

Хэрэглээний хими

# ХИМИЙН НАЙРЛАГААС НЬ ХАМААРУУЛСАН ГАНГИЙН ЗЭВРЭЛТИЙН КИНЕТИК ПРОЦЕССЫН СУДАЛГАА

Т.Бүжинлхам<sup>1</sup>, Н.Эрдэнэпүрэв<sup>2</sup>, Д.Эрдэнэчимэг<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>МУИС-ийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн сургууль, Хими, биологийн инженерчлэлийн тэнхим

<sup>2</sup>ШУТИС-ийн Барилга, Архитектурын сургууль

Received on 2021.04.15; Revised on 2021.07.01; Accepted on 2021.07.05

\*Холбоо баригч зохиогч: erdenechimeg@seas.num.edu.mn

## Хураангуй

Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлтэй ган бүтээцүүдийн химийн найрлагыг индукцийн холбоост плазмын оптик спектрометр (ICP-OES) болон рентген спектрометр (XRF)-ийн багажуудаар тодорхойлоход ган бүтээцүүдийн гангийн химийн найрлагад Cr, Ni, Si, Al, Mn -н агуулга нийлбэрээрээ >1.5% их байгаа нь чанаржуулсан гангийн төрөлд орж байна. Мөн зэврэлтээс хамгаалах хар бүрхүүлийн 92.73% -д Si, Al, Fe, Ti агуулгатай хайлш, саарал бүрхүүлийн 93.46% нь Zn агуулгатай байна. Зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн зэврэлтэд тэсвэртэй байдалд шүтлэг орчин, температур, хугацааны хамаарлыг жингийн хорогдлын арга харьцуулан судалсан. Электрoхимийн багажаар шугаман туйлширсан эсэргүүцлийн аргаар хэт шүтлэг орчин дах саарал бүрхүүл нь хар бүрхүүлээс 5 дахин хурдтай зэвэрч байна.

**Түлхүүр үг:** Зэврэлт, Шугаман туйлширсан эсэргүүцлийн арга, Жингийн хорогдлын арга, Ган бүтээц

## 1 Удиртгал

Ган нь улс орны аж ахуйн бүх салбарт хэрэглэгдэж буй металлуудын нийт жингийн 90 гаруй хувийг эзэлдэг [1]. Зэврэлтээр ган хийц элэгдэн, бат бэх, уян хатан, дулаан дамжуулах зэрэг ажлын шинж чанараа алддаг. Энэ нь эдийн засаг, байгаль орчин болоод байгууламжийн ашиглалтын хугацаа, үйлдвэрийн орчны аюулгүй байдалд шууд нөлөөлдөг [2]. Үйлдвэрийн барилга болон тоног төхөөрөмж дэх зэврэлтийн хурд нь энгийн агаар мандалаас хэд дахин илүү байгаа нь үйлдвэрийн дотоод орчин дахь хүчиллэг, шүтлэг идэмхий үйлчлэлтэй бодисууд ялгардагтай холбоотой [3]. Өндөр хөгжиж байгаа орнууд металлыг зэврэлтээс хамгаалах, зэврэлтэнд өртсөн барилга байгууламжыг нөхөн сэргээх, хүчигч аргуудыг нарийн судлахад нилээд сайн анхааран хөрөнгө оруулалтыг хийж байна. Энэ нь гангийн элэгдлийг 15-35% хүртэл бууруулах боломжтой бөгөөд дэлхийн хэмжээнд 375-875 тэрбум доллартай дүйцэж байгаа юм [4].

Зэсийн хөвүүлэн баяжуулах үйлдвэрийн ган бүтээцийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүл ба зэврэлт үүсгэж буй орчны хооронд явагдах төрөл бүрийн хүчин зүйлүүдийн нөлөөлөлд явагдах зэврэлтийн хурд болон төрх, ерөнхий зүй тогтлыг мэдсэнээр зэврэлтийн учир шалтгааныг зөв тодорхойлж, сэргийлэх аргыг олох нөхцөл бүрдэнэ [5]. Зэврэлтийн судалгааг электрохимийн өндөр на-

рийвчлал бүхий хэмжилтийн аргаар хийсэн энэ нь өмнөх механик аргуудтай харьцуулахад температурын өргөн хамааралд, өндөр нарийвчлалаар түргэн хугацаанд туршилтыг хийх боломжийг бүрдүүлж өгч байгаа юм [6].

## 2 Материал ба Арга зүй

### 2.1 Дээжийн бэлтгэл ба химийн анализ

Зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлтэй ган бүтээцүүдийн бүрхүүлийн болон гангийн химийн найрлагыг индукцийн холбоост плазмын оптик спектрометр (ICP-OES, iCAP 6300, Thermo fisher), рентгенспектрометр (XRF, Niton XL3t GOLDD) -ийн багажуудаар тодорхойлсон [7] [8]. Туршилтын дээжүүдийг эргүүлдэг хавчигч (150мм PV-6), гар тасдагч (AG7108 INGC0) багажуудыг ашиглан 1см x 2см хэмжээтэйгээр зүссэж бэлтгэсэн. Цаасан зүлгүүртэй (80, 120, 180, 320, 500, 1000 мм-ийн ширхэгтэй) өнгөлөгч (Knuth Rotor-2) багажаар хамгаалалтын хар болон саарал бүрхүүлийг арилгаж дотор ганг гаргасан дээжийг мөн бэлтгэнэ. Туршилтын дээжүүдийг цэвэрлэхдээ хавчаараар барьж хавчаад бязь даавуунд шингээсэн органик уусгагчаар (ацетон, P-646, бензол, толуол) арчиж тосгүйжүүлээд ионгүйжүүлсэн усаар сайтар угааж, хатаах шүүгээнд хатаана.

Мөн электрохимийн хэмжилтийн (µSTAT 400, Биопотенциостат/Гальваностат) харьцуулагч болон тоологч электродыг туршилт бүрийн өмнө цэвэрлэнэ. Харьцуулах электродыг цэвэрлэхдээ түүний анионыг нь агуулсан давсны уусмал болох 3M KCl-ийн уусмалаар зайлах болон электродыг цэнэглэнэ. Тоологч электрод болох цагаан алтан электродыг цэвэрлэхдээ тухайн металлын (Pt) уусдаггүй хүчил (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) -ээр 10 секунд орчим зайлсны дараагаар хүчлийн үлдэгдлийг ионгүйжүүлсэн усаар сайтар угаана. Электрохимийн хэмжилт бүрд шил аягыг 30 минут ультрасоник багажаар цэвэрлэж дээд зэргийн цэвэр болгосоны дараагаар ашиглана [6].

## 2.2 Уусмал бэлтгэх

3M-ийн калийн хлоридын уусмал бэлтгэх: 0.0001 гр нарийвчлалтай аналитик жин дээр 11.7 гр калийн хлорын нунтагаас хэмжин авч 100 мл хэмжээст колбонд хийж, ионгүйжүүлсэн усаар хэмжээс хүртэл нь дүүргээд сайтар сэгсэрнэ.

0.2M-ийн калийн хлоридын уусмал бэлтгэх: 0.0001 гр нарийвчлалтай аналитик жин дээр 3.9 гр калийн хлорын нунтагаас хэмжин авч 500 мл хэмжээст колбонд хийж, ионгүйжүүлсэн усаар хэмжээс хүртэл нь дүүргээд сайтар сэгсэрнэ.

0.2M-ийн натрийн гидроксид уусмал бэлтгэх: 0.0001 гр нарийвчлалтай аналитик жин дээр 4.0 гр натрийн гидроксид нунтагаас хэмжин авч 500 мл хэмжээст колбонд хийж, ионгүйжүүлсэн усаар хэмжээс хүртэл нь дүүргээд сайтар сэгсэрнэ. Орчны буфер уусмалыг дараах байдлаар бэлтгэсэн болно.

pH 12: 50 мл 0.2M KCl+12 мл 0.2M NaOH

pH 13: 50 мл 0.2M KCl+132 мл 0.2M NaOH

pH 14: 50 мл 0.2M KCl+276 мл 0.2M NaOH pH метрийн багаж болон индикаторын цаасаар орчны шалгасан.

## 2.3 Жингийн хорогдлын туршилт

Жингийн хорогдлын аргаар зэврэлтийн хурдыг тодорхойлоход зөвхөн жингийн зөрүү шаардлагатай учир нарийн тоног төхөөрөмж шаардлаггүй бөгөөд багажнаас үүдэлтэй туршилтын алдаа бага байдгаараа давуу талтай. Харин олон дээжийг нэгэн зэрэг хийх боломжтой ч хугацаа их шаарддаг нь бусад аргатай харьцуулахад сул тал болдог. Ган бүтээцүүдийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн зэврэлтэд тэсвэртэй байдлыг шүлтийн орчин, температур болон хугацаанаас хамаарсан туршилтыг хийсэн. Жингийн хорогдлын аргаар зэврэлтийн хурдыг тооцоолох тэгшитгэлийг (1) үзүүлэв.

$$CR = \frac{WK}{pAT} \quad (1)$$

CR - зэврэлтийн хурд (мг см<sup>2</sup>т<sup>-1</sup>), W - жингийн хорогдол (г), p - хайлшийн нягт (г/см<sup>3</sup>), A - гадаргуун талбай (см<sup>2</sup>), t - хугацаа (ц), K - 8.76\*10<sup>4</sup> тогтмол.

Туршилтын дээжнээс зэвийг зайлуулсны дараа зэврэлтийн хэмжээг тооцоолох бөгөөд жингийн хорогдлын зөрүүний үр дүнгээс тусгаарлагчийн үр ашгийг(IE) тооцоолох боломжтой ба тэгшитгэлийг (2) үзүүлэв.

$$IE, \% = \frac{W_0 - W_1}{W_0} 100 \quad (2)$$

Үр дүнгийн үнэн зөв байдлыг хангахын тулд туршилт бүр дээр 2 зэрэгцээ дээж, 2 давтан хэмжилтийг гүйцэтгэсэн болно [9].

## 2.4 Электрохимийн туршилт

µстат 400 маркийн Биопотенциостат/Гальваностат багажыг ашиглан шугаман туйлширсан эсэргүүцлийн аргаар гурван-электрод системд хэмжилтийг хийж, Excel программын тусламжтайгаар хэмжилтийн үр дүнгээс гүйдлын нягтын утга болон потенциалас хамаарсан муруйг байгуулан, Icorr ийн утгыг тодорхойлсон [10]. Зэврэлтийн хурдыг тооцоолох тэгшитгэлийг (3) үзүүлэв.

$$CR = I_{corr} \frac{KW}{AD} \quad (3)$$

CR - зэврэлтийн хурд (мкм/жил), Icorr - зэврэлтийн гүйдлийн нягт (µA/см<sup>2</sup>), K - 3.27\*10<sup>-4</sup> тогтмол, W - металлын эквивалент жин (г), A - гадаргуун талбай (см<sup>2</sup>), D - хайлшийн нягт (г/см<sup>3</sup>).

Гурван электрод системд ажлын электродоор туршилтад зориулан жижиглэн тасалж өнгөлсөн ган болон хар болон саарал бүрхүүлтэй дээжүүд байна. Харьцуулагч буюу хлор мөнгөний электрод нь электролит уусмал болон ажлын электродын хоорондох потенциалыг хянах үүрэгтэй. Тоологч буюу цагаан алтан электрод нь электролит уусмал болон ажлын электродын хоорондох гүйдлийг хянах үүрэгтэй байна.

## 3 Үр дүн ба Хэлэлцүүлэг

### 3.1 Гангийн химийн найрлагын үр дүн

Ган бүтээцүүдийн гангийн үндсэн компонентүүдийн агуулгыг индукцийн холбоост плазмын оптик спектромет (ICP-OES), рентген спектрометр (XRF) -н багажуудаар тодорхойлсон ба үр дүнг хүснэгт 1-д харьцуулан үзүүлэв. Зэврэлтээс хамгаалах хар, саарал бүрхүүлтэй ган бүтээцүүдийн ганд Si, Mn, P, Mo, Cr, Ni, Cu, Ti, Zn зэрэг чанаржуулагч элементүүдыг агуулсан байна. Хар бүрхүүлтэй гангийн 97.49 хувийг төмөр, саарал бүрхүүлтэй гангийн 98.67 хувийг төмөр агуулсан бөгөөд хар бүрхүүлтэй ганд хольц металлуудын агуулга нь саарал бүрхүүлтэй гангийн хольцоос дагалдах металлуудын агуулгаас илүү байгаа нь харагдаж байна. Хэдий энэ агуулгын бага зэргийн ялгаатай байгаа ч гангийн чанарын үзүүлэлтэнд болон зэврэлтийн хурдад эдгээр элементийн агуулгаас ихээхэн хамаарч байдаг.

### 3.2 Зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн химийн найрлагын үр дүн

Хар болон саарал бүрхүүлүүдийн үндсэн компонентүүдийн агуулгыг XRF багажаар судалж үзсэн ба үр дүнг хүснэгт 2-д үзүүлэв. Бүрхүүлийн үндсэн компонентүүдийн агуулгаас харахад гангийн гадаргуун зэврэлтээс хамгаалах металл бүрхүүлтэй болох нь тогтоогдсон. Хар өнгөтэй бүрхүүлийн гол компонентүүд 33.64 хувийн цахиур, 4.20 хувийн титан, 47.43 хувийн төмөр, 7.46 хувийн хөнгөнцагаан эзлэх буюу нийт хайлшийн 92.73 хувийг эзэлж байна. Хөнгөнцагаан болон цахиурын ислүүд гангийн гадаргууд нимгэн нягт бүрхүүл үүсгэж, титан бат бөх чанарыг дээшлүүлж байдаг.

Харин саарал бүрхүүлийн 93.48 хувийн цайр, 3.46 хувийн цахиур, 2.21 хувийн хөнгөнцагаан зэрэг элементийг агуулсан хайлш байна. Цайраар ганг бүрэх нь зузааныг багасгах мөн урьдчилан боловсруулалтыг алгасах боломжтой болгодог. Гэвч хэт шүлтлэг болон хүчиллэг орчинд цайр бүрхүүл нь уусаж хамгаалах шинж чанараа алддаг байна [9].

### 3.3 Ган бүтээцүүдийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн орчин, температур, хугацаанаас хамааруулсан зэврэлтийн хурдны үр дүн

Ган бүтээцүүдийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал металл бүрхүүлүүдийн зэврэлтэд тэсвэртэй байдлыг рН орчин, температур, хугацаа зэргээс хэрхэн хамаарч байгааг харьцуулан судалсан. Үүний тулд ионгүйжүүлсэн ус (рН 6.8), рН 12, рН 13, рН 14 орчин бүрт 298K, 303K, 308K температур тус бүр мөн 2 цаг, 4 цаг, 6 цаг, 8 цаг, 10 цаг, 12 цаг тус бүрийн зэврэлтийн хурдыг жингийн хорогдлын аргаар тодорхойлсон дүнг зураг 1(a,b,c,d)-д харуулав.

Зураг 1(a) -ийн үр дүнгийн муруйгаас харахад зэврэлтээс хамгаалах хар, саарал бүрхүүлүүд нь орчны хэвийн нөхцөлд, температур болон хугацаа нэмэгдэхэд зэврэлтийн хурд нь өсөж байна. Зураг 1(b) -ийн үр дүнгийн муруйг 1(a) -ийн үр дүнгийн муруйтай харьцуулахад рН 12 орчин дахь температур болон хугацаа нэмэгдэхэд хар бүрхүүлийн зэврэлтийн хурд 1.2 дахин, саарал бүрхүүл нь 1.5 дахин тус тус нэмэгдэж байна.

Зураг 1(c) -ийн үр дүнгийн муруйг 1(a) -ийн үр дүнгийн муруйтай харьцуулахад рН 13 орчин дахь температур болон хугацаа нэмэгдэхэд хар бүрхүүлийн зэврэлтийн хурд 1.4 дахин, саарал бүрхүүл нь 3.5 дахин нэмэгдэж байна. Зураг 1(d) -ийн үр дүнгийн муруйг 1(a) -ийн үр дүнгийн муруйтай харьцуулахад рН 14 орчин дахь температур болон хугацаа нэмэгдэхэд хар бүрхүүл нь 2.3 дахин, саарал бүрхүүл нь 12.64 дахин хуртай зэврэрч байв.

Үр дүнгийн хэт ялгааг харуулсан 12 цагийн туршилт дахь ган бүтээцүүдийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал металл бүрхүүлүүд нь орчин бо-

лон температурын нөхцөлөөс хэрхэн хамаарч байгааг зураг 2-д харуулав. Цайр бүрхүүл нь хүчиллэг орчин буюу рН 4 -ээс бага үед, шүлтийн орчин буюу рН 10 -иас их үед цайр исэлдэж уусдаг нэгдлийн байдалд шилждэг. Ийм учраас цайрын бүрхүүл нь хүчиллэг болон шүлтлэг орчинд зэврэлтээс хамгаалах чадвараа алддаг [11].

Жингийн хорогдлын аргаар хар болон саарал металл бүрхүүлтэй ган бүтээцүүдийг орчин болон температураас хамаарсан зэврэлтийн хурд хэрхэн хамаарч байгааг тодорхойлохоос гадна массын хорогдол болон анхны жингийн үр дүнгээс бүрхүүлийн тусгаарлагчийн үр ашгийг тооцоолсон үр дүнг зураг 3 -д харуулав. Энэхүү утга нь 100% руугаа тэмүүлж байх тусам хамгаалалтын үр ашиг өндөр байгааг харуулдаг. рН 14 орчинд хар бүрхүүлийн тусгаарлагчийн үр ашиг нь саарал бүрхүүлээс 6 дахин илүү байгаа нь харагдаж байна.

### 3.4 Электрохимийн судалгааны үр дүн

Хоёр төрлийн ган бүтээцүүдийн гангийн болон зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал металл бүрхүүлийг ионгүйжүүлсэн ус (рН 6.8) болон хэт шүлтлэг (рН 14) орчин дахь зэврэлтийн хурдыг  $\mu\text{stat}400$  маркийн Биопотенциастат/гальвонастат багажыг ашиглан лайнер свийп вольтампермерийн аргаар гурван электрод системд хэмжилтийг хийж, үр дүнг MS Excel программын тусламжтайгаар тооцоолсон хүснэгт 3-д үзүүлэв.

Зэврэлтийн хурдны үр дүнгээс харахад хар болон саарал металл бүрхүүлтэй дээжүүдийн ган нь хэт шүлтлэг орчин дах зэврэлт нь саармаг орчноосоо ойролцоогоор 2 дахин илүү хурдтайгаар зэврэрч байна. Зэврэлтээс хамгаалах хар бүрхүүл хэвийн нөхцөлд 5.03 мкм/жил зэврэрч байсан бол хэт шүлтлэг орчинд 36.41 мкм/жил болсон. Харин саарал бүрхүүл хэвийн нөхцөлд 4.84 мкм/жил зэврэрч байсан бол хэт шүлтлэг орчинд 93.82 мкм/жил болж нэмэгдсэн.

Зураг 4 (a, b, c, d)-д саармаг орчин дахь зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн гүйдлийн нягт гангийн гүйдлийн нягтаас бага, потенциал нь нэмэгдэж байгаа нь хамгаалах чадварыг нэмэгдүүлсэнтэй холбоотой бөгөөд энэ нь зэврэлтийг эсэргүүцэх чадварыг нэмэгдүүлж байгааг харуулж байна. Анодын налуу нь тэгш бус байгаа нь анодын уусалт багассантай холбоотой [12].

## 4 Дүгнэлт

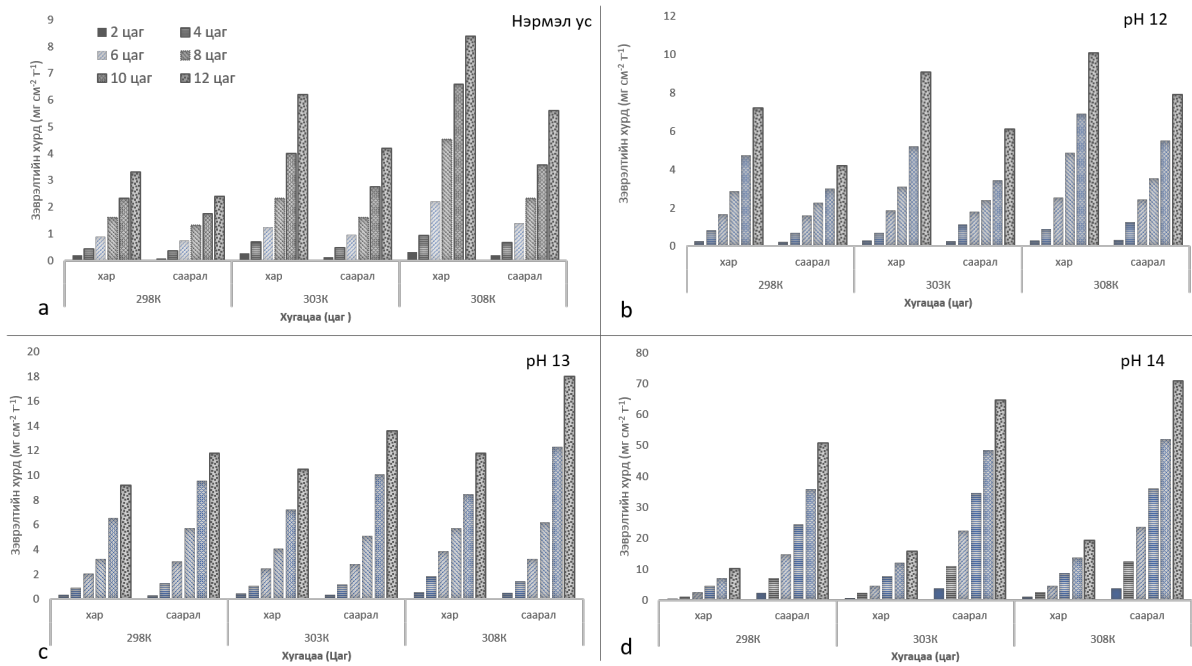
Хар болон саарал бүрхүүлтэй хоёр төрлийн ган бүтээцүүдийн гангийн найрлагад Cr, Ni, Si, Al, Mn-н агуулга  $>1.5$  хувиас их байгаа нь чанаржуулсан гангийн төрөлд орж байна. Ган бүтээцийг зэврэлтээс хамгаалах хар бүрхүүлд макро хэмжээгээр 33.64% Si, 4.20% Ti, 47.43% Fe, 7.46% Al -н агуулгатай бол саарал бүрхүүлд 93.46% Zn агуулгатай байна. Нэг болон хэд хэдэн элементүүдийн нэгдлүүд хайлш үүс-

Хүснэгт 1: Ган бүтээцүүдийн гангийн химийн найрлага, %

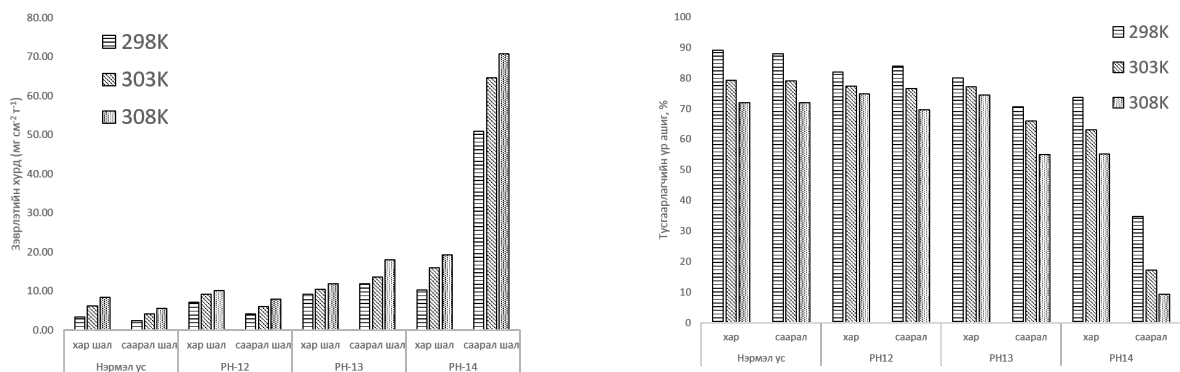
Гангийн төрөл	Багаж	Si	Mn	P	Mo	Cr	Ni	Cu	Ti	Zn	Fe
Хар	ICP-OES	0.22	0.56	0.02	0.01	0.13	0.08	0.28	0.005	0.02	97.49
Хар	XRF	-	0.60	-	0.01	0.13	-	0.29	0.006	0.02	97.55
Саарал	ICP-OES	0.18	0.34	0.014	-	0.04	0.02	0.01	0.002	0.27	98.67
Саарал	XRF	-	0.34	-	-	0.035	-	0.01	0.008	-	98.31

Хүснэгт 2: Ган бүтээцүүдий бүрхүүлийн химийн найрлага, %

Бүрхүүлийн төрөл	Si	Mn	P	Mo	Cr	Ni	Cu	Ti	Zn	Fe	Al
Хар	33.64	0.45	-	0.02	0.33	-	0.30	4.20	0.14	47.43	7.46
Саарал	3.46	-	0.03	-	-	0.02	0.02	-	93.48	0.70	2.21



Зураг 1: Ган бүтээцүүдийн зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал бүрхүүлийн зэврэлтийн хурд pH -ийн орчин температур, хугацаанаас хамаарсан



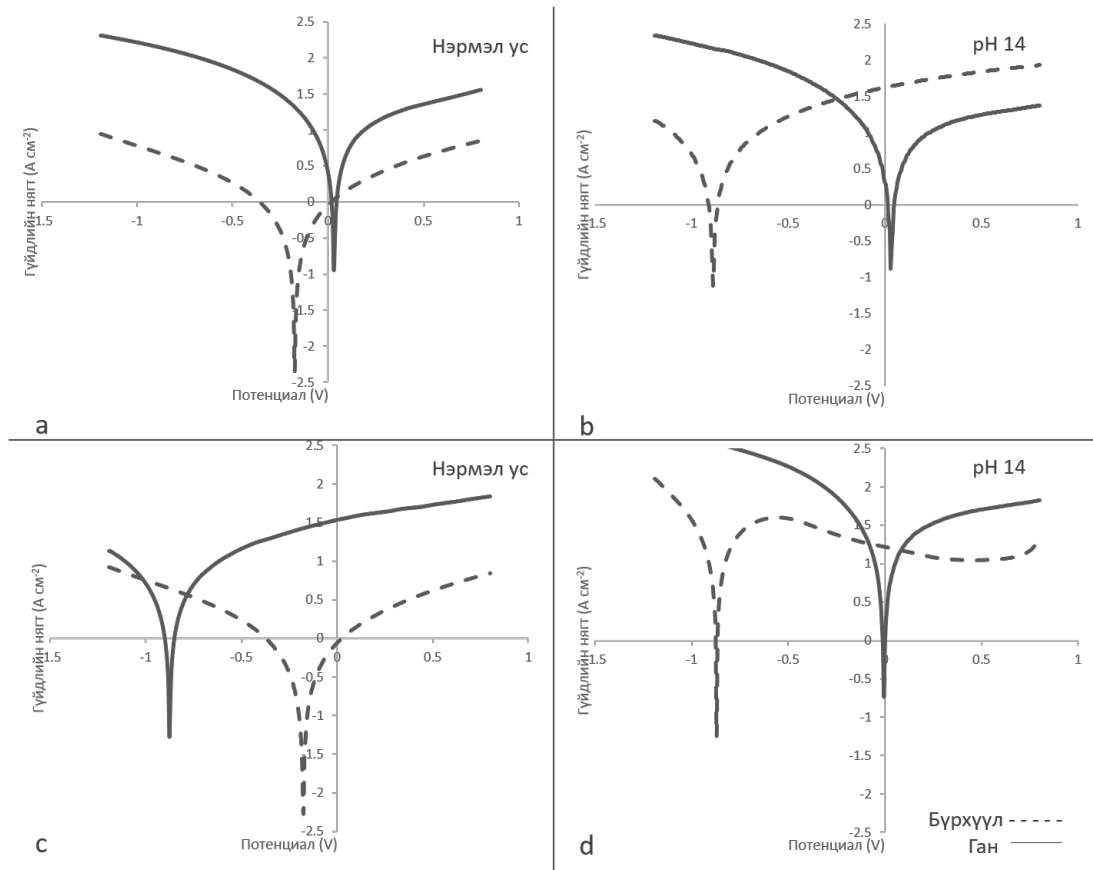
Зураг 2: Хар, саарал бүрхүүлийн pH -ийн орчин болон температурын хамаарал.

Зураг 3: Орчин болон температураас хамаарсан тусгаарлагчийн үр ашиг

гэх бөгөөд энэ бүрхүүлийг илүү нягт, хамгаалах чадварыг нэмэгдүүлж байдаг.

Зэврэлтээс хамгаалах хар болон саарал металл

бүрхүүлүүд нь хэвийн орчинд температур, чийг, хэт ягаан туяаны нөлөөнд зэврэлтэд илүү тэсвэртэй байна. Харин хэт шүлтлэг орчинд зэврэлтээс хам-



Зураг 4: Гүйдлийн нягт ( $A\text{ см}^2$ ) потенциалийн ( $V$ ) хамаарлын муруй. Зэврэлтээс хамгаалах хар бүрхүүл (a,b), саарал бүрхүүл (c,d)

Хүснэгт 3: Саармаг болон хэт шүтлэг орчин дахь зэврэлтийн хурд, мкм/жсил

Орчин	Хар		Саарал	
	Ган	Бүрхүүл	Ган	Бүрхүүл
Нэрмэл ус	22.17	5.03	27.72	4.84
pH-14	43.56	36.41	53.03	93.82

гаалах хар бүрхүүл нь хэвийн орчноос 7 дахин, саарал бүрхүүл 19 дахин хурдтай зэвэрч байна. Хэт шүтлэг орчинд хар бүрхүүлтэй ган бүтээц нь илүү тохиромжтой болох нь харагдсан бөгөөд саарал бүрхүүлтэй ган бүтээц буюу цайр бүрхүүл нь хэт шүтлэг орчинд тэсвэргүй байна.

### Талархал

Дээж бэлтгэлд тусалсан ШУТИС-МехТС-ийн Металл судлал эрдэм шинжилгээний төвийн хамт олонд болон МУИС-ийн ассистант ажиллуулах, тэтгэлэгт хамрагдсандаа талархаж байгаагаа илэрхийлье.

### Зохиогчийн оролцоо

Хар болон саарал өнгөтэй ган бүтээцүүдийн гангийн болон бүрхүүлийн химийн найрлагыг тогтоох,

жингийн хорогдлын болон электрохимийн шугаман туйлшралын аргаар зэврэлтийн хурдыг тодорхойлох ажлыг хийж гүйцэтгэсэн болно. Т.Бүжинлхам 60%, Д.Эрдэнэчимэг 20%, Н.Эрдэнэпүрэв 20% -н оролцоотой байсан.

### Санхүүжилт

МУИС-ийн ассистант ажиллуулах тэтгэлэг болон судалгааны төслүүдэд хамрагдан судалгааны ажлаа хийж гүйцэтгэж байна.

### Ашиг сонирхлын зөрчилгүйн баталгаа

Ашиг сонирхолын зөрчилгүй болно

### Ашигласан ном

- [1] Авдай. Монгол улсын орчин үеийн үйлдвэрлэлийн салбаруудын технологи. ШУТИС хэвлэх; 2011.
- [2] Adejo S, Yiase S, Leke L, Onuche M, Atondo M, Uzah T. Corrosion studies of mild steel in sulphuric acid medium by acidimetric method.

- International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2019;8(1):50–61.
- [3] Vega J, Scheerer H, Andersohn G, Oechsner M. Experimental studies of the effect of Ti interlayers on the corrosion resistance of TiN PVD coatings by using electrochemical methods. *Corrosion science*. 2018;133:240–250.
- [4] Koch G, Varney J, Thompson N, Moghissi O, Gould M, Payer J. *NACE Impact—International Measures of Prevention, Application and Economics of Corrosion Technologies Study*. Houston: NACE International. 2016.
- [5] Schweitzer PA. *Fundamentals of corrosion*. CRC press; 2010.
- [6] Solomon MM, Umoren SA, Obot IB, Sorour AA, Gerengi H. Exploration of dextran for application as corrosion inhibitor for steel in strong acid environment: effect of molecular weight, modification, and temperature on efficiency. *ACS applied materials & interfaces*. 2018;10(33):28112–28129.
- [7] Liu Q, Huang X, Liang P. Preconcentration of Copper and Lead Using Deep Eutectic Solvent Modified Magnetic Nanoparticles and Determination by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. *Atomic Spectroscopy*. 2020;41(1):36–42.
- [8] Guimarães D, Cleaver TM, Martin SF, Parsons PJ. Radioisotope-based XRF instrumentation for determination of lead in paint: an assessment of the current accuracy and reliability of portable analyzers used in New York State. *Analytical Methods*. 2015;7(1):366–374.
- [9] Boshkova N, Kamburova K, Tabakova N, Boshkov N, Radeva T. Application of Stabilized Polyaniline Microparticles for Better Protective Ability of Zinc Coatings. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*. 2018;12(4):191–194.
- [10] Khaled K, Amin MA. Corrosion monitoring of mild steel in sulphuric acid solutions in presence of some thiazole derivatives-molecular dynamics, chemical and electrochemical studies. *Corrosion Science*. 2009;51(9):1964–1975.
- [11] Pearson P, Cousins A. Assessment of corrosion in amine-based post-combustion capture of carbon dioxide systems. *Absorption-based post-combustion capture of carbon dioxide*. 2016:439–463.
- [12] Hu J, He S, Wang Z, Zhu J, Wei L, Chen Z. Stearic acid-coated superhydrophobic Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite film on N80 steel for corrosion protection. *Surface and Coatings Technology*. 2019;359:47–54.