнцэл нь урвуу хамааралтай байна (Зураг 3, Хүснэгт 2). Өөрөөр хэлбэл, цагаан тугалганы найрлагын хувь ихсэх тохиолдолд маш бага хувийн хүнцлийн агууламжтай, эсрэгээрээ хүнцлийн агууламж их байх тохиолдолд цагаан тугалганы хувь маш бага байх дүр зураг ажиглагдав. Зөвхөн нэг тохиолдолд цагаан тугалга болон хүнцлийн агууламж хоёулаа өндөр хувьтай гарсан нь Ав далайн хясааны хүрэл цагариг бөгөөд өндөр хүнцэл (10% орчим), маш өндөр (28%) хувийн цагаан тугалганы

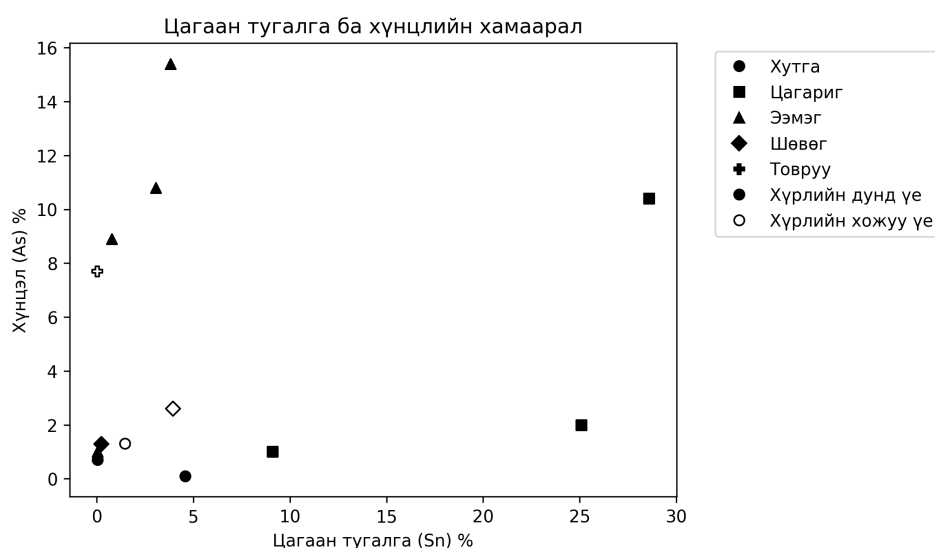
найрлага илэрсэн нь сонирхолтой юм. Харин Баруун булгийн хүрэл гархинд зөөврийн рентген флуоресценцийн багажаар хүнцэл илрээгүй боловч суурин спектрометрээр хэмжихэд ойролцоогоор 2%-ийн хүнцлийн агууламж илэрсэн (Зураг 2) ба мөн маш өндөр хувийн цагаан тугалганы (25%) орцтой болох нь тогтоогдсон. Дээрх хоёроос бусад хүрэл олдворууд нь бага болон ердийн хэмжээтэй буюу 0.04-4.5%-ийн цагаан тугалга, 0.1-15%-ийн хүнцлийн агууламжтай гарчээ. Харин хар тугалганы (Pb) орц маш бага ул мөр төдий илэрсэн бөгөөд ихдээ 0.5% хүрч байна.

Бусад хүрэл олдвор. Харьцуулах хэрэглэгдэхүүнээр судалсан хүрлийн хожуу үеийн 4 хүрэл олдворын зэсийн агууламж жигд өндөр хувьтай (91-97%) ба харилцан адилгүй бага хувийн цагаан тугалга болон хүнцлийн агууламжтай байв (Зураг 1.11-14, Хүснэгт 2). Баян цогтын булангийн булшнаас илэрсэн бүсний хоёр товруу нь ойролцоо 91-93 %-ийн зэсийн агууламжтай ба том товруу нь 7% -ийн хүнцэл, маш бага буюу 0.03-ийн цагаан тугалганы агууламжтай бол жижиг товруу нь эсрэгээрээ огт хүнцэлгүй, харин 5%-ийн цагаан тугалгатай гарчээ. Энэ нь огт хүнцэл илрээгүй цор ганц олдвор болно.

Өөр нэг онцлог ажиглагдаж байгаа нь нийт хүрэл эдлэл дэх зэвсгийн төрөл болох хутга, шөвөг зэрэг нь бусад төрлийн олдвороос илүү өндөр хувийн зэсийн агууламжтай байх дүр зураг ажиглагдсан ч үүнийг цаашид илүү олон судалгааны хэрэглэгдэхүүний үр дүнд харьцуулалт хийх шаардлагатай юм. Учир нь статистик боловсруулалт хийхэд бидний судалсан олдворын төрлийн тоо хангалтгүй байв.



Зураг 2. Завхан аймгийн Тэлмэн сумын Баруун булгаас илэрсэн хүрэл олдворын рентген спектор (Импульс нь шугаман хэмжээтэй)



Зураг 3. Цагаан тугалга (Sn) ба хүнцлийн (As) агууламжийн хамаарал

Хэлэлцүүлэг

Рентген флуоресценцийн шинжилгээ хийсэн Мөнххайрханы соёлд холбогдох 10 хүрэл олдворын хоёрт нь маш өндөр хувийн цагаан тугалганы агууламж илэрсэн. Үүний зэрэгцээ тус хоёр олдвор нь бараг ямар ч зэврэлтгүй байсан нь шинжилгээний үр дүн үндэслэлтэй болохыг илтгэнэ. Учир нь цагаан тугалга нь ус, чийгийн орчинд исэлддэггүй, харьцангуй тэсвэртэй зэвэрдэггүй, харин хүчил, шүлтийн нөлөөнд маш удаан исэлддэг онцлогтой ажээ (Дандар 2009; Chase 1993). Харин тус хоёр олдвор нь гадаргуун өнгөний хувьд хоорондоо эрс өөр буюу ялгаатай. Тухайлбал, Баруун булгийн хүрэл гархи нь цагаан тугалганы өндөр хувийн найрлагыг илтгэх гялтгар саарал өнгөтэй (Зураг 1.2), (Түвшинжаргал, Батболд 2025) бол Ав далайн хясааны цагариг нь хар ногоон болон цайвар ногоон алагласан, гялалзсан өнгөтэй (Зураг 1.3). Хүрэл эдлэлийн өнгөөр авч үзвэл Баруун булгийн хүрэл эдлэл нь Ав далайн хясааны олдвороос илүү өндөр хувийн цагаан тугалганы орцтой байх атал эсрэгээрээ цагаан тугалга болон хүнцлийн агууламж бага илэрсэн нь Ав далайн хясааны олдворын шинжилгээний хариуд эргэлзэх шалтгаан болж буй юм. Магадгүй арга зүй эсвэл үр дүнг боловсруулах явцад бага зэрэг алдаа гарсан байж болзошгүй ба үүнийг цаашид, ижил багажаар дахин хэмжих зэргээр нягтлах шаардлагатай. Учир нь хүрлийн найрлага дахь цагаан тугалганы орц 22-26% хүрэхэд шар-саарлаас мөнгөлөг-цагаан өнгөтэй болж өөрчлөгддөг (Treister and Ravich 2021).

Хүрлийн дунд үеийн Мөнххайрханы соёлын үед ийнхүү өндөр хувийн цагаан тугалганы найрлагатай хүрэл эдлэл хэрэглэж байсан нь сонирхолтой судалгааны баримт болох ч бас

анх удаа гарч буй үр дүн биш юм. Урьд өмнө нь Мөнххайрханы соёлын булшнаас илэрсэн хүрэл эдлэлд хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд Ховд аймгийн Мөнххайрхан сумын Хатуу давааны булшнаас илэрсэн нэгэн хүрэл эдлэлийн хэсэг бидний шинжилгээний дүнтэй ойролцоо буюу 20-24%-ийн цагаан тугалганы агууламжтай байжээ (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014с). Тус хүрэл эдлэлийн хугархай нь нэг үзүүр лүүгээ өргөссөн махир хэлбэртэй байгаа нь Баруун булгийн хүрэл гархитай ижил загвар хийцтэй олдвор болохыг харуулна. Үүнээс гадна дээрхтэй төстэй гархин хүрэл эдлэл Монголоос хоёр олдсон байдаг. Үүний нэг болох Булган аймгийн Хутаг-Өндөр сумын Харуулын гозгорын Мөнххайрханы соёлын булшнаас илэрсэн олдворын гэрэл зургийг ажиглахад (Идэрхангай, Хүслэн 2025) тухайн булшны бусад хүрэл эдлэлээс ялгаатай бараан саарал өнгөтэй харагдаж буй нь өндөр хувийн цагаан тугалганы орцтой болохыг илтгэж байна. Харин Баян-Өлгий аймгийн Цэнгэл сумын Шар Говийн эхний булшны олдвор нь хүрлийн ногоон зэвд идэгдсэн байх ба Эрмитажийн музейн судлаачдын хийсэн шинжилгээгээр цагаан тугалга болон хүнцлийн орцтой болох нь тогтоогдсон (Ковалев, Мөнхбаяр 2018) бол Соёлын Өвийн Үндэсний төвд хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээгээр 92.1-94.9 хувийн зэс (Cu), 3.2-5.8 хувийн цагаан тугалга (Sn), 1.8-2.1 хувийн хүнцлийн (As) орцтой гэсэн үр дүн гарчээ (Мөнхбаяр 2017). Ийм хүрэл эдлэлүүдийг хийцийн онцлогоор нь “Бүрээ” хэлбэртэй гэж судлаачид бичдэг (Ковалев 2017; Боковенко и др. 2019).

Монголоос гадна эдгээр олдвортой төстэй гархин хэлбэртэй, хоёр амсар уулзсан хэсэгтээ

өргөссөн, алт болон мөнгөөр хийсэн олдвор БНХАУ-ын Ганьсу мужаас Юймэнь тосгоны Хуошаогоу гэх газраас олдсон байдаг (Bunker 1998; Kovalev 2023). Тэдгээрийг мөнгө болон хүрэл, мөн алт болон хүрлийн хайлшаар цутгасан гэж үзжээ (Bunker 1998). Мөн Байгаль нуур орчмын нутаг болох Лена мөрний дээд урсгалаар тархалттай Глазковын соёлын дурсгалаас мөн дээрхтэй адил хүрэл эдлэл илэрч олджээ (Ковалев 2017; Kovalev 2023). Харин ОХУ-ын Тувагийн хилийн бүсийн дөнгөж цаад тал буюу Красноярскийн хязгаарын Иджим голын хөндийд малтсан Саян-Пограничное-6 дурсгалт газрын Мөнххайрханы соёлын булшнаас илэрсэн хүрэл эдлэл (Александров и др. 2015; Боковенко и др. 2019) нь Баруун булгийн олдвортой хийцийн хувьд хамгийн ойролцоо нь юм. Тус Саян-Пограничное-6 дурсгалт газрын Мөнххайрханы соёлын булшнаас илэрсэн олдвор нь өнгөний хувьд саарал боловч барзгар гадаргуутай харагдана. Шар Говийн эхний булшнаас олдсон ийм хүрэл эдлэлийг тааран даавуун дээр сураар бэхэлсэн байснаас үүдэн уутны амсар боох зориулалттай байсан болов уу гэж таамагладаг (Ковалев, Мөнхбаяр 2018) ч магадгүй дээл хувцасны энгэр заамыг холбож бэхлэх зориулалттай байж болох юм.

Ийм өндөр хувийн цагаан тугалганы орцтой хүрэл эдлэл бүс нутгийн хувьд хүрлийн түрүү болон дунд үед ховор тохиолддог. Мөнххайрханы соёлоос өмнөх цаг хугацаанд холбогдох Өмнөд Сибирийн Окуневийн соёлын хүрэл эдлэлд хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээгээр харьцангуй өндөр буюу 10-18%-ийн цагаан тугалганы агууламжтай хүрэл хэд хэд тохиолдож байна (Хаврин 2006). Мөн Казакстаны хойд хэсэг дэх Тобол болон Ишим мөрний хоорондох бүс нутгаас илэрсэн НТӨ XIX-XVII зуунд хамаарах Петровкийн болон Алакүлийн соёлд холбогдох 29 хүрэл эдлэлд судалгаа хийхэд Алакүлийн зарим хүрэл эдлэл 21% хүртэлх өндөр цагаан тугалганы орцтой байжээ (Artemyev et al., 2024). Алакүлийн үе гэдэг нь Андроновын соёлын эхэн үеийг нэрлэх бөгөөд энэ нь он цаг болон бүс нутгийн хувьд Мөнххайрханы соёлтой харьцуулж болох хамгийн ойрын баримт болно. Магадгүй нэг үед оршин тогтнож байсан соёл хоорондын нөлөөлөл эсвэл нэг цаг үе дэх хүрэл боловсруулалтын түүхэн хөгжлийн онцлогийг илэрхийлэх боломжтой.

Хүрлийн хожуу, төмрийн түрүү үеийн Дөрвөлжин булш болон Жаргалант хэлбэрийн булштай гарал үүслийн хувьд холбогддог Юйхуан мяогийн соёлын (НТӨ I мянганы эхний хагас) зарим хүрэл эдлэлд 20-31% хүртэлх хувийн цагаан тугалганы агууламж илэрсний зэрэгцээ мөн өндөр хувийн хар тугалга хэрэглэж байсан онцлогтой байна (Huan and Brosseder 2024; Ren et al. 2023).

Бидний сайн мэдэх цагаан тугалганы орц ихтэй хүрэл эдлэлийн хэрэглээний хамгийн ойрын жишээ бол хүннүгийн үеийн булшнаас илрэх цас толь юм. Хүннүгийн үеийн булшнаас илэрсэн 26 цас толинд хийсэн зөөврийн рентген флуоресценцийн шинжилгээгээр цагаан тугалганы агууламж ойролцоогоор 22-44% (Содномжамц, Нандин-Эрдэнэ 2025), Хятадаас олдсон Хан улсын толины цагааны тугалганы агууламж 22-30%-тай тус тус гарчээ (Wang et al. 2024).

Цагаан тугалганы орц өндөр байх тусам хүрэл эдлэл илүү хатуулаг, өнгө нь гялалзсан мөнгөлөг, хэвд цутгахад тохиромжтой болдог бол сул тал нь чанарын хувьд хэврэг, давтаж боловсруулахад муу болдог байна. Тиймээс Мөнххайрханы соёл дахь цагаан тугалганы найрлага өндөртэй хүрэл олдворууд нь зэвсэг бус гоёл чимэглэлийн зориулалттай эд зүйлс байгаа нь санамсаргүй тохиолдол биш юм.

Өмнөд Сибирь, Монгол, Хятадын Цинхай, Ганьсу орчмын бүс нутгийн хүрэл нь хүнцлийн өндөр агууламжтайгаараа ялгардаг онцлогтой (Chase and Douglas 1997; Эрдэнэбаатар, Доржханд 1997; Park et al., 2011) бол хятадын хүрэлд хүнцэл нь найрлагын элементэд багтдаггүй зөвхөн ул мөр төдий илэрдэг (Park et al. 2011). Тухайлбал, Бага газрын чулуунаас олдсон хүрэл эдлэлд хийсэн шинжилгээгээр Хүннүгийн өмнөх үеийн ихэнх олдвор нь цагаан тугалгагүй, хүнцэл ихтэй тал нутгийн шинжтэй байхад Хүннүгийн үеийн олдворын дийлэнх нь цагаан тугалга болон хар тугалганы хольц өндөртэй байгаа нь Хятадын Цин, Хан улсуудтай харилцаж байснаас үүдэлтэй буюу аливаа солилцоогоор ирсэн эсвэл тэр зүгийн мэргэжилтний үйлдвэрлэл байх бололцоотой гэж үзжээ (Park et al. 2011). Бага газрын чулууны хүрэл олдвор дахь хүнцлийн хамгийн өндөр агууламж нь 11-13% байх бол бидний шинжилгээний дүнгээр Мөнххайрханы соёлын хүрэл эдлэлийн хүнцлийн агууламж 15% хүрч байна. Судлаач А.А.Ковалев НТӨ II мянганы эхний хагасын төгсгөл үед Сибирь, Алтай, Хангайн уулс, урагшаа Хятадын Ганьсу муж хүртэлх бүс нутгийн соёл хоорондын харилцаа хамааралд Мөнххайрханы соёл хоёр талын харилцаатай “зуучлагч” үүрэг гүйцэтгэж байсан талаар олон талын олдворын харьцуулсан судалгаанд үндэслэн дүгнэсэн байдаг (Ковалев, Эрдэнэбаатар 2014с; Kovalev 2023). Нөгөө талаар дээрх бүс нутаг нь нийтдээ хүнцлийн өндөр хувийн агууламжтай зэсийн хүдэртэй бүс нутаг болох тул цаашид эдгээр олдвор нь тус тусын бүс нутагт хийгдсэн эсвэл аль нэг бүс нутагт үйлдвэрлэгдэж тархсан уу гэдэг асуултад хариулт олох нь чухал болж байна. Ийм хүрэл эдлэлийн нэгэн жишээ нь Баруун булгийн булшнаас илэрсэн хүрэл гархин эдлэл бөгөөд ийм олдворын

тархац мөн л дээрх бүх бүс нутгийг хамарч буйд асуудлын гол зангилаа оршиж буй юм.

Дүгнэлт

Хүрлийн дунд үеийн Мөнххайрханы соёлын (НТӨ 1900-1500) булшнаас олдсон 10 хүрэл эдлэлд хийсэн рентген флуоресценцийн шинжилгээний үр дүнд тэдгээр нь харилцан адилгүй бүтэц, найрлагатай болохыг тодорхойлов. Химийн элементийн бүтэц нь бараг цэвэр зэс эсвэл зэс, цагаан тугалга, хүнцлийн гурвалсан найрлагатай байхаас гадна цагаан тугалгат-хүрэл, хүнцэлт-хүрэл гэсэн ялгаатай байна. Судалгааны өөр нэг чухал үр дүн нь цагаан тугалганы найрлагын хувийн хэлбэлзэлд орших ба хүрэл эдлэл дэх цагаан тугалга нь ул мөр төдий маш бага (0.1–2%), ердийн (5–12%), эсвэл өндөр хувийн агууламжтай (15–25%) гэсэн хүрэл боловсруулалтын арга, уламжлалыг илтгэх чухал ялгаа харуулна. Тэр дундаа Баруун булгийн булшнаас олдсон хүрэл гархитай ижил төрлийн олдворууд ихэвчлэн цагаан тугалганы өндөр хувийн найрлагатай (20–25%) байгаа нь судалгааны сонирхолтой үр дүн юм. Энэ нь нэг төрлийн олдворын цагаан тугалганы найрлагын хувийг нэмэгдүүлж мөнгөлөг цагаан саарал өнгөтэй хүрэл эдлэл боловсруулдаг байсныг илтгэх ба ердийн зэвсэг болон бусад төрлийн олдворууд нь бага болон ердийн хэмжээний цагаан тугалганы найрлагатай байна.

Цаашид хүрэл эдлэлд хийх химийн элементийн судалгааны арга зүйг чанаржуулах, тоог нэмэгдүүлэх, боловсруулсан арга уламжлалыг илүү нарийвчлан судлах төдийгүй хар тугалганы изотопын шинжилгээ болон орон нутгийн геологийн мэдээллийн сан зэрэгтэй харьцуулан хүрэл эдлэлийн хүдрийн олборлолт, боловсруулсан бүс нутгийг наанадаж ойролцоогоор тодорхойлох боломжийг эрэлхийлэх нь зүйтэй юм.

Талархал

Зарим хүрэл олдворт химийн элементийн найрлагын судалгаа хийх боломж олгосон тус хүрээлэнгийн археологич, доктор А.Энхтөр, Г.Батболд Ж.Баярсайхан, Ц.Амгалантөгс, Г.Лхүндэв, магистр Б.Дашзэвэг нартаа талархал илэрхийлье.

НОМ ЗҮЙ

Александров С.В., Боковенко Н.А., Городилов А.Ю., Лазаретов И.П., Поляков А.В. Охранные работы Саянской археологической экспедиции ИИМК РАН в долине р. Иджим в 2014 г. // *Охранный Археология* № 5. СПб., 2015.

Амгалантөгс Ц., Мияamoto К., Базаргүр

Д., Дэлгэрмаа Л. Монгол-Японы хамтарсан “Эртний монгол хүн” төслийн 2019 оны хээрийн шинжилгээний ангийн товч үр дүн.” // *Монголын археологи-2019*, 226–232. Улаанбаатар, 2019.

Батболд Н, Түвшинжаргал Т, Баярсайхан Ж, Содномжамц Д. Мөнххайрханы соёлын судалгааны тойм ба сүүлийн үеийн үр дүн. // *Studia Archaeologica* 46, no. 4, 2025: 53–64. <https://doi.org/10.5564/sa.v46i1.4272>.

Батболд Н, Түвшинжаргал Т. “Хүрлийн үеийн соёлын залгамж холбоо, үйл явцыг тодруулах нь: Мөнххайрханы соёлын судалгаа” сэдэвт суурь судалгааны төслийн Завхан аймагт хийсэн археологийн малтлага судалгаа. ШУА-ийн Археологийн хүрээлэнгийн ГБСХ. Улаанбаатар, 2025, т. 346-347.

Баярсайхан Ж., Хюль Ж., Түвшинжаргал, Т, Экүүз., Н, Конеса Ф., Буян-Орших Б., Бямбадорж Б. Монгол-Америкийн хамтарсан “Бэлчээрийн мал аж ахуйн археологи” төслийн хээрийн судалгааны ажлын тайлан. ШУА-ийн Археологийн хүрээлэн, ГБСХ. Улаанбаатар 2024.

Боковенко Н.А., Ковалев А.А., Лазаретов, И.П. Открытие памятников Мунх-Хайрханской культуры в горах Западного Саяна. *Известия Лаборатории древних технологий*. Т. 15, 2019. № 2. С. 47–66. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2019-2-47-66>

Дандар С. Вольфрам, цагаан тугалганы орд илрэлүүд. // *Монголын геологи ба ашигт малтмал*. Боть 6. 2009, т. 115-182

Идэрхангай, Т, Хүслэн Л. Харуулын гозгорт малтсан Мөнххайрханы соёлын нэгэн булшны тухайд. *Mongolian Journal of Anthropology, Archaeology and Ethnology* 14, no. 1, 2025: 75–86. <https://doi.org/10.22353/mjaae.2025140107>.

Ковалев А.А. Мунх-Хайрханская культура периода развитой бронзы и ее связи с культурами неолита – бронзового века восточной сибир. *Актуальные вопросы археологии и этнологии центральной Азии. Материлы II международной научной конференции* (г. Улан-Удэ, 4-6 декабря 2017 г). Редакторы, Б.В Базаров. Издательство БНЦ СО РАН. Улан-Удэ. 2017, с. 57–66.

Ковалев А.А, Мунхбаяр Ч. “Раскопки уникального погребально-ритуального комплекса Мунх-Хайрханской культуры Шар говийн эхэн 1 в высокогорном районе Монгольского Алтая.” *Известия лаборатории древних технологий* 14, no. 3, 2018: 43–58. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2018-3-43-58>.

Ковалев А. А, Эрдэнэбаатар Д. Исследования ритуальных оград чумурчекского облика и связанных с ними памятников в Баян-Ульгий аймаке Монголии в 2004 году. // *Древнейшие европейцы в сердце Азии: Чумурчекский*

культурный феномен. Ч. 1, 2014а, с. 163–234. Санкт-Петербург, 2014.

Ковалев А. А., Эрдэнэбаатар Д. 2014б. Исследования чечурчских курганов в Булган сомоне Ховд аймака Монголии в 2003–2010 годах. // *Древнейшие европейцы в сердце Азии: Чечурчский культурный феномен*. Ч. 1, 2014б, с. 235–406. Санкт-Петербург, 2014.

Ковалев А. А., Эрдэнэбаатар Д. Открытие в центре Евразии новой культуры эпохи развитой бронзы (Мунх-Хайрханская культура). *Российский археологический ежегодник*, no. 4, 2014с, с. 194–225. Санкт-Петербург: Университетский издательский консорциум.

Лхүндэв Г, Дашзэвэг Б, Даваахүү Э, Амарболд Э. Увс аймгийн Өмнөговь сумын нутаг дахь “Хөлцөөтийн арвин металлс” ХХК-ийн “Дэмч Булаг” нэртэй XV-022775 тоот ашигт малтмалын тусгай зөвшөөрлийн талбай: Археологийн авран хамгаалах малтлага судалгааны ажлын тайлан. ШУА-ийн Археологийн хүрээлэн. Улаанбаатар, 2025.

Мөнхбаяр Ч. “Хүрлийн түрүү болон хөгжингүй үед холбогдох хоёр ховор олдворын солонгон задралын үр дүн.” *Археологи, түүх, хүмүүнлэгийн ухааны сэтгүүл* 12, 2017: 7–16.

Содномжамц Д, Нандин-Эрдэнэ Н. Хүрэл толины найрлагын судалгаа. // Монгол нутгаас олдсон хүрэл толины судалгаа. Монголын археологийн өв, Боть 14. Ред. Г.Эрэгзэн, т. 93-102. “Мөнхийн үсэг” хэвлэлийн газар.

Түвшинжаргал Т, Батболд Н. “Хүрлийн үеийн соёлын залгамж холбоо, үйл явцыг тодруулах нь: Мөнххайрханы соёлын судалгаа” сэдэвт суурь судалгааны төслийн Завхан аймагт хийсэн археологийн малтлага судалгаа. // *Монголын археологи–2025*, 346–347. Улаанбаатар, 2025.

Түвшинжаргал Т, Содномжамц Д, Батболд Н. “Хэнтий, Дорнод аймгийн нутагт археологийн дурсгал тандан судалсан тухай.” // *Монголын археологи–2024*. Улаанбаатар, 2024.

Хаврин С.В. “Металлические изделия окуневской культуры.” // *Окуневский сборник 2: Культура и ее окружение*, редактор Д.Г. Савинов и др., 242–244. Санкт-Петербург, 2006.

Хаврин С.В. “Древнейший металл Горного Алтая.” // *Афанасьевский сборник*, edited by Н.Ф. Степанова, 187–189. Барнаул, 2010.

Хаврин С.В. Результаты рентгенофлюоресцентного анализа металлических предметов из чечурчских курганов Ягшийн ходоо 1 и 3. // *Древнейшие европейцы в сердце Азии: Чечурчский культурный феномен*. Приложение 4, 401. Санкт-Петербург, 2014.

Энхтөр А, Болорбат Ц, Батболд Г, Алдармөнх П, Буянхишиг Ц.

Увс аймгийн Хяргас сумын нутаг Билүүгийн голд барьж буй хөв цөөрмийн 1800000 м3 багтаамжтай усан сангийн газарт орж буй археологийн дурсгалуудыг авран хамгаалах судалгаа: Археологийн авран хамгаалах малтлага судалгааны тайлан. ШУА-ийн Археологийн хүрээлэн. Улаанбаатар, 2020.

Эрдэнэбаатар, Д, Доржханд С. Монголын нүүдэлчдийн хүрлийн үеийн төмөрлөг боловсруулах арга, ажиллагааны тухайд. // *Studia Archaeologica* 17, no. 6, 1997: 73–81.

Bunker Emma C. “Cultural Diversity in the Tarim Basin Vicinity and Its Impact on Ancient Chinese Culture.” In *Bronze Age and Early Iron Age Peoples of Eastern Central Asia*, vol. 5, edited by H. Mair. 1998, pp. 604–618.

Chase W. T. Chinese Bronzes: Casting, Finishing, Patination, and Corrosion. In: Scott, D.A., Podany, J., Considine, B.B. (Eds.), *Ancient and Historic Metals: Conservation and Scientific Research*. J. Paul Getty Museum and the Getty Conservation Institute, Los Angeles. 1993, pp. 83–117.

Chase W.T., Douglas J.G. Technical studies and metal compositional analyses of bronzes of the Eastern Eurasian steppes from the Arthur M. Sackler Collections. In: Bunker, E.C., Kawami, T.S., Linduff, K.M., En, W. (Eds.), *Ancient Bronzes of the Eastern Eurasian Steppes from the Arthur M. Sackler Collections*. The Arthur M. Sackler Foundation, Distributed by Harry N. Abrams, Inc., Publishers. 1997, pp. 306–318.

Chernykh E. N. *Ancient Metallurgy in the USSR: The Early Metal Age*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

Huan Limin and Ursula Brosseder. “Yuhuangmiao: The Socio-Cultural Dynamics of a Community between the Steppes and the Chinese Plains.” *Asian Archaeology* 8 (2), 2024: 229–249. <https://doi.org/10.1007/s41826-024-00098-4>

Kovalev A. A. “On the Chronological Position of Shiba Culture Metal Artifacts, Northwest China.” *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia* 51, no. 1, 2023: 70–79. <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2023.51.1.070-079>.

Linduff Katheryn M., Robert L. Drennan, and Yan Sun. *Metallurgy in Ancient Eastern Eurasia: From the Urals to the Yellow River*. Lewiston, NY: Edwin Mellen Press. 2004.

Miyamoto Kazuo, Tatsuro Adachi, Tsend Amgalantugs, Natsag Batbold, Dashzeveg Bazargur, Lhagvadorj Delgermaa, Masahiro Fukunaga, et al. “Excavations at Avdalai Khyasaa Site: The Fourth Report on Joint Mongolian-Japanese Excavations in Outer Mongolia.” Department of Archaeology, Faculty of Humanities, Kyushu University, 2023. <https://doi.org/10.15017/7160669>.

Park Jang-Sik, William Honeychurch, and Chunag Amartuvshin. "Ancient Bronze Technology and Nomadic Communities of the Middle Gobi Desert, Mongolia." *Journal of Archaeological Science* 38, no. 4, 2011: 805–817. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.003>.

Thomsen Christian Jürgensen. *Guide to Northern Antiquities*. Copenhagen: Royal Commission for the Preservation of Antiquities. 1848.

Treister, Mikhail Yu. and Irina Ravich. Chinese mirrors from the burials of the nomads of Eastern Europe of the second half of the 1st millennium BC–first centuries AD: Typology, chronology, distribution and technology of manufacture. *Advances in Archaeomaterials* 2, 2021: 24–48. <https://doi.org/10.1016/J.AIA.2021.07.001>

Wang Chuan-Chao, Yeh Hui-Yuan, Popov Alexander N, Zhang Hu-Qin, Matsumura Hirofumi, Sirak Kendra, Cheronet Olivia, Kovalev Alexey, Rohland Nadin, Kim Alexander M., et al. "Genomic Insights into the Formation of Human Populations in East Asia." *Nature* 591, 2021: 413–419. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03336-2>

Wang Xiang, Ruiliang Liu, Jun Gao, A. Mark Pollard, Anchuan Fan, Fang Huang, Ruiliang Li, Shixuan Zhang, Fenglin Hua, and Zhengyao Jin. Reconstructing the Trade History: Provenance Study of Han Bronze Mirrors In and Out of Han China." *Archaeological and Anthropological Sciences* 16: 110, 2024. <https://doi.org/10.1007/s12520-024-02016-2>

REFERENCES

Aleksandrov S.V., Bokovenko N.A., Gorodilov AY, Lazaretov I.P, and Polyakov A.B. "Okhrannyye raboty Sayanskoi arkheologicheskoi ekspeditsii IIMK RAN v doline r. Idzhim v 2014 g." [Rescue Excavations of the Sayan Archaeological Expedition of IIMK RAS in the Idzhim River Valley in 2014]. In *Okhrannaia Arkheologiya*, no. 5. Saint Petersburg, 2015.

Amgalantugs Tsend, Miyamoto Kazuo, Bazargur Dashzeveg, and Delgermaa Lhagvasuren. "Mongol–Yaponii khamtarsan 'Ertnei Mongol khun' tusliin 2019 onii kheerlin shinjilgeenii anglin tovch ur dun [Preliminary Results of the Mongolian–Japanese 'Ancient Mongolian Human' Project 2019 Fieldwork]." In *Mongolian Archaeology–2019*, 226–232. Ulaanbaatar, 2019.

Batbold Natsag, Tuvshinjargal Tumurbaatar, Bayarsaikhan Jamsranjav, and Sodnomjamts Damchaabadgar. Munkhkhairkhan soyolyn sudalgaany toim ba suulin uyeiin ur dun [Overview of Munkhkhairkhan culture research and recent result]. *Studia Archaeologica* 46, no. 4, 2025: 53–64.

<https://doi.org/10.5564/sa.v46i1.4272>.

Batbold Natsag, and Tuvshinjargal Tumurbaatar. *Khurliin uyeiin soyolyn zalgamj kholboo, uil yavtsyg todruulakh ni: Munkhkhairkhan soyolyn sudalga sedevt suuri sudalgaany tosliin Zavkhan aimagt khiisen arkheologiin maltlaga sudalga [Archaeological Excavations Conducted in Zavkhan Aimag under the Project "Clarifying Cultural Continuity and Processes of the Bronze Age: Study of the Munkhkhairkhan Culture"]*. Ulaanbaatar, 2025. Institute of Archaeology, Mongolian Academy of Sciences, Field Research Department, 346–347.

Bayarsaikhan Jamsranjav, Jean-luc Houle, Tuvshinjargal Tumurbaatar, Natalia Égüez, Francesc C. Conesa, Buyan-Orshikh Baasandorj, Byambadorj Batsuren. *Mongol-Amerikiin khamtarsan "Belcheerlin mal aj akhuin arkheologi" tösliin kheerlin sudalgaany ajlyn tailan [Report on the Field Research of the Mongolian-American Joint Project "Mongolian Pastoralist Archaeologies"]*. Ulaanbaatar, 2024. Institute of Archaeology, Mongolian Academy of Sciences.

Bokovenko N.A., Kovalev A.A., and Lazaretov I.P. "Otkrytie pamyatnikov Munkh-Khairkhanskoi kultury v gorakh Zapadnogo Sayana [Discovery of Munkh-Khairkhan Culture Sites in the Western Sayan Mountains]." *Journal of Ancient technology laboratory* 15, no. 2, 2019: 47–66. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2019-2-47-66>

Bunker Emma C. "Cultural Diversity in the Tarim Basin Vicinity and Its Impact on Ancient Chinese Culture." In *Bronze Age and Early Iron Age Peoples of Eastern Central Asia*, vol. 5, edited by H. Mair. 1998, pp. 604–618.

Chase W. T. Chinese Bronzes: Casting, Finishing, Patination, and Corrosion. In: Scott, D.A., Podany, J., Considine, B.B. (Eds.), *Ancient and Historic Metals: Conservation and Scientific Research*. J. Paul Getty Museum and the Getty Conservation Institute, Los Angeles. 1993, pp. 83–117.

Chase W.T., Douglas J.G. Technical studies and metal compositional analyses of bronzes of the Eastern Eurasian steppes from the Arthur M. Sackler Collections. In: Bunker, E.C., Kawami, T.S., Linduff, K.M., En, W. (Eds.), *Ancient Bronzes of the Eastern Eurasian Steppes from the Arthur M. Sackler Collections*. The Arthur M. Sackler Foundation, Distributed by Harry N. Abrams, Inc., Publishers. 1997, pp. 306–318.

Chernykh E. N. *Ancient Metallurgy in the USSR: The Early Metal Age*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

Dandar S. "Volifram, tsagaan tugalany ord ilreluud [Tungsten and Tin Deposits]." In *Mongolyn Geology ba Ashigt Maltmal*, vol. 6, 115–182. 2009.

Enkhtur Altangerel, Amartuvshin Chunag, Bolorbat Tserendorj, Batbold Gonchig, Aldarmunkh Purev, and Buyankhishig Tserenkhand. *Uvs aimgyn Khyargas sumiin nutag Biluugiin gold barij bui usan sangiin gazart orj bui arkheologiin dursgaluudiig avran khamgaalakh maltaga sudalгаа: Archaeologyn avran khamgaalakh maltaga sudalgaany tailan [Rescue Excavation of Archaeological Sites Affected by the Construction of a 1,800,000 m³ Reservoir at Biluugiin Gol, Khyargas Soum, Uvs Aimag: Archaeological Rescue Excavation Report]*. Ulaanbaatar, 2020. Institute of Archaeology, Mongolian Academy of Sciences.

Erdenebaatar Diimaajav and Dorjkhand S. Mongolyn nuudelchdiin khurliin uyeiin tumurlug bolovsruulakh arga, ajillagaanii tukhaid [On the methods and technologies of Bronze Metallurgy among Mongolian Nomads]. *Studia Archaeologica* 17 (6), 1997: 73–81.

Huan Limin and Ursula Brosseder. “Yuhuangmiao: The Socio-Cultural Dynamics of a Community between the Steppes and the Chinese Plains.” *Asian Archaeology* 8 (2), 2024: 229–249. <https://doi.org/10.1007/s41826-024-00098-4>

Iderkhangai Tumur-Ochir, and Khuslen Lkhagvasuren. “On a Burial of the Munkhkhairkhan Culture Excavated at Kharuuliin Gozgor.” *Mongolian Journal of Anthropology, Archaeology and Ethnology* 14, no. 1 (2025): 75–86. <https://doi.org/10.22353/mjaae.2025140107>

Khavrin S.B. Metallicheskie izdeliya okunevskoi kulturi [Metal Artifacts of the Okunev Culture]. In *Okunevskii sbornik 2: Kulitura i ee okrujenie [Okunev Collection 2: Culture and Its Context]*, 242–244. Saint Petersburg, 2006.

Khavrin S.B. “Drevneishii metall Gornogo Altaya [Earliest Metal of the Altai Mountains].” In *Afanasevskii sbornik*, 187–189. Barnaul, 2010.

Khavrin S.B. Rezultati rentgenofluorestsennogo analiza... [Results of X-ray Fluorescence Analysis...]. In *Drevneishie evropeitsy v serdtse Azii [Earliest Europeans in the Heart of Asia]*, appendix 4, 401. Saint Petersburg, 2014.

Khavrin S.V. Rezultatiy rentgenofluorestsennogo analiza metallicheskih predmetov iz chemurchevskikh kurganov Yagshiin khodoo 1 i 3 [Results of X-ray Fluorescence Analysis of Metal Objects from the Chemurchev Kurgans at Yagshiin Khuduu 1 and 3]. In *Drevneishie evropeitsy v serdtse Azii: Chemurchevskii kulturnyi fenomen [Earliest Europeans in the Heart of Asia: The Chemurchev Cultural Phenomenon]*, appendix 4, 401. Saint Petersburg, 2014.

Kovalev A.A. Munkh-Khairkhanskaya kultura perioda razvitoi bronzii i ee svyazi s kulturami neolita-bronzovogo veka Vostochnoi Sibiri

[Munkhkhairkhan Culture of Bronze Age and its connections with Neolithic–Bronze Age the cultures of Eastern Siberia]. In *Aktualnie voprosi arkheologii i etnologii Tsentralnoi Azii: Materialy II mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Ulan-Ude, December 4–6, 2017)*, edited by B. V. Bazarov, 57–66. Ulan-Ude: BNTS SO RAN, 2017.

Kovalev A.A and Munkhbayar Chuluunbat “Raskopki unikal’nogo pogrebal’no-ritual’nogo kompleksa Munkh-Khairkhanskoi kul’tury Shar Gov’in Ekhen 1 v vysokogornom raione Mongol’skogo Altai.” [Excavation of unique burial-ritual complex Shar goviin Ekhen of Munkh-Khairkhan culture in highlands of Mongolian Altai]. *Izvestiya laboratorii drevnikh tekhnologii* 14, no. 3, 2018, c. 43–58. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2018-3-43-58>.

Kovalev A. A. “On the Chronological Position of Shiba Culture Metal Artifacts, Northwest China” *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia* 51, no. 1, 2023: 70–79. <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2023.51.1.070-079>.

Kovalev A.A and Erdenebaatar Diimaajav. Issledovaniya ritualnykh ograd chemurchevskogo oblika i svyazannykh s nimi pamyatnikov v Bayan-Ulgii aimake Mongolii v 2004 godu [Study of Ritual Enclosures of Chemurchev Type in Bayan-Ulgii Aimag, Mongolia, 2004]. In *Drevneishie evropeitsy v serdtse Azii [Earliest Europeans in the Heart of Asia]*, 2014a, c. 163–234. Saint Petersburg.

Kovalev A.A and Erdenebaatar Diimaajav. Issledovaniya chemurchevskikh kurganov v Bulgan somone Khovd aimaka Mongolii v 2003–2010 godakh [Investigations of Chemurchev Kurgans in Bulgan Soum, Khovd Aimag, Mongolia, 2003–2010]. In *Drevneishie evropeitsy v serdtse Azii [Earliest Europeans in the Heart of Asia]*, 2014b, c. 235–406. Saint Petersburg.

Kovalev A.A and Erdenebaatar Diimaajav. Otkrytie v tsentre Evrazii novoi kultury epokhi razvitoi bronzы (Munkh-Khairkhanskaya kultura) [Discovery of a New Developed Bronze Age Culture in Central Eurasia (Munkhkhairkhan Culture)]. *Rossiiskii Arkheologicheskii Ezhegodnik*, no. 4: 2014c, c. 194–225. Saint Petersburg.

Linduff K.M., Robert L. Drennan, and Yan Sun. *Metallurgy in Ancient Eastern Eurasia: From the Urals to the Yellow River*. Lewiston, NY: Edwin Mellen Press. 2004.

Miyamoto Kazuo, Tatsuro Adachi, Tsend Amgalantugs, Natsag Batbold, Dashzeveg Bazargur, Lhagvadorj Delgermaa, Masahiro Fukunaga, et al. “Excavations at Avdalai Khyasaa Site: The Fourth Report on Joint Mongolian-Japanese Excavations in Outer Mongolia.” Department of Archaeology, Faculty of Humanities, Kyushu University, 2023.

<https://doi.org/10.15017/7160669>.

Munkhbayar, Chuluunbat. Khurliin turuu bolon khugjingui uyed kholbogdokh khoyor khovor oldvoryn solongon zadriliin ur dun [Spectral Analysis Results of Two Rare Bronze Artifacts]. *Arkheologi, Tuukh, Khumuunlegiin Ukhaanii Setguul*, 12: 7–16. Khovd University, 2017.

Park Jang-Sik, William Honeychurch, and Chunag Amartuvshin. “Ancient Bronze Technology and Nomadic Communities of the Middle Gobi Desert, Mongolia.” *Journal of Archaeological Science* 38, no. 4, 2011: 805–817. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.003>.

Sodnomjamts Damchaabadgar, and Nandin-Erdene Nyam-Osor. Khurel toliin nairlagyn sudalgaa [Study of the Chemical composition of Bronze Mirror]. In *Mongol nutgaas oldson khurel toliin sudalgaa [A Study on Bronze Mirrors Found in Mongolia]*, 93–102. Ulaanbaatar, 2015.

Thomsen Christian Jürgensen. *Guide to Northern Antiquities*. Copenhagen: Royal Commission for the Preservation of Antiquities. 1848.

Treister, Mikhail Yu. and Irina Ravich. Chinese mirrors from the burials of the nomads of Eastern Europe of the second half of the 1st millennium BC–first centuries AD: Typology, chronology, distribution and technology of manufacture. *Advances in Archaeomaterials* 2, 2021: 24–48. <https://doi.org/10.1016/J.AIA.2021.07.001>

Tuvshinjargal Tumurbaatar and Batbold Natsag. “Khurliin uyeiin soyolyn zalgamj kholboo, uil yavtsyg todruulakh ni: Munkhkhairkhany soyolin sudalgaa” sedevt tusliin Zavkhan aimagt khiisen arkhyeologyn maltlaga sudalgaa. [Archaeological Excavations Conducted in Zavkhan Aimag within the Basic Research Project “Clarifying Cultural

Continuity and Processes of the Bronze Age: Study of the Munkhkhairkhan Culture]. In *Mongolian Archaeology–2025*, 346–347. Ulaanbaatar, 2025.

Tuvshinjargal Tumurbaatar, Sodnomjamts Damchaabadgar, and Batbold Natsag. “Khentii, Dornod aimagt arkhyeologyn dursгал тандан судалсан тухай [Preliminary Study of Archaeological Sites in Khentii and Dornod Aimag].” In *Mongolian Archaeology–2024*. Ulaanbaatar, 2024.

Wang Chuan-Chao, Yeh Hui-Yuan, Popov Alexander N, Zhang Hu-Qin, Matsumura Hirofumi, Sirak Kendra, Cheronet Olivia, Kovalev Alexey, Rohland Nadin, Kim Alexander M., et al. “Genomic Insights into the Formation of Human Populations in East Asia.” *Nature* 591, 2021: 413–419. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03336-2>.

Wang Xiang, Liu Ruiliang, Gao Jun, Pollard A. Mark, Fan Anchuan, Huang Fang, Li Ruiliang, Zhang Shixuan, Hua Fenglin, and Jin Zhengyao. Reconstructing the Trade History: Provenance Study of Han Bronze Mirrors In and Out of Han China.” *Archaeological and Anthropological Sciences* 16: 110, 2024. <https://doi.org/10.1007/s12520-024-02016-2>



Open Access This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial.

See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Хүснэгт 1. Зөөврийн рентген флуоресценцийн шинжилгээний (XRF) үр дүн

№	Дурсгалын хаяг, дугаар	Олдворын нэр	Cu	Sn	Pb	Ag	Bi
1	Завхан аймгийн Тэлмэн сум, Баруун булаг	Хүрэл гархи	73.2%	25.5%	0.27%	0.43%	0.35%

Хүснэгт 2. Суурин рентген-Флуоресценцийн шинжилгээний (XRF) хагас тоон анализын үр дүн

№	Дурсгалын хаяг, дугаар	Олдворын нэр	Cu, (%)	Zn, (%)	As, (%)	Ag, (%)	Sn, (%)	Pb, (%)	Bi, (%)	Fe (эрчим, cps)	Ni (эрчим, cps)	Au (эрчим, cps)
1	Увс аймгийн Зүүнхангай сум, Хүрдлэгийн ам Булш 1	Хүрэл хутга	95	0.04	0.1	0.02	4.58	0.1	-	1636	1618	
2	Завхан аймгийн Тэлмэн сум, Баруун булаг	Хүрэл гархи	72	0.07	2.0	0.42	25.09	0.3	0.35	4760	1900	
3	Завхан аймгийн Тосонцэнгэл сум, Ав далайн хясаа Булш 15	Хүрэл ээмэг?	59	0.12	10.4	0.33	28.59	0.8	0.16	3221	1657	
4	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл ээмэг БГ1	85	0.06	10.8	0.13	3.07	0.1	-	3925	2191	
5	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл ээмэг БГ2	80	0.07	15.4	0.27	3.81	0.1	0.01	4181	2699	
6	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл ээмэг БГ3	99	0.02	1.0	0.08	0.04	0.1	-	8770	8441	
7	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл ээмэг БГ4	88	0.02	8.9	0.36	0.79	1.4	0.01	6152	4340	
8	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл цагариг БГ5	89	0.02	1.0	0.21	9.10	0.5	-	5342	2567	
9	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл хутга	99	0.02	0.7	0.05	0.04	0.0	0.01	8273	7016	
10	Увс аймгийн Хяргас сум, Билүүгийн гол Дурсгал-3	Хүрэл шөвгийн үзүүр	98	0.02	1.3	0.08	0.23	0.5	0.07	6198	3149	
11	Увс аймгийн Өмнөговь сум Орлогын гол	Хүрэл хутга	97	0.02	1.3	0.02	1.47	0.3	0.12	7835	6340	2901
12	Увс аймгийн Өмнөговь сум Орлогын гол	Хүрэл хадаас	93	0.02	2.6	0.08	3.95	0.1	0.11	4413	3883	
13	Хэнтий аймгийн Баянмөнх сум Баян цогтын булан Булш-1	Хүрэл товруу	91	0.03	7.7	0.09	0.03	0.5	0.09	5354	2838	
14	Хэнтий аймгийн Баянмөнх сум Баян цогтын булан Булш-1	Хүрэл товруу (2 ширхэг)	93	0.02	-	0.03	5.24	1.5	0.08	6954	2962	