

Улсын бүртгэлийн
дугаар

Аравтын бүрэн
Ангиллын код

Нууцын зэрэглэл:

Төсөл гүйцэтгэх гэрээний
дугаар : ШуГх/БНХАУ/-2019/25

“ЭРДЭНЭТ ЦОГЦОЛБОР” ДЭЭД СУРГУУЛЬ

**“ЭРДЭНЭТ ҮЙЛДВЭР” ТӨҮГ-ЫН БАЯЖУУЛАХ
ҮЙЛДВЭРИЙН ХАЯГДЛЫГ АШИГЛАН ГАЛД
ТЭСВЭРТЭЙ ХӨӨСӨН КЕРАМИК МАТЕРИАЛ
ҮЙЛДВЭРЛЭХ ТҮҮХИЙ ЭДЭЭР АШИГЛАХ
БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА**

Шинжлэх ухаан, технологийн төслийн тайлан
2019-2023 он

Төслийн удирдагч:	Д.Зоригтхүү, Доктор (Ph.D)
Төслийн хамтрагч:	БНХАУ-ын Бээжингийн уул уурхай, металлургийн судалгааны институт (BGRIMM)
Төслийн гүйцэтгэгч:	С.Давааням, Доктор (Ph.D), Профессор Ц.Төгсбуян, Магистр Б.Оюун, Доктор (Ph.D) Б.Чинзориг, Магистр
Санхүүжүүлэгч байгууллага:	БШУЯ-ны Шинжлэх ухаан, технологийн сан
Захиалагч байгууллага:	БШУЯ-ны Шинжлэх ухаан, технологийн бодлогын газар
Гүйцэтгэгч байгууллага:	“Эрдэнэт цогцолбор” дээд сургууль. Орхон аймаг, Баян-Өндөр сум, Ш.Отгонбилэгийн гудамж Утас: 75773415, Цахим хаяг: www.eit.edu.mn

АГУУЛГА

1. Хураангуй	5
2. Шаардлага, үндэслэл.....	7
3. Судлагдсан байдал.....	8
4. Судалгааны ажлын зорилго, арга зүй.....	9
5. Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын аж ахуйн судалгаа	9
5.1. Дээж авах, шинжилгээнд бэлтгэх	9
5.2. Хаягдлын аж ахуйн металлын болон ширхэглэлийн тархалт	11
6. Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан флотацын хаягдлын шинж чанарын судалгаа	12
6.1. Баяжуулах үйлдвэрийн флотацын хаягдлын химийн найрлага	12
6.2. Флотацын хаягдлын эрдсийн шинжилгээ.....	13
6.3. Ширхэглэлийн шинжилгээ	15
6.4. Цацраг идэвхт элементийн шинжилгээ.....	16
6.5. Хүнд элементийн шинжилгээ.....	17
7. Флотацын хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй дулаалгын хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх технологийн судалгаа	19
7.1. Хүхэргүйжүүлэх процесс	20
7.2. Түүхий эдийн найрлагыг тодорхойлох	22
7.3. Нунтаглалтын хугацааг тодорхойлох	24
7.4.Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой төрөл, тунг тодорхойлох	25
7.5. Түүхий эдийн оновчтой найрлага, технологийн горимыг тодорхойлох ортогональ шинжилгээний туршилт	26
8. Судалгааны ажлын үр дүн.....	31
9. Дүгнэлт, санал.....	37
ХАВСРАЛТ 1: Нунтаглалтын хугацаа болон ширхэглэлийн хэмжээ	39

ЗУРГИЙН ЖАГСААЛТ:

Зураг 1: Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн байршил болон чөмгөн дээж	10
Зураг 2: Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан хаягдал дахь зэсийн тархалт	11
Зураг 3: Хаягдлын аж ахуйн 3 хэмжээст (3D) загвар.....	12
Зураг 4: Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан хаягдлын ширхэглэлийн тархалт	12
Зураг 5: Чөмгөн дээжийн цацраг идэвхт элементийн агуулга болон гүний хамаарал.....	17
Зураг 6: Чөмгөн дээжийн хүнд металлын агуулга болон гүний хамаарал.....	19
Зураг 7: Галд тэсвэртэй керамик хавтан үйлдвэрлэх туршилтын технологийн схем	20
Зураг 8: микроскопын туршилтын үр дүн	21
Зураг 9: Хүхэргүйжүүлэх туршилтын үр дүнгүүд.....	22
Зураг 10: Туршилтын үр дүнд гарсан керамик материал.....	24
Зураг 11: Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтан	26
Зураг 12: Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтан..	28
Зураг 13: Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтангийн нүх, сүвний хэмжээ.....	28
Зураг 14: Хаягдал материалын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал	31
Зураг 15: Альбитын хольцын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал...	32
Зураг 16: Каолин шаврын хольцын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал	32
Зураг 17: Нунтаглалтын хугацаа болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал	33
Зураг 18: Хөөс үүсгэгчийн тунгийн хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал	34
Зураг 19: Шатаах температур болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал	35
Зураг 20: Шатаах хугацаа болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал.....	35
Зураг 21: Оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд боловсруулсан хөөсөн керамик хавтангийн гаднах бүтэц	36
Зураг 22: Оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд боловсруулсан хөөсөн керамик дотоод бүтэц.....	37

ХҮСНЭГТИЙН ЖАГСААЛТ:

Хүснэгт 1: Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материалын түүхий эдийн оновчтой найрлага ..	6
Хүснэгт 2: Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх технологийн оновчтой горим.....	6
Хүснэгт 3: Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн ерөнхий мэдээлэл.....	10
Хүснэгт 4: W цооногийн дээжийн үндсэн элементүүдийн статистик үзүүлэлт	13

Хүснэгт 5: S цооногийн дээжийн үндсэн элементүүдийн статистик үзүүлэлт	13
Хүснэгт 6: Хаягдлын эрдсийн шинжилгээний үр дүн	14
Хүснэгт 7: Хуурай хаягдлын ширхэглэлийн тархалт	15
Хүснэгт 8: Нойтон хаягдлын ширхэглэлийн тархалт	16
Хүснэгт 9: Соронзон сеператор туршилтын үр дүн	21
Хүснэгт 10: Флотацын туршилтын үр дүн	22
Хүснэгт 11: Керамик хавтангийн түүхий эдийн тохиромжтой эрдсийн найрлага (% жин) ...	23
Хүснэгт 12: Хүхэргүйжүүлсэн хаягдлын эрдсийн найрлага	23
Хүснэгт 13: Хаягдал болон туслах хольцын харьцаа, %	23
Хүснэгт 14: Эрдсийн найрлагын шинжилгээний үр дүн	23
Хүснэгт 15: Нунтаглалтын хугацаа тодорхойлох туршилтын үр дүн	24
Хүснэгт 16: Хөөс үүсгэгчийн төрөл сонгох туршилтын горим	25
Хүснэгт 17: Хөөс үүсгэгчийн төрөл сонгох туршилтын үр дүн	25
Хүснэгт 18: Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой хэмжээг тогтоох туршилтын горим	25
Хүснэгт 19: Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой тунг тогтоох туршилтын үр дүн	26
Хүснэгт 20: Ортогональ шинжилгээ гүйцэтгэх параметруудийн хувилбар	27
Хүснэгт 21: Ортогональ шинжилгээ гүйцэтгэх туршилтын загвар	27
Хүснэгт 22: Ортогональ шинжилгээний үр дүн	29
Хүснэгт 23: Баталгаажуулах туршилт гүйцэтгэсэн технологийн оновчтой горим	36
Хүснэгт 24: Баталгаажуулах туршилт гүйцэтгэсэн түүхий эдийн эрдсийн шинжилгээ	36

1. Хураангуй

“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын санд хуримтлагдсан флотацын хаягдал буюу үүсмэл ордыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх боломжийг судлахад энэхүү судалгааны ажлын зорилго чиглэсэн. Судалгааны ажлын санхүүжилтэд нийт 80,000.0 мян.төгрөгийг Шинжлэх ухаан, технологийн сангаас хүлээн авч, БНХАУ-ын BGRIMM судалгааны хүрээлэнтэй хамтран амжилттай хийж гүйцэтгэсэн.

Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материалыг ашиглан дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх, хаягдал

Судалгааны ажлын хүрээнд нэн тэрүүнд шинжилгээний дээжийн хаягдлын санг төлөөлөх чадварыг нэмэгдүүлэх, хаягдлын тархалтыг нарийвчлан судлах зорилгоор хаягдлын аж ахуйд 11 цооногт 26-90 метрийн гүнд өрөмдлөг хийж, 10 метрийн давтамжтай чөмгөн дээж цуглуулсан. Чөмгөн дээжийг “Эрдэнэт цогцолбор” дээд сургуулийн Эрдэс боловсруулалтын лабораторид бэлтгэж шаардлагатай шинжилгээнүүдийг гүйцэтгэсэн. Судалгааны хүрээнд Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын санд хуримтлагдсан хаягдал материалын физик, химийн шинж чанарыг нарийвчлан тодорхойлж, ашигт эрдсийн тархалт болон хаягдлын сангийн 3D загварыг боловсруулсан.

Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал буюу үүсмэл ордын шинж чанарыг нарийвчлан тодорхойлохын тулд судалгааны ажлын техникийн даалгаварт тусгасан дараах шинжилгээнүүдийг хийж гүйцэтгэсэн.

- Баяжуулах үйлдвэрийн флотацын хаягдлын химийн найрлага;
- Флотацын хаягдлын эрдсийн шинжилгээ;
- Ширхэглэлийн шинжилгээ;
- Цацраг идэвхт элементийн шинжилгээ;
- Хүнд элементийн шинжилгээ.

Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горим тодорхойлох туршилтуудыг БНХАУ-ын BGRIMM судалгааны хүрээлэнд гүйцэтгэсэн. Технологийн туршилт гүйцэтгэх төлөөлөх

чадвар сайтай дээжийг БНХАУ-д хүргүүлэх ажил Ковид 19 цар тахал, хилийн хорио цээрийн улмаас нэлээдгүй удааширсан хэдий ч амжилттай гүйцэтгэсэн.

Хаягдал материалыг ашиглан чанарын шаардлага хангасан, байгаль орчинд сөрөг нөлөөлөлгүйгээр галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэхийн тулд түүнд агуулагдаж буй хүхрийн хэмжээг бууруулах шаардлага үүссэн. Хүхрийн агуулгыг бууруулах 2 төрлийн баяжуулалтын туршилтыг гүйцэтгэхэд флотацын аргаар хүхэр агуулж буй эрдсийг ялган авах замаар хүхрийн агуулгыг 1.45%-аас 0.19% болгож бууруулах боломжтойг тогтоосон.

Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материалын түүхий эдийн оновчтой найрлага болох флотацын хаягдал, Альбит, Каолин шаврын холих харьцаа болон хөөс үүсгэгчийн төрөл, тунг Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнд Хүснэгт 1-д харуулсны дагуу тодорхойлсон.

Хүснэгт 1: Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материалын түүхий эдийн оновчтой найрлага

Хаягдал, %	Альбит, %	Каолин шавар, %	Хөөс үүсгэгчийн төрөл	Хөөс үүсгэгчийн тун, %
55	20	25	SIC	0.3

Технологийн оновчтой горимын хувьд нунтаглалтын хугацаа 15 минут, шатаах температур 1200 C⁰, шатаах хугацаа 60 мин үед галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материалд тавигдах стандартын шаардлагыг хангасан бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх боломжтойг тогтоосон (Хүснэгт 2)

Хүснэгт 2: Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх технологийн оновчтой горим

Нунтаглалтын хугацаа, мин	Шатаах температур (°C)	Шатаах хугацаа (мин)
15	1200	60

Бүтээгдэхүүний чанарын үзүүлэлтүүдийг БНХАУ-ын "GB/T23451-2009 барилгын дотор хананы хөнгөн хавтан /light weight panels for partition wall used in buildings/" стандартын шаардлагатай харьцуулсан.

Дээрх судалгааны үр дүнд “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал/ дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх боломжтойг тодорхойлсон ба цаашид үйлдвэр байгуулах, эдийн

засгийн үр ашгийг нарийн тооцоход техник эдийн засгийн үндэслэлийг боловсруулах шаардлагатай.

2. Шаардлага, үндэслэл

Монголын уул уурхайн үйлдвэрлэл эдийн засгийн тэргүүлэх салбар болж хөгжсөнөөр байгалийн нөөц ашигласан үйлдвэрлэл давамгайлж байна. Үүнээс үүдэн уул уурхайн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал, овоолгын тоо хэмжээ жил бүр нэмэгдэж байна. Монгол улсад зэсийн баяжмал үйлдвэрлэдэг “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ, Оюу Толгой компаниудын баяжуулах үйлдвэрээс нэг жилд ойролцоогоор 70 сая.тн хаягдал материал хаягдлын даланд хуримтлагдсаар байна. Энэ нь уул уурхайн салбарын нийт хаягдлын 70-75%-ийг эзэлж байна. Эдгээр үйлдвэрүүдийн баяжуулах үйлдвэрийн хүчин чадлыг цаашид нэмэгдүүлэхээр төлөвлөж байгаа нь хаягдлын хэмжээ жил бүр улам бүр нэмэгдэхээс багасгүй нь ойлгомжтой байна. Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал нь их хэмжээний газар, талбайд байршиж түүнээс үүсэх тоосоор орчны газрын хөрсийг бохирдуулж үр дүнтэй ашиглах боломжийг хомсдуулж байна. Хаягдалд агуулагдах хүнд металл, давс, химийн урвалжийн үлдэгдлээр орчны хөрс, ус, агаар бохирдох, зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрч хүрээлэн байгаа орчныг хордуулах эрсдэл үүсэх боломжтой. Хэдийгээр баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал нь байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөтэй хэдий ч үүсмэл ордын хувьд дараах давуу талуудтай байна. Үүнд:

- Газарзүйн байрлалын хувьд үйлдвэрлэл, дэд бүтэц хөгжсөн районд байрлах;
- Газрын гадарга дээр ил байх ба чулуулаг нь эвдрэлд орсон;
- Олон төрлийн эрдсүүдийг агуулсан;
- Ихээхэн хэмжээгээр хуримтлагдсан зэрэг.

Хаягдал нь эрдсийн өвөрмөц найрлагатай, төрөл бүрийн ашигт малтмалын эх булаг болохуйц чадамжтай бөгөөд эндээс өнгөт болон ховор үнэт металлууд, барилгын материал (элс, хайрга, шавар, сайрга г.м) зэргийг ашиглаж болно. АНУ, ОХУ, Канад зэрэг уул уурхайн тэргүүлэх үйлдвэрлэгч орнуудад уул уурхайн үйлдвэрээс гарч байгаа баяжуулалтын хаягдал шороог хөөсөн бетоны үйлдвэрт дүүргэгч, цементийн үйлдвэрт шаварлаг түүхий эдийг орлуулагч, автоклавын бус газобетонд дүүргэгч, тоосгоны үйлдвэрт аргуунжуулагч, автоклавын хийт бетоны үйлдвэрт элс орлуулагч, керамикын түүхий эд, бетон зуурмагийн нарийн ширхэгтэй дүүргэгч элсний орлуулагч болгон ашиглаж байна. Харамсалтай нь дэлхий дээр

нийт үйлдвэрийн болон бусад хаягдлын зөвхөн 9-10%-г хоёрдогч түүхий эд болгон ашиглаж байна.

3. Судлагдсан байдал

Уулын баяжуулах Эрдэнэт үйлдвэр нь 1978-оноос жилдээ 4 сая тонн хүдэр, 1980-оноос жилд 8 сая тонн хүдэр, 1981-оноос жилд 16 сая тонн хүдэр, 1989-оноос жилд 20 сая тонн хүдэр, 2006 онд 26 сая тн хүдэр, 2012 оноос онд 30 сая тн хүдэр, 2022 оноос 36 сая тн олборлон, боловсруулах болсон байна. 2023 оны байдлаар 22%-ийн агуулгатай зэсийн баяжмал 47%-ийн агуулгатай молибдений баяжмал үйлдвэрлэж байна.

Эрдэнэт үйлдвэрийн технологийн процесс нь хүдрийн ил уурхайгаас гурван шатлалаар бутлаад бүрэлдэхүүний 15%-аас дээш 15 мм диаметртэй хүдэр гарган дахин нунтаглаж ангилаад 65% нь 0,074 мм бүхий рН нь 9-10 байх хам баяжуулалтад оруулна. Хам баяжуулалтад цуглуулагч урвалжаар ВК-901 (Хятад), АероМХ (Америк), идэвхжүүлэгчээр Na_2S , хөөсрүүлэгчээр Т-80 масло, молибдений цуглуулагчаар керосин, орчин тохируулагчаар шохой зэргийг өгөх ба үүний үр дүнд 12% зэс (Cu), 0,17% (Mo) молибден агуулсан хам баяжмал гарна.

Хам баяжмалын гадарга дээр суусан урвалжийг халуун уураар салгаад молибдений флотацид оруулна. Цэвэрлэгээний 8 үет флотацын дараа гарсан хөөсөн бүтээгдэхүүнийг шүүж гаргаад хатаагаад 4% чийгшилтэй 50% агуулгатай молибдений баяжмал гарган авна. Энэ бүтээгдэхүүн нь зэсийн флотацид орж хоёр үе шатаар цэвэрлэгдэж зэсийн хөөсөн бүтээгдэхүүн гарах ба түүнийг өтгөрүүлж шүүж хатаагаад 7% чийгшилтэй зэсийн баяжмал гаргаж авна. Нийт боловсруулалтад орсон бүтээгдэхүүний зөвхөн 2% нь баяжмал болоод үлдсэн 98% булинга хаягдал болж хаягдлын аж ахуйд очно. Уулын баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал нь ерөнхийдөө олон төрлийн эрдэс химийн найрлагатай, буталсан хад чулуулаг, бага үнэ цэнтэй, үнэ цэнгүй шахам үлдэгдэл ашигт малтмалаас тогтсон нойтон элс, ашигт малтмал олборлоход ашигласан бодис, ус зэргээс тогтдог.

Эрдэнэт үйлдвэрийн хаягдлын санд 2018 оны 1-р сарын байдлаар 2033,1га газрыг эзэлсэн 1293,4-1300 м зузаантай 807,11сая тн хуурай хаягдал хуримтлагдсан байна. Энэхүү хаягдлын химийн найрлага нь SiO_2 67-72%, Al_2O_3 13-15%, Fe_2O_3 3,5-7,5%, CaO 0,7-1,3%, MgO 0,5-0,6%, Na_2O 2,8-3,6%, K_2O 2,5-2,9%, шатаалтын жингийн алдагдал нь 2,86-5,3%-ийн хязгаарт хэлбэлзэж байна. Энэ нь Монгол орны

шаврын химийн найрлага ойролцоо найрлагатай байгааг илтгэж байна. Мөн цахиурын исэл зонхилсон (67-72%), хөнгөн цагааны исэл харьцангуй өндөр (13-15%), төмөр, кали, натри, кальци, магнийн ислийг зохих хэмжээгээр агуулсан хөнгөн цагааны силикатын төрлийн эрдэс болох нь тогтоогдож, барилгын материалын үйлдвэрт ашиглах боломжит эрдэс түүхий эдийн нөөцийн сан болно.

4. Судалгааны ажлын зорилго, арга зүй

Судалгааны ажлын үндсэн зорилго нь “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх боломжийг тодорхойлоход чиглэсэн. Үүний хүрээнд дараах дэд зорилтуудыг дэвшүүлж хэрэгжүүлсэн. Үүнд:

1. Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын аж ахуйн судалгаа;
2. Баяжуулах үйлдвэрийн флотацын хаягдлын шинж чанарын судалгаа;
3. Флотацын хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх түүхий эдийн найрлагыг тодорхойлох судалгаа
4. Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх технологийн горимыг оновчлох судалгаа.

Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горим тодорхойлох туршилтуудыг БНХАУ-ын BGRIMM судалгааны хүрээлэнд гүйцэтгэсэн.

Бүтээгдэхүүний чанарын үзүүлэлтүүдийг БНХАУ-ын "GB/T23451-2009 барилгын дотор хананы хөнгөн хавтан /light weight panels for partition wall used in buildings/" стандартын шаардлагатай харьцуулсан.

5. Баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын аж ахуйн судалгаа

5.1. Дээж авах, шинжилгээнд бэлтгэх

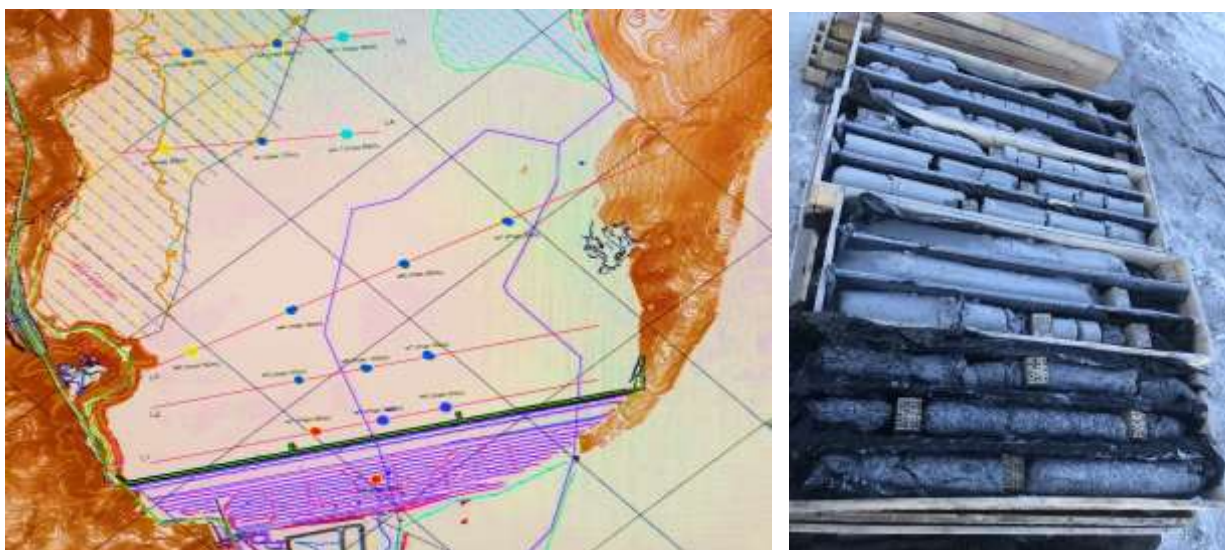
Хаягдлын сангийн төлөөлөх чадвар сайтай дээжийг “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын Геологи, хайгуулын экспедицийн тусламжтайгаар зөвхөн өвлийн улиралд буюу 2020 оны 12 сард бүрэн хөлдсөний дараа хийж гүйцэтгэсэн. Хаягдлын санд нийт 26-90 метрийн гүнд өрөмдлөг хийж гаргасан 11 цооногийн чөмгөн дээж тус бүрээс 10 метр тутамд 0.5 кг хэмжээтэйгээр 64 ширхэг дээж авсан. Хаягдлын сан болон түүний

орчноос газрын гадаргаас нийт 32 цэгээс 67 дээж авч шинжилсэн. Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн ерөнхий мэдээллийг Хүснэгт 3-т харуулав.

Хүснэгт 3: Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн ерөнхий мэдээлэл

Шугам	Цооног	Мах. гүн, м	Зүүн	Хойд	Өрөмдсөн гүн, м	Чөмгөнөөс авсан дээжийн тоо, ш
L1	W5	60	437629.29	5437703.70	60.7	6
	W3	100	437445641	5437369.63	90	9
	W1	50	437230.24	5437004.88	90	9
L2	S5	50	436892.43	5437219.09	60	6
	S6	100	437095.61	5437626.65	75	7
L3	W4	90	436483.87	5437534.09	85	8
	W6	60	436674.00	5438256.00	48	4
	W7	30	436855.41	5438913.22	20	2
L4	S2	70	435402.77	5438180.98	70	7
L5	S3	30	434735.89	5438402.85	26	3
	S4	60	435025.51	5438816.94	60	3
	Нийт	11				64

Цооногийн байршлыг сонгохдоо хаягдлын санд хаягдал хаях хоолойн байршил, өрмийн машин орох боломжийг тооцож сонгосон. Цооногийн чөмгөн дээжийг “Эрдэнэт цогцолбор” дээд сургуулийн эрдэс боловсруулалтын лабораторид бэлтгэн шинжилгээний лабораториудад хүргүүлсэн. Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн байршил болон чөмгөн дээжийг Зураг 1-т үзүүлэв.

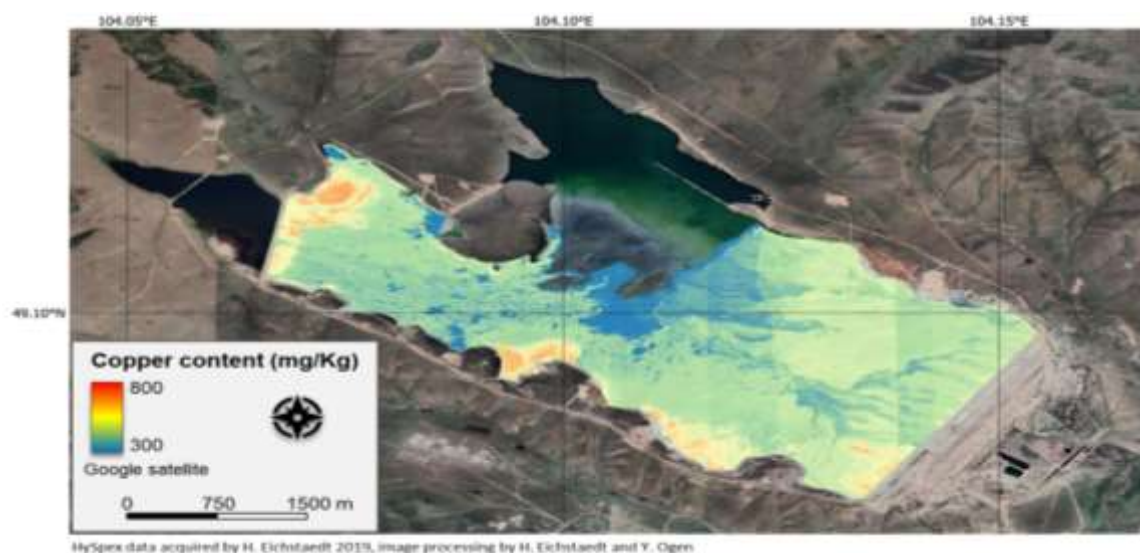


Зураг 1: Хаягдлын санд өрөмдсөн цооногийн байршил болон чөмгөн дээж

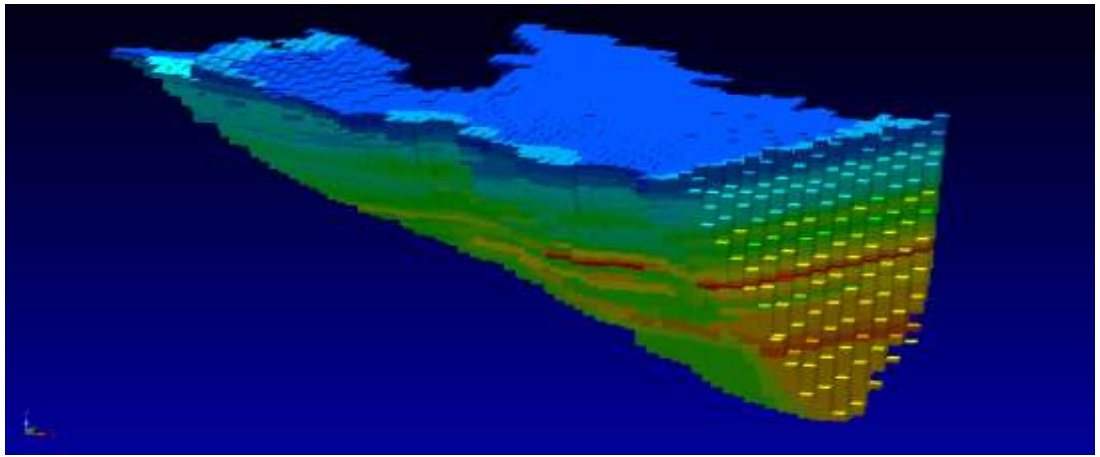
5.2. Хаягдлын аж ахуйн металлын болон ширхэглэлийн тархалт

Хаягдлын санд хуримтлагдсан металлыг тархалтыг Эрдэнэт үйлдвэрийн баяжуулах үйлдвэрийг түүхэн өгөгдөл болон өрөмдлөгийн дээжид хийсэн шинжилгээний үр дүнд үндэслэн тогтоосон.

Боловсруулсан үр дүнгээс харахад хаягдал дах зэс нь хаягдлын аж ахуйн хаягдал хаях хоолой/ цэгийн орчим өндөр агуулгатай байсан ба энэ нь зэсийн хувийн жин нь бусад хаягдал эрдсээс өндөр байдагтай шууд холбоотой (Зураг 2). Цаашид хаягдлын аж ахуйн материалыг дан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх бус өндөр зэсийн агуулгатай хэсгийг дахин баяжуулах процесст оруулан ашигт эрдсийг ялган авах боломжтой эсэхийг тодорхойлох шаардлагатай нь харагдаж байна. Хаягдлын аж ахуйн 3 хэмжээст загвар үзүүлснээр баяжуулах үйлдвэрийн тэжээл дахь зэсийн агуулга болон металл авалтаас хамаарч хаягдал дахь зэсийн хэмжээ түвшин бүрд харилцан адилгүй байна (Зураг 3).

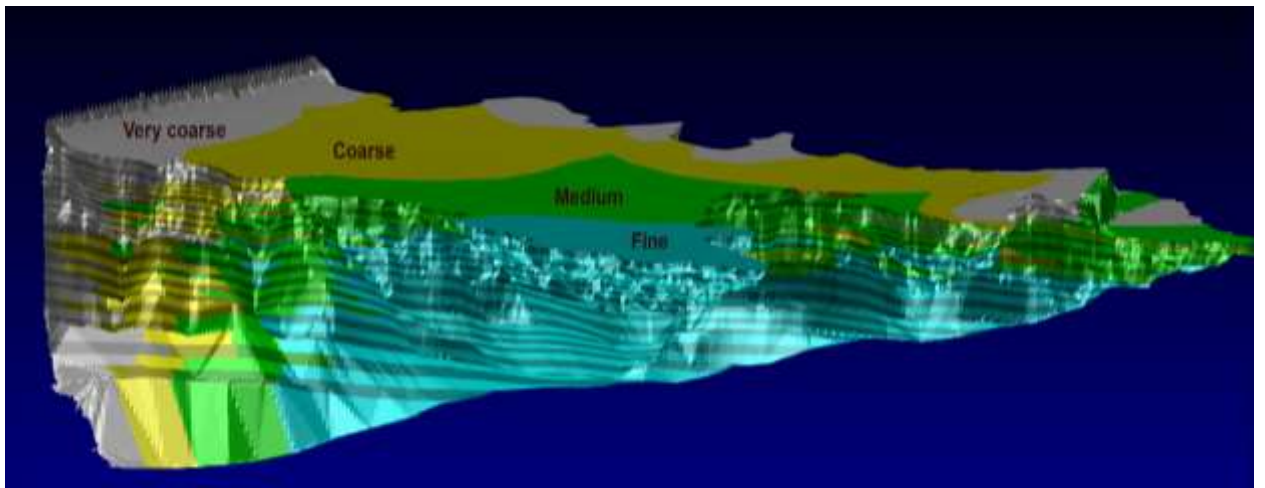


Зураг 2: Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан хаягдал дахь зэсийн тархалт



Зураг 3: Хаягдлын аж ахуйн 3 хэмжээст (3D) загвар

Хаягдалын ширхэглэлийн тархалтын хувьд мөн адил хаягдлын аж ахуйн хаягдал хаях хоолой/ цэгийн орчим том ширхэглэлтэй материалууд хуримтлагдаж буйг харуулсан (Зураг 4).



Зураг 4: Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан хаягдлын ширхэглэлийн тархалт

6. Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан флотацын хаягдлын шинж чанарын судалгаа

6.1. Баяжуулах үйлдвэрийн флотацын хаягдлын химийн найрлага

Чөмгөн дээжийн W ба S бүлгийн янз бүрийн гүн (0-88 м)-тэй 11 цооногийн 64 дээж (W 38 дээж, S 26 дээж)-инд химийн найрлага тодорхойлох нарийвчилсан шинжилгээ хийж (Хавсралтын ICP-OES шинжилгээний дүнг харна уу), үндсэн элементүүд ба хүнд металл гэж ангилан шинжилгээний үр дүнг статистик аргаар боловсруулан Хүснэгт 3,4-т үзүүлэв.

W бүлгийн цооногуудаас авсан дээжүүдийн хөнгөн цагааны Дундаж агуулга 4.05%, хамгийн их агуулга 7.47%, хамгийн бага агуулга 2.53% байна. Кальцийн

Дундаж агуулга 0.37%, хамгийн их агуулга 2.12%, хамгийн бага агуулга нь 0.19%. Төмрийн хамгийн их агуулга 3.08%, хамгийн бага агуулга 2.00%, Дундаж нь 2.37% байна. Хүхрийн хамгийн их агуулга 1.97%, хамгийн бага агуулга 0.97%, Дундаж нь 1.39% байна. Үндсэн элементүүдээс хөнгөн цагаан хамгийн их Дундаж агуулга (4.05%)-тай байгаа нь хаягдал материалд түүнийг агуулсан эрдсүүд олон тоотой илэрснээр баталгаажиг байна. Хаягдал материалд 1.39%-ийн Дундаж агуулгатай хүхэр тодорхойлогдсон нь зэсийн, төмрийн сульфидын болон исэлдсэн эрдэс (CuSO₄·H₂O)-үүд агуулагдаж буйг давхар гэрчилж байна.

Хүснэгт 4: W цооногийн дээжийн үндсэн элементүүдийн статистик үзүүлэлт

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Ti	P
Дээжийн тоо	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Дундаж агуулга	4.05	0.37	2.37	2.69	0.43	2.13	1.39	0.12	0.06
Их	7.47	2.12	3.08	4.44	0.71	2.99	1.97	0.16	0.10
Бага	2.53	0.19	2.00	2.13	0.32	0.96	0.97	0.08	0.05
Медлан	4.00	0.35	2.34	2.54	0.42	2.26	1.38	0.11	0.06
Стандарт хэлбэлзэл	0.91	0.29	0.25	0.47	0.08	0.43	0.28	0.02	0.01
Вариацийн коэффициент	22.55	80.96	10.56	17.64	18.78	20.17	19.8	18.28	22.9

S цооногийн дээжүүдийн тухайд W цооногийн үндсэн элементүүдтэй ижил дүр зураг харагдаж байна. Хамгийн өндөр дундаж агуулга (6.55%)-тай элемент нь хөнгөн цагаан байна. Хүхрийн хамгийн их агуулга 1.80%, хамгийн бага агуулга 1.20%, дундаж нь 1.40% байгаа нь S цооногийн дээжүүдэд зэсийн сульфид, исэлдсэн сульфат эрдсүүд байгааг харуулж байна.

Хүснэгт 5: S цооногийн дээжийн үндсэн элементүүдийн статистик үзүүлэлт

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Ti	P
Дээжийн тоо	27	27	27	27	27	27	7	7	27
Дундаж агуулга	6.55	0.47	2.00	2.30	0.46	1.93	1.40	0.12	0.06
Их	9.78	1.34	3.30	3.40	0.75	2.72	1.80	0.13	0.09
Бага	0.80	0.22	1.50	0.10	0.003	1.18	1.20	0.12	0.03
Медлан	7.14	0.41	1.90	2.30	0.48	1.97	1.40	0.12	0.06
Стандарт хэлбэлзэл	2.47	0.24	0.60	1.00	0.16	0.67	0.20	0.00	0.02
Вариацийн коэффициент	37.79	51.85	28.00	42.00	34.74	34.55	13.00	3.97	27.40

6.2. Флотацын хаягдлын эрдсийн шинжилгээ

Хаягдлын сангаас цуглуулсан чөмгөн дээжүүдээс бэлтгэж, эрдэс бүрдлийг тодорхойлох нарийвчилсан шинжилгээ хийлгэсэн. Хаягдлын сан дахь материалын үндсэн шинж чанар нь ерөнхийдөө ижил учраас цооног W ба S бүлгийн 0-10 м гүнээс авсан дээжүүдээр төлөөлүүлсэн. Хаягдлын сан дахь материалын эрдэс бүрдлийг энгийн байдлаар 3 хэсэгт хувааж үзвэл: кварц, силикатын эрдсүүд (W1-W7, S3

цооногууд) хамгийн их буюу 68.7-78.3%, Mg, Ca, Ba, Fe-ийн исэлдсэн ба төмрийн сульфидын эрдсүүд 7.6-21.6%, зэсийн сульфид болон исэлдсэн эрдсүүд хамгийн бага буюу 5.9-13%-ийг эзэлж байна. Эрдэс бүрдлийн XRD шинжилгээний дүнг Хүснэгт 5-т үзүүлэв.

Хүснэгт 6: Хаягдлын эрдсийн шинжилгээний үр дүн

Эрдсийн нэр	Эрдсийн томьёо	Эрдсүүдийн агуулга, %						
		W1	W3	W4	W5	W6	W7	S3
Кварц	SiO ₂	33,5	34,4	35,1	36,5	29,9	33,1	26,3
Кристобалит	SiO ₂	4,5	6,4	-	-	2,6	5,2	-
Альбит	Na[AlSi ₃ O ₈]	19,2	26,5	21,0	27,3	25,9	29,4	25,0
Анортит	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	2,0	1,6	-	2,7	1,9	1,9	-
Дискит	Al ₂ [Si ₂ O ₅](OH) ₄	-	2,1	-	-	-	-	2,3
Хлорит	[Mg _{1.3} Fe ²⁺ _{3.4} Al _{1.3}][Si _{2.7} Al _{1.3} O ₁₀ (OH) ₈	-	-	2,4	-	-	2,1	5,9
Анортоклаз	(Na,K,Ca)[AlSi ₃ O ₈]	-	-	3,2	-	-	-	-
Ортоклаз	K[AlSi ₃ O ₈]	2,2	-	-	-	4,9	-	4,0
Иллит	K _{0.88} Al ₂ [Al _{0.76} Si _{3.24} O ₁₀](OH) ₂	7,3	-	7,1	5,3	4,6	-	5,4
Геленит	Ca ₂ Al[AlSi]O ₇	-	-	-	-	-	-	2,9
Жисмондин	CaAl ₂ Si ₂ O ₈ · 4H ₂ O	-	-	-	-	6,2	-	-
Брюстерит -Sr	Ba _{0.5} Sr _{1.5} Al ₄ Si ₁₂ O ₃₂ · 10H ₂ O	-	-	-	2,1	-	-	-
Алюмо силикат-Rb	RbAlSiO ₄	-	-	-	2,4	-	-	-
Хээрийн жонш	BaGa ₂ Si ₂ O ₈	-	-	-	2,0	-	-	-
Халькопирит	CuFeS ₂	4,0	3,7	4,4	4,2	3,4	3,2	-
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	3,8	-	3,0	4,5	3,9	2,5	1,9
Ковеллин	CuS	2,0	3,4	-	-	2,2	3,8	-
Халькинтит	CuSO ₄ ·5H ₂ O	-	-	2,3	1,6	-	3,5	1,6
Оливинит	Cu ₂ AsO ₄ (OH)	-	-	-	-	-	-	2,4
Периклаз	Mg _{0.6} Fe _{0.4} O	2,2	-	-	-	-	-	-
Барит	BaSO ₄	-	11,1	2,7	2,2	3,0	4,4	8,1
Кальцит	CaCO ₃	5,3	4,1	8,1	1,6	-	1,7	-
Гётит	FeO(OH)	-	-	2,7	2,0	-	2,1	7,9
Гематит	Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	3,7
Пирит	FeS ₂	3,9	-	4,8	1,8	-	-	-
Доломит	CaMg[CO ₃] ₂	-	2,0	-	-	-	4,3	-
Пирротин	Fe ₇ S ₈	-	4,1	2,5	-	-	-	-
Магнетит	Fe ₃ O ₄	-	-	-	-	2,6	1,8	-
Титанит	CaTiSiO ₅	-	-	-	-	2,0	-	-
Ильменит	FeTiO ₃	-	-	-	-	-	-	1,9

Силикатын эрдсүүд дотор стронцийн брүстерит, барийн хээрийн жонш гэх эрдсүүд зөвхөн W5 цооногийн дээжид илэрсэн байна. Эдгээр эрдэс нь бари, стронций, галлий агуулсан нь хөрс, усанд бари, стронций бага бус агуулгатай байгаагийн эх сурвалжуудын нэг нь байж болно. Хаягдал материалд зэсийн эрдсүүдийн бие даасан хэлбэрүүд буюу исэлдсэн эрдсүүд- халькинтит (CuSO₄·5H₂O), оливинит [Cu₂AsO₄(OH)] илэрсэн нь флотациар баяжигдахгүй учраас хаягдалд орсон байна. Зэсийн сульфидын эрдсүүдийг 100% баяжуулан ялгаж авах боломж бага байдгаас

хаягдалд тодорхой хувь хэмжээгээр орох нь зайлшгүй юм. Зэс, хүнцлээс өөр хортой, хоргүй микро элемент агуулсан эрдэс илрээгүй (рубиди, стронций, галлий агуулсан силикатын эрдсүүдийг эс тооцвол).

Mg, Ca, Ba, Fe-ийн исэлдсэн ба төмрийн сульфидын эрдсүүд дотор эдийн засгийн ач холбогдолтой байж магадгүй эрдэс нь магнетит (Fe_3O_4), W6, 7 цооногийн дээжид 1.8-2.6%-тай агуулагдаж байна. Барит ($BaSO_4$), кальцит ($CaCO_3$) бараг бүх цооногийн дээжид илэрсэн.

6.3. Ширхэглэлийн шинжилгээ

Хаягдлын санд хуримтлагдсан материалын ширхэглэлийг тодорхойлох, түүнийг бүрдүүлэгч үндсэн болон хортой элементүүд хэрхэн тархаж байгааг тогтоох зорилгоор ширхэглэлийн шинжилгээ хийсэн. Уг шинжилгээнд хаягдлын санд хуримтлагдсан материалын хуурай хэсэг болон устай нойтон хэсгээс дээж авч харьцуулалт хийв. Ширхэглэлийн шинжилгээний дүнгээс харахад хуурай хаягдалд - 200 меш-ээс бага ширхэгтэй хаягдлын агуулга 24.12% эзэлж байсан бол хуурайд 15.74% болж буурсан нь салхиар жижиг ширхэгтэй хэсэг тоос болон дэгдэж байгааг баталгаажуулж байна. Жижиг хэсэг нь дэгдсэнээс хуурай хаягдалд эзлэх том ширхэгтэй тоосны агуулга нэмэгдсэн дүр төрх ажиглагдсан. Хуурай болон нойтон хаягдлын ширхэглэлийн тархалтыг Хүснэгт 7,8-д харуулав.

Хүснэгт 7: Хуурай хаягдлын ширхэглэлийн тархалт

№	Торны нүхний хэмжээ, меш	Дээжийн гарц, %	Гарц, %	
			Дээрээс	Доороос
1	+80	30.96	30.96	100
2	-80+100	9.14	40.10	69.04
3	-100+150	25.38	65.48	59.90
4	-150+200	18.78	84.26	34.52
5	-200	15.74	100.00	15.74
	Бүгд	100		

№	Горны нүхний хэмжээ, меш	Дээжийн гарц, %	Гарц, %	
			Дээрээс	Доороос
1	+80	49.75	49.75	100
2	-80+100	6.53	56.28	50.25
3	-100+150	14.07	70.35	43.72
4	-150+200	5.53	75.88	29.65
5	-200	24.12	100.00	24.12
	Бүгд	100		

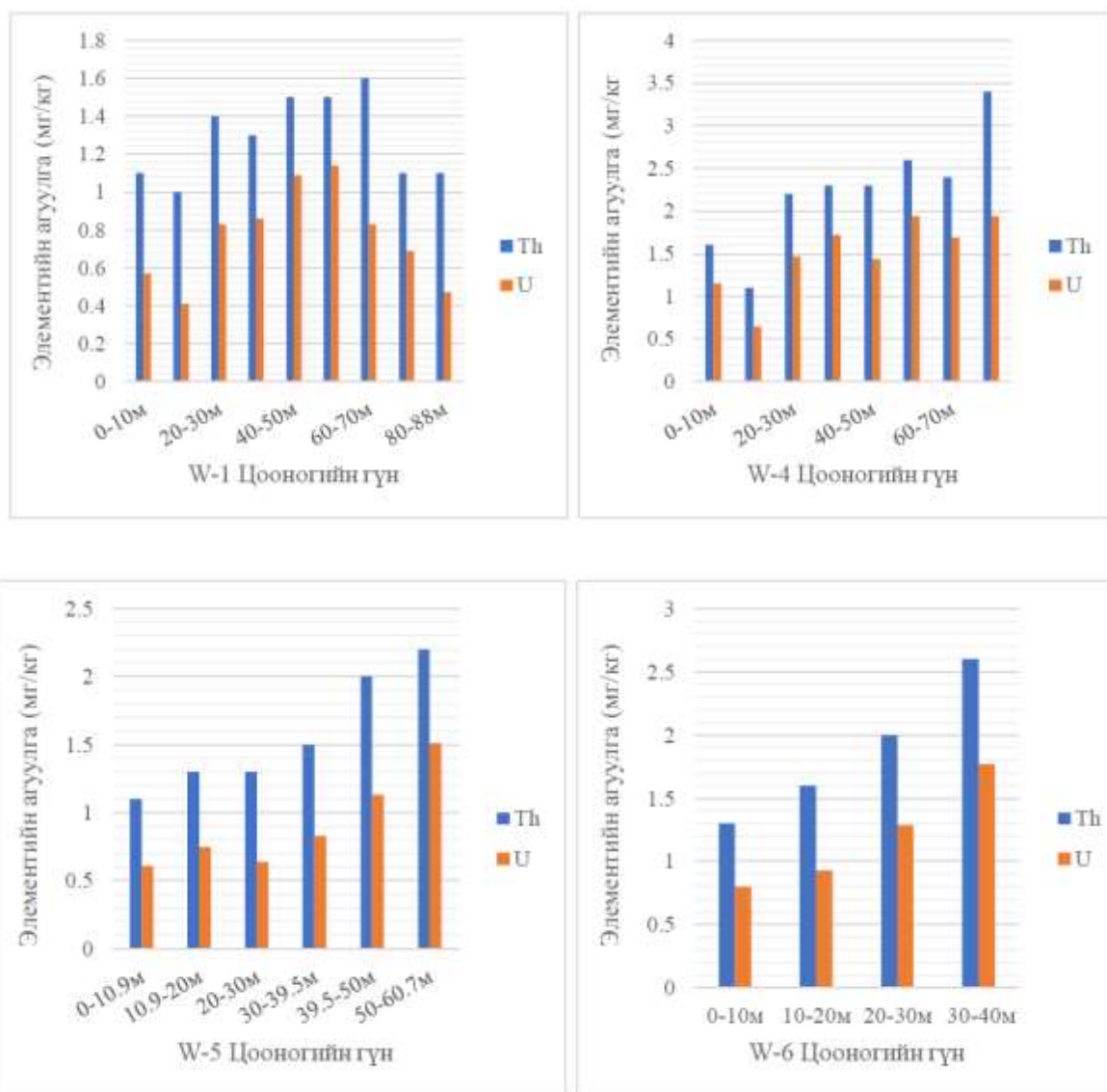
Үндсэн элементүүдээс нойтон болон хуурай хаягдалд хөнгөн цагаан, төмөр, титан хамгийн жижиг ширхэгтэй хэсэгт өндөр агуулгатай байна. Кальци хамгийн жижиг ширхэгтэй хуурай фракцад өндөр агуулгатай байна. Харин цахиур (-100+150 меш) ширхэглэлтэй нойтон фракцад, (-80+100 меш) ширхэглэлтэй хуурай фракцад тус тус их байв.

Онцгой хортой металлуудын хувьд хар тугалга, хүнцэл хамгийн жижиг ширхэгтэйд ихээр агуулагдаж байгаа бөгөөд ширхэглэл томроход агуулга нь буурсан. Харин хром хуурай хаягдлын хамгийн жижиг ширхэглэлд, нойтон хаягдлын (-80+100) ширхэглэлд хамгийн их агуулгатай тодорхойлогдсон.

6.4. Цацраг идэвхт элементийн шинжилгээ

Хаягдал материалыг ашиглан барилгын материал үйлдвэрлэх тохиолдолд түүний бүтэц бүрэлдэхүүнд байгалийн болон зохиомол цацраг идэвхт элементүүд хир хэмжээтэй агуулагдаж буйг мэдэх шаардлага гардаг.

Байгалийн цацраг идэвхт нуклидүүд нь 3 бүлэгт хуваагдана. Нэгдүгээр бүлэгт бүх изотоп нь цацраг идэвхтэй уран, торий, радий, радон хамаарна. Хоёрдугаар бүлэгт цацраг идэвхт шинж чанартай “ердийн” элементүүдийн изотопууд буюу Кали-40, рубидий-87, кальци-48, цирконы-97 багтана. Гуравдугаар бүлэгт сансрын туяаны нөлөөгөөр агаар мандалд үүсдэг цацраг идэвхт изотопууд буюу тритий (3H), бериллий (7Be, 10Be), нүүрстөрөгч (14C) хамаарна. Бид дээжүүдэд цацраг идэвхийн хэмжилт хийлгээгүй. Энэ талын судалгаа шинжилгээ тухайн бүс нутагт тогтмол хийгддэг гэж ойлгож байна. Энэ хэсэгт ICP-MS багажаар шинжлүүлсэн цооногийн (W1, W4, W5, W6, W7, S3) дээжүүдэд уран, торийн агуулга тодорхойлогдсон. Цацраг идэвхт элементийн агуулгыг цооногийн гүн тус бүрд нь гаргасан шинжилгээний хариуг Зураг 5-д харуулав.



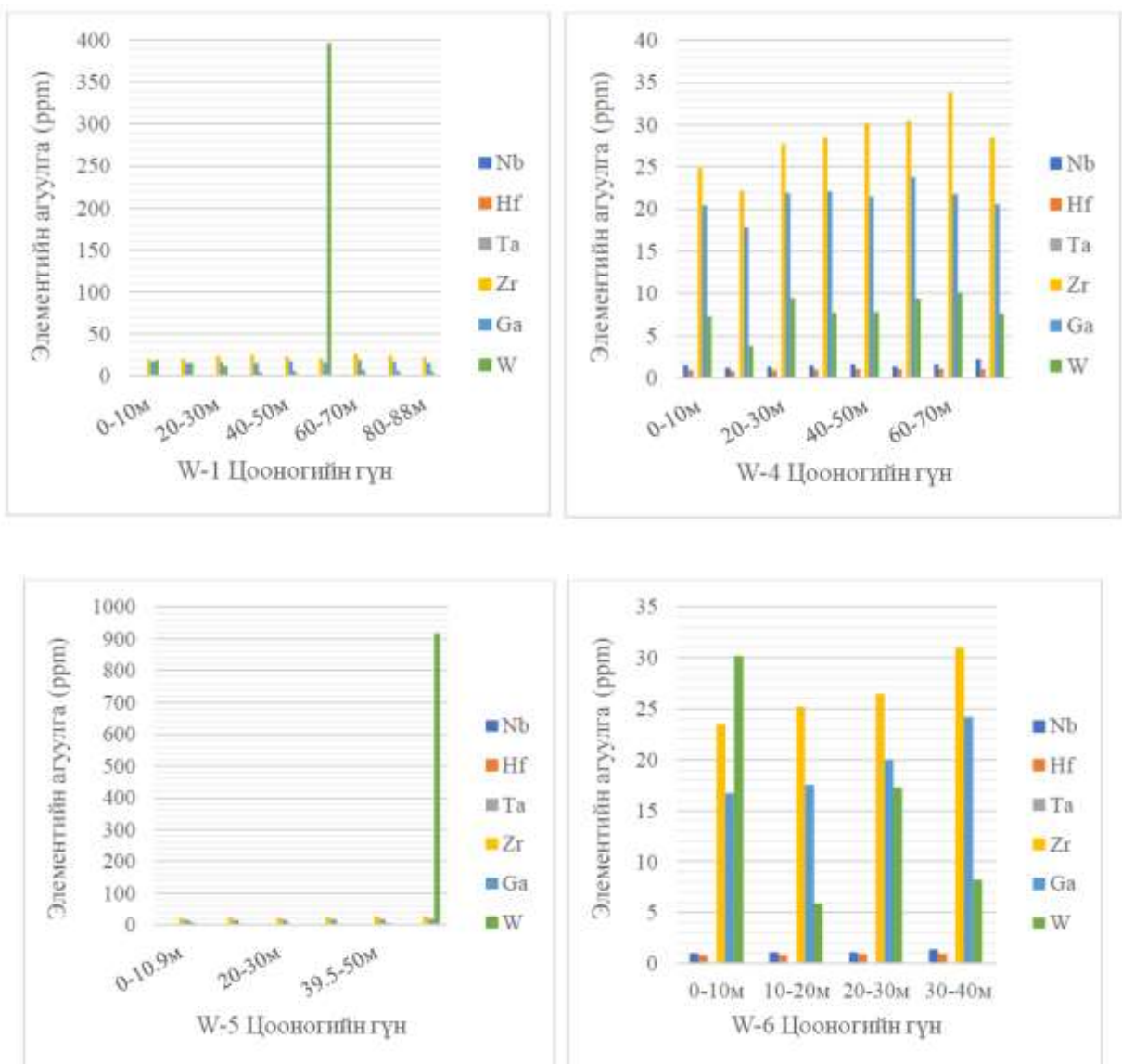
Зураг 5: Чөмгөн дээжийн цацраг идэвхт элементийн агуулга болон гүний хамаарал

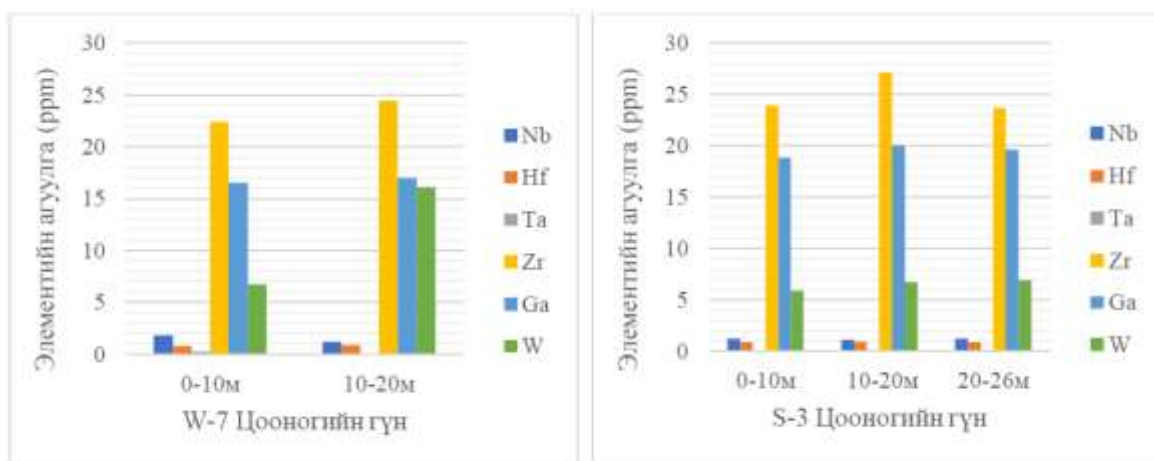
Цооног (W4, W5,W6)-ийн дээжүүдэд торий 2.2-3.4 мг/кг, уран 1.5-1.8 мг/кг агуулгатай, ерөнхийдөө цооногийн гүнд хуримтлагдах хандлагатай тархсан байна. Цооног (W1,W7,S3)-ийн дээжүүдэд тоорийн хамгийн их агуулга 1.8 мг/кг, уран 1.2 мг/кг агуулгатай байна.

6.5. Хүнд элементийн шинжилгээ

Хаягдлын сангийн цооногуудын чөмгөн дээжийн эрдэс бүрдлийн судалгаагаар ниобий, гафний, цирконы, вольфрам ба галлийн бие даасан эрдсүүд илрээгүй нь хаягдал материалд дээрх хүнд металлуудын агуулга бага байгаатай холбоотой.Эдгээр металлуудаас вольфрам харьцангуй өндөр агуулгатай буюу 390-920 мг/кг байв. Гэхдээ зөвхөн W1, W5 цооногийн 50-70 метрийн гүнд энэ агуулга тодорхойлогдсон. Эрдэс бүрдлийн судалгаагаар галлий агуулсан барийн хээрийн

жонш W5 цооногийн дээжид илэрсэн байхад химийн найрлагын шинжилгээгээр тус цооногийн дээжид галлийн өчүүхэн бага агуулга тодорхойлогдсон байна. Галлий W4, 6,7 ба S3 цооногийн дээжүүдэд хамгийн их нь 24 мг/кг агуулгатай илэрсэн байна. Галлий агуулсан эрдсийн агуулга бага учраас түүний тархалт жигд бус байгаатай дээр хэлсэн үр дүн холбоотой. Ниобий, танатал агуулсан пирохлор хэмээх эрдэс, булингыг шүүрүүлэн тунгаахад үүссэн үеүдийн 3-р үеийн дээжид 1.7% илэрсэн. Цооногийн гүнээс хамааруулан авсан дээжүүдэд ниобий, танталын агуулга өчүүхэн бага байна. W4, W6, W7 ба S3 цооногийн дээжүүдэд цирконы хамгийн их агуулга 32 мг/кг байна. Чөмгөн дээжийн хүнд металлын агуулга болон гүний хамаарлыг Зураг 6-д харуулав.

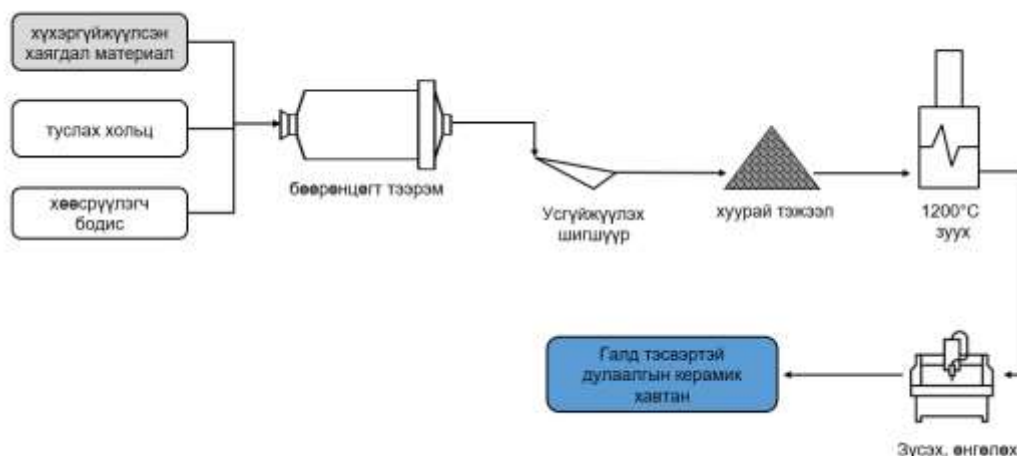




Зураг 6: Чөмгөн дээжийн хүнд металлын агуулга болон гүний хамаарал

7. Флотацын хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй дулаалгын хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх технологийн судалгаа

Флотацын хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй дулаалгын хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх технологийн судалгааг төслийн хамтрагч тал болох БНХАУ-ын Бээжингийн уул уурхай, металлургийн судалгааны институт (BGRIMM) дээр гүйцэтгэсэн. Керамик хөөсөн хавтанг өндөр температурын зууханд шатаах процессын тусламжтайгаар боловсруулна. Хаягдал материалд агуулагдаж буй хүхрийн агуулга нь 1.45% байсан ба өндөр температурт шатаах процессын үед хүхрийн хий агаар мандалд алдагдах эрсдэлтэй. Иймд хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх шатаах процессын өмнө хүхэр агуулж буй эрдсүүдийг ялгаж авах шаардлагатай. Хүхрийн өндөр агуулга нь байгаль орчны эрсдэлээс гадна керамик хавтан дунд том хэмжээний бөмбөлөг үүсгэж бат бэх чанарт мөн сөргөөр нөлөөлдөг. Керамик хавтан үйлдвэрлэх технологийн туршилтын схемийг Зураг 7-д харуулав.



Зураг 7: Галд тэсвэртэй керамик хавтан үйлдвэрлэх туршилтын технологийн схем

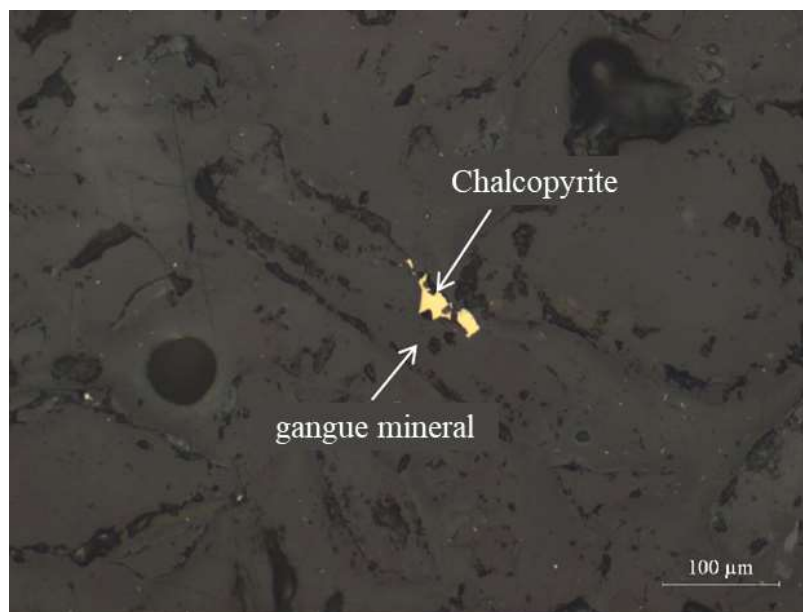
Керамик хавтан үйлдвэрлэх технологийн лабораторийн туршилтыг дараах алхамтайгаар хийж гүйцэтгэсэн.

1. Хаягдал материалыг хүхэргүйжүүлэх туршилт;
2. Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал материал, туслах хольц холих тохиромжтой харьцааг тодорхойлох;
3. Нунтаглалтын хугацааг тодорхойлох;
4. Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой төрөл, тунг тодорхойлох.

Дээрх туршилтуудын үр дүнд үндэслэн ортогональ шинжилгээг гүйцэтгэснээр хаягдал материалын тохиромжтой хольцын найрлага болон технологийн горимыг тодорхойлсон.

7.1. Хүхэргүйжүүлэх процесс

Хаягдал материалын дурангийн микроскопын туршилтын үр дүнгээс хүхэр нь анхдагч зэсийн сульфидын эрдэс болох халькофиритэд агуулагдаж байгаа нь харагдсан.



Зураг 8: микроскопын туршилтын үр дүн

Иймд хаягдал материал дахь хүхрийн агуулгыг бууруулах туршилтыг соронзон сеператор болон флотацын аргаар хийж гүйцэтгэсэн. Соронзон сеператорын тусламжтайгаар хүхэргүйжүүлэх туршилтыг 5 өөр түвшний соронзон индукцийн хүч дээр гүйцэтгэсэн ба туршилтын үр дүнг Хүснэгт 8-д харуулав.

Хүснэгт 9: Соронзон сеператор туршилтын үр дүн

Соронзон индукцийн хүч/Т	Бүтээгдэхүүн	Гарц/%	Хүхрийн агуулга/%	Хүхрийн металл авалт/%
0.2	Баяжмал	4.80	4.82	16.00
	Хаягдал	95.20	1.28	84.00
	Тэжээл	100.00	1.45	100.00
0.4	Баяжмал	5.60	6.00	23.00
	Хаягдал	94.40	1.18	77.00
	Тэжээл	100.00	1.45	100.00
0.6	Баяжмал	6.40	5.98	26.00
	Хаягдал	93.60	1.14	74.00
	Тэжээл	100.00	1.45	100.00
0.8	Баяжмал	6.90	6.44	31.00
	Хаягдал	93.10	1.08	69.00
	Тэжээл	100.00	1.45	100.00
1.0	Баяжмал	7.80	6.53	35.00
	Хаягдал	92.20	1.02	65.00
	Тэжээл	100.00	1.45	100.00

Туршилтын үр дүнгээс харахад хамгийн өндөр соронзон индукцийн хүч болох 1Т дээр хаягдал дахь хүхрийн агуулга 1.45%-аас 1.02% болж буурсан. Энэ үед хүхрийн хаягдал дахь авалт 65%, гарц нь 92.2% байсан.

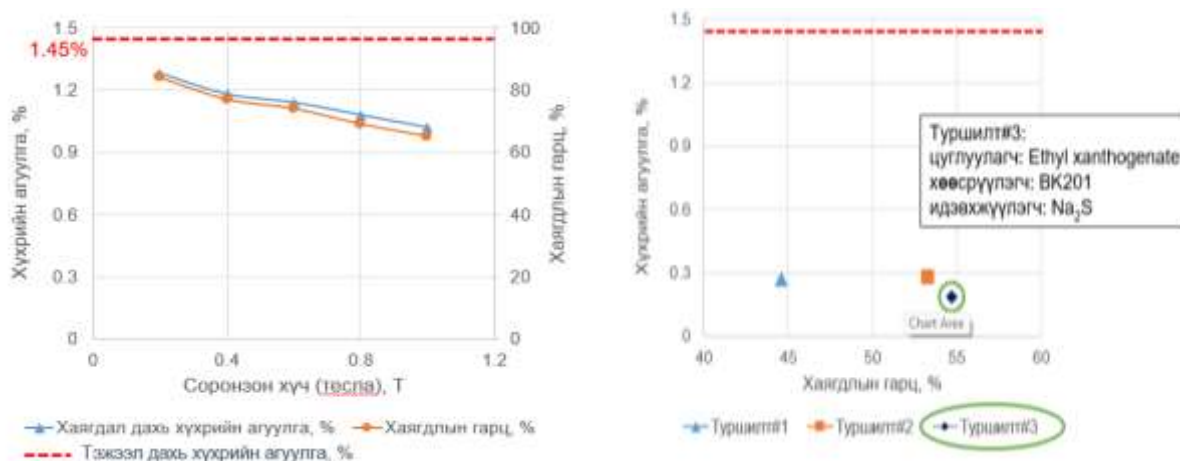
Дараагийн хүхэргүйжүүлэх туршилт болох 2 шатны цэвэрлэгээний флотацын туршилтыг 3 өөр нөхцөлд гүйцэтгэсэн. Туршилт гүйцэтгэсэн нөхцөл болон үр дүнг Хүснэгт 10-т харуулав.

Хүснэгт 10: Флотацын туршилтын үр дүн

Туршилт	pH	Цуглуулагч урвалж	Идэвхжүүлэгч урвалж	Хөөсрүүлэгч урвалж	Бүтээгдэхүүн	Гарц, %	Хүхрийн агуулга, %
Туршилт #1	6.45	Ethyl xanthogenate	CuSO ₄	BK201	Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал 1	44.61	0.27
Туршилт #2	8.23	Ethyl xanthogenate	CuSO ₄	BK201	Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал 2	53.24	0.28
Туршилт #3	8.23	Ethyl xanthogenate	Na ₂ S	BK201	Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал 3	54.71	0.19

Флотацын туршилтын хувьд 3-р нөхцөлд хүхрийн агуулгыг 1.45%-аас 0.19% болж буурсан ба гарц нь 54.71% байсан.

Нийт гүйцэтгэсэн хүхэргүйжүүлэх туршилтын үр дүнгээс харахад хаягдал материалыг 3 шатны флотацын процессоор туршилт #3 дээр өгөгдсөн горимын дагуу боловсруулах нь хамгийн үр дүнтэй байна. Соронзон сеператорын болон флотацын туршилтын үр дүнгийн харьцуулалтыг Зураг 9-т харуулав.



Зураг 9: Хүхэргүйжүүлэх туршилтын үр дүнгүүд

7.2. Түүхий эдийн найрлагыг тодорхойлох

Чанарыг шаардлага хангасан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэхэд түүхий эдийн найрлага маш чухал. БНХАУ-ын “Ченгменшан” форфирын ордын баяжуулах үйлдвэрийн хаягдал дээр хийгдсэн туршилтаас

Альбит, Доломит, Каолин болон хөөс үүсгэгчийн тусламжтайгаар галд тэсвэртэй керамик хавтан үйлдвэрлэх боломжтой нь харагдсан. Уг туршилтын үр дүнд хөөсөн керамик хавтангийн түүхий эдийн тохиромжтой эрдсийн найрлагыг тогтоосон (Хүснэгт 11).

Хүснэгт 11: Керамик хавтангийн түүхий эдийн тохиромжтой эрдсийн найрлага (% жин)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O + K ₂ O	CaO+MgO
50~70	>10	3~8	>1.5

“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын хаягдлыг хүхэргүйжүүлэх процесст оруулсны дараа хийгдсэн эрдсийн шинжилгээнээс харахад хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх түүхий эдээр ашиглахад тохиромжтой байна (Хүснэгт 12).

Хүснэгт 12: Хүхэргүйжүүлсэн хаягдлын эрдсийн найрлага

Эрдсийн найрлага, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал	77.23	11.67	0.63	0.33	5.9	0.33	2.01

Хүхэргүйжүүлсэн хаягдал болон туслах хольцыг Хүснэгт # харуулсны дагуу 3 өөр харьцаатай хольж эрдсийн найрлагын шинжилгээг хийж гүйцэтгэсэн ба үр дүнг Хүснэгт 13 харуулав.

Хүснэгт 13: Хаягдал болон туслах хольцын харьцаа, %

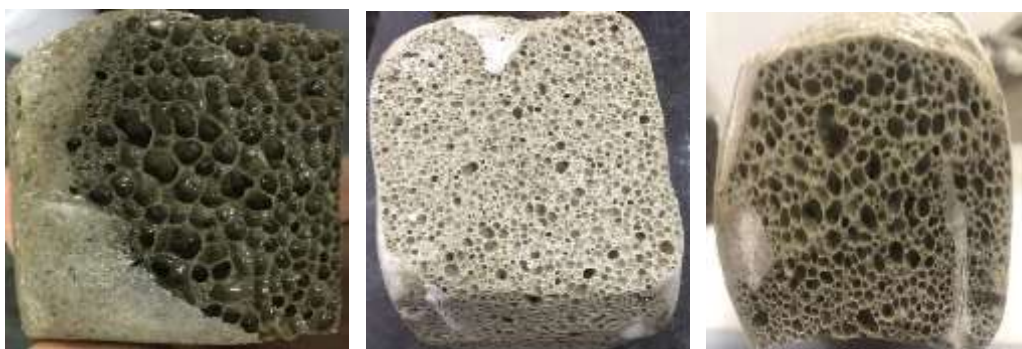
Харьцаа	Хаягдал	Альбит	Каолин шавар	Доломит
#1	60	20	20	5
#2	50	30	20	5
#3	40	30	30	5

Шинжилгээний үр дүнгээс харахад 3 өөр харьцаатай хольсон түүхий эдийн эрдсийн найрлага нь бүгд тохиромжтой харьцаанд багтаж байна (Хүснэгт 14).

Хүснэгт 14: Эрдсийн найрлагын шинжилгээний үр дүн

Харьцаа	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	S	LOI
#1	59.97	13.20	2.55	1.43	4.72	2.91	5.83	1.18	8.36
#2	59.14	12.90	2.41	1.40	5.01	2.04	6.08	1.38	8.31
#3	57.18	13.58	2.50	1.44	4.29	2.89	7.77	1.08	9.55

Дээрх 3 өөр харьцаатай түүхий эдийг жингийн 0.3%-тай тэнцүү хөөс үүсгэгчтэй хольж, 15 минутын хугацаанд нунтагласны дараагаар 1,200°C температурт 60 минутын хугацаанд шатааж хөөсөн керамик материал гарган авах туршилтыг гүйцэтгэсэн.



Зураг 10: Туршилтын үр дүнд гарсан керамик материал

Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик материалуудын дотор талд нүх, сүвэрхэг бүтэц сайн тогтсон байсан ба хэмжээний хувьд харилцан адилгүй байсан нь туршилтын горим, хольцын найрлагыг нарийн тодорхойлох шаардлагатайг харуулж байна (Зураг 10).

7.3. Нунтаглалтын хугацааг тодорхойлох

Шатаах процессын өмнөх хүхэргүйжүүлэх, холих, нунтаглах процессын тусламжтайгаар шатаах процессын түүхий эд болох хаягдал материалын физик, химийн шинж чанарыг өөрчилж, чанарын шаардлага хангасан, нэгэн жигд бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх боломжийг бүрдүүлнэ. Ширхэглэлийг тохиромжтой түвшинд хүргэснээр хөөсөн керамик хавтан дотор үүсэх нүх, сүвийг жигд түвшинд хадгалахад чухал нөлөөтэй. Нунтаглалтын хугацааг тодорхойлох туршилтыг хуурай нунтаглалтын орчинд 10, 15, 20, 25 минутын хугацаанд гүйцэтгэсэн ба нэгтгэсэн үр дүнг Хүснэгт 15-д харуулав.

Хүснэгт 15: Нунтаглалтын хугацаа тодорхойлох туршилтын үр дүн

Нунтаглалтын хугацаа (мин)	D(0.1)	D(0.5)	D(0.9)
10	2.19 μ m	13.37 μ m	38.17 μ m
15	2.08 μ m	11.43 μ m	30.31 μ m
20	1.86 μ m	9.85 μ m	25.67 μ m
25	1.43 μ m	8.44 μ m	25.88 μ m

Туршилтын үр дүнгээс харахад 20 минутаас дээш нунтаглах үед нунтаглагдсан материалын ширхэглэлийн хэмжээ бага хэмжээгээр буурсан ба урт хугацаагаар нунтаглах нь үр ашиг багатай болох нь харагдсан.

7.4. Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой төрөл, тунг тодорхойлох

Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой төрлийг тодорхойлох туршилтад нүүрсний нунтаг (carbon powder), хаягдал нүүрс (coal gangue), содын үнс (soda ash), төмрийн оксид (iron oxide), SIC зэрэг 5 төрлийн өндөр температурын хөөсрүүлэгч бодисыг хэрэглэсэн. Туршилтын горим болон нэгдсэн үр дүнг Хүснэгт 16, 17-д тус тус үзүүлэв.

Хүснэгт 16: Хөөс үүсгэгчийн төрөл сонгох туршилтын горим

Түүхий эдийн харьцаа (%)	Нунтаглалтын хэмжээ D ₅₀ (µm)	Хөөс үүсгэгчийн хэмжээ D ₉₀ (мм)	Шатаах температур (°C)	Шатаах хугацаа (мин)	Шатаах хурд (°C/мин)
Хаягдал 65, Альбит 20, Каолин 10, Доломит 5	7.45 (нунтаглах хугацаа 25 мин)	0.045	1155	60	10

Хүснэгт 17: Хөөс үүсгэгчийн төрөл сонгох туршилтын үр дүн

Туршилт	Хөөс үүсгэгчийн төрөл	Хөөс үүсгэгчийн хэмжээ, %	Асгамал нягт (кг/м ³)
#1	нүүрсний нунтаг	5.0	2320
#2	хаягдал нүүрс	7.0	2551
#3	содын үнс	2.0	1900
#4	төмрийн оксид	4.0	2156
#5	SIC	0.5	383

Туршилтад хөөс үүсгэгчийн тунг хөөс үүсгэх чадвараас нь хамаарч харилцан адилгүй сонгосон. Хөөс үүсгэгчийн сонголтыг асгамал нягтын хэмжээн дээр үндэслэн хийсэн ба хамгийн сайн үр дүнг SIC хөөс үүсгэгч үзүүлсэн.

Сонгогдсон хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой тунг тодорхойлохын тулд дахин шатаах туршилтыг гүйцэтгэсэн ба туршилтын горим болон үр дүнг Хүснэгт 18, 19-д тус тус үзүүлэв.

Хүснэгт 18: Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой хэмжээг тогтоох туршилтын горим

Түүхий эдийн харьцаа (%)	Нунтаглалтын хэмжээ D ₅₀ (µm)	Хөөс үүсгэгчийн төрөл	Хөөс үүсгэгчийн хэмжээ D ₉₀ (мм)	Шатаах температур (°C)	Шатаах хугацаа (мин)	Шатаах хурд (°C/мин)
Хаягдал 65, Альбит 20, Каолин 10, Доломит 5	7.45 (нунтаглах хугацаа 25 мин)	SIC	0.045	1155	60	10

Хүснэгт 19: Хөөс үүсгэгчийн тохиромжтой тунг тогтоох туршилтын үр дүн

Туршилтын дугаар	Хөөс үүсгэгчийн тун (%)	Материалын шинж чанар		
		Асгамал нягт (кг/м ³)	Даралт даах чадвар (МПа)	Ус шингээлтийн зэрэг (%)
1	0.10	951	7.59	1.13
2	0.30	542	1.74	2.61
3	0.50	378	1.90	4.53
4	0.70	210	0.22	4.92

Туршилтын үр дүнг харахад хөөс үүсгэгчийн тун нэмэгдэх тусам асгамал нягтын хэмжээ болон даралт даах чадвар буурч, ус шингээлтийн зэрэг нэмэгдэж байна. Материалын шинж чанараас шалтгаалан хөөс үүсгэгчийн тунг 0.5% дээр тохируулахад галд тэсвэртэй дулаан тусгаарлах керамик материалын нягт багатай, ус шингээлтийн зэрэг нь шаардлага хангаж байна. Хөөс үүсгэгчийн тунг 0.1% дээр тохируулахад ус шингээлтийн 1.13% буюу маш бага байна. Туршилтын үр дүнд гарсан керамик хавтангуудыг Зураг 11-т харуулав.



Зураг 11: Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтан

7.5. Түүхий эдийн оновчтой найрлага, технологийн горимыг тодорхойлох ортогональ шинжилгээний туршилт

Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх түүхий эдийн оновчтой найрлага болон технологийн горимыг тогтоох зорилгоор ортогональ шинжилгээг гүйцэтгэсэн. Ортогональ шинжилгээнд түүхий эдийн найрлага, нунтаглалтын

хугацаа, хөөс үүсгэгчийн тун, шатаах температур болон хугацааг Хүснэгт 20-д үзүүлсний дагуу 3 өөр хувилбарт сонгосон

Хүснэгт 20: Ортогональ шинжилгээ гүйцэтгэх параметруудийн хувилбар

Хувилбар	Хаягдал /жин %	Альбит /жин %	Каолин шавар /жин %	Нунтаглалтын хугацаа /мин	Хөөс үүсгэгчийн тун /жин %	Шатаах температур /°C	Шатаах хугацаа /мин
1	40	20	20	10	0.1	1180	40
2	50	30	25	15	0.3	1200	60
3	60	40	30	20	0.5	1220	80

Дээрх туршилтын хувилбаруудад үндэслэн ортогональ шинжилгээ гүйцэтгэх туршилтын загварыг Хүснэгт 21-т үзүүлсний дагуу боловсруулсан.

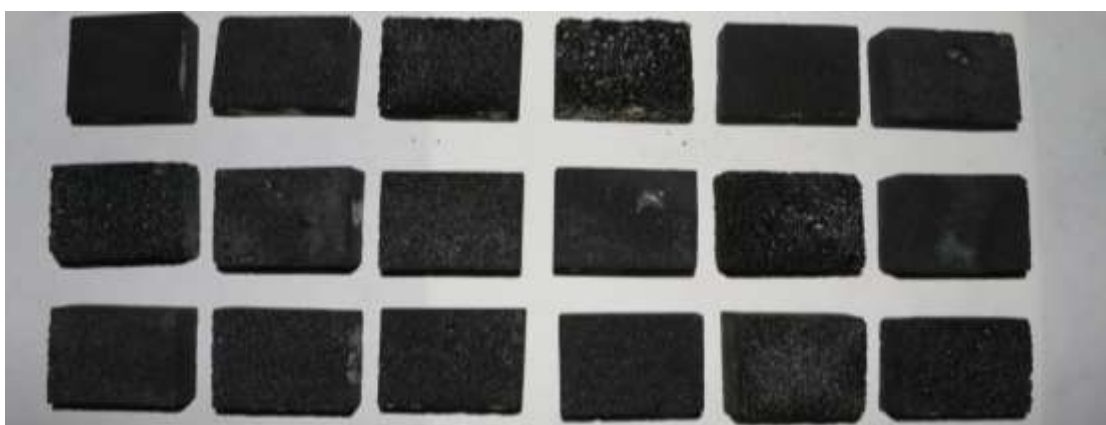
Хүснэгт 21: Ортогональ шинжилгээ гүйцэтгэх туршилтын загвар

Туршилт	Хаягдал /жин %	Альбит /жин %	Каолин шавар /жин %	Нунтаглалтын хугацаа /мин	Хөөс үүсгэгчийн тун /жин %	Шатаах температур /°C	Шатаах хугацаа /мин
Туршилт#1	40	20	20	10	0.1	1180	40
Туршилт# 2	40	30	25	15	0.3	1200	60
Туршилт# 3	40	40	30	20	0.5	1220	80
Туршилт# 4	50	20	20	15	0.3	1220	80
Туршилт# 5	50	30	25	20	0.5	1180	40
Туршилт# 6	50	40	30	10	0.1	1200	60
Туршилт# 7	60	20	25	10	0.5	1200	80
Туршилт# 8	60	30	30	15	0.1	1220	40
Туршилт# 9	60	40	20	20	0.3	1180	60
Туршилт# 10	40	20	30	20	0.3	1200	40
Туршилт# 11	40	30	20	10	0.5	1220	60
Туршилт# 12	40	40	25	15	0.1	1180	80
Туршилт# 13	50	20	25	20	0.1	1220	60
Туршилт# 14	50	30	30	10	0.3	1180	80
Туршилт# 15	50	40	20	15	0.5	1200	40
Туршилт# 16	60	20	30	15	0.5	1180	60
Туршилт# 17	60	30	20	20	0.1	1200	80
Туршилт# 18	60	40	25	10	0.3	1220	40

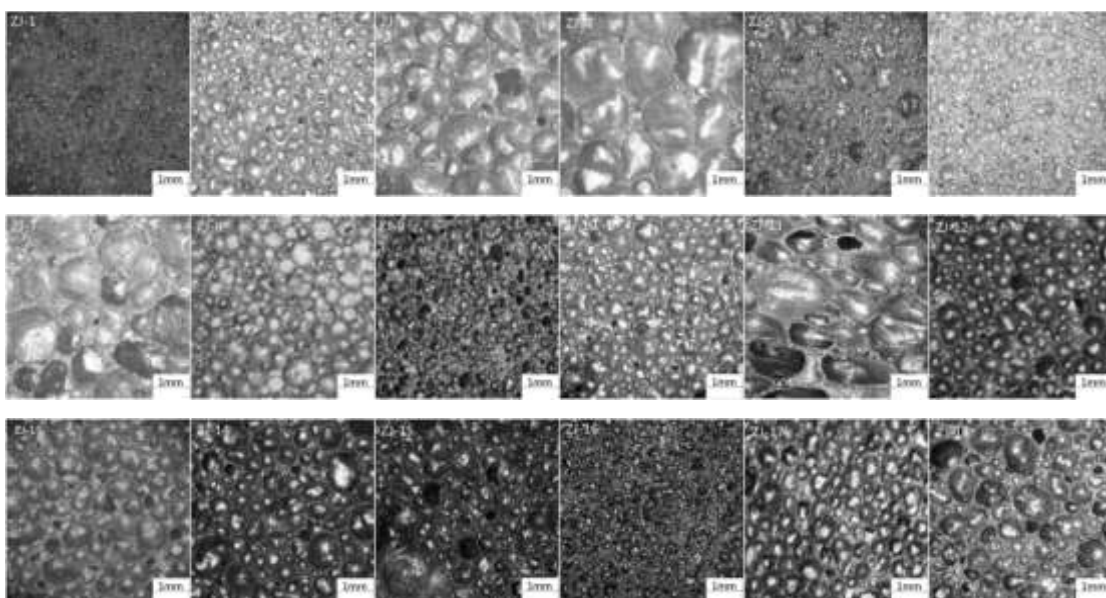
Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтангийн доторх нүх сүв, асгамал нягт, даралт даах чадвар, ус шингээлтийн зэрэг хамгийн гол 4 үзүүлэлтүүдийг БНХАУ-ын "GB/T23451-2009 барилгын дотор хананы хөнгөн хавтан /light weight panels for partition wall used in buildings/" стандартын шаардлагатай

харьцуулж үзсэн. Уг стандартад асгамал нягт 650 кг/м^3 -аас ихгүй, даралт даах чадвар 3.5 Мра -аас багагүй, ус шингээлтийн зэрэг нь 3% -аас ихгүй байхыг шаарддаг.

Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнг Хүснэгт 22т харуулав. К1, К2, К3 утгуудыг тодорхойлохдоо 1,2,3-р түвшний үзүүлэлт, технологийн горимын дундаж утгыг илэрхийлнэ. Хэт зөрүү утга нь хамгийн өндөр болон бага утгын зөрүүг илэрхийлэх ба зөрүү өндөр байх тусам тухайн нөхцөл нь хамаарал ихтэй байгааг харуулна. Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамикийг Зураг 12, 13-т үзүүлэв.



Зураг 12: Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтан



Зураг 13: Ортогональ шинжилгээний туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтангийн нүх, сүвний хэмжээ

Хүснэгт 22: Ортогональ шинжилгээний үр дүн

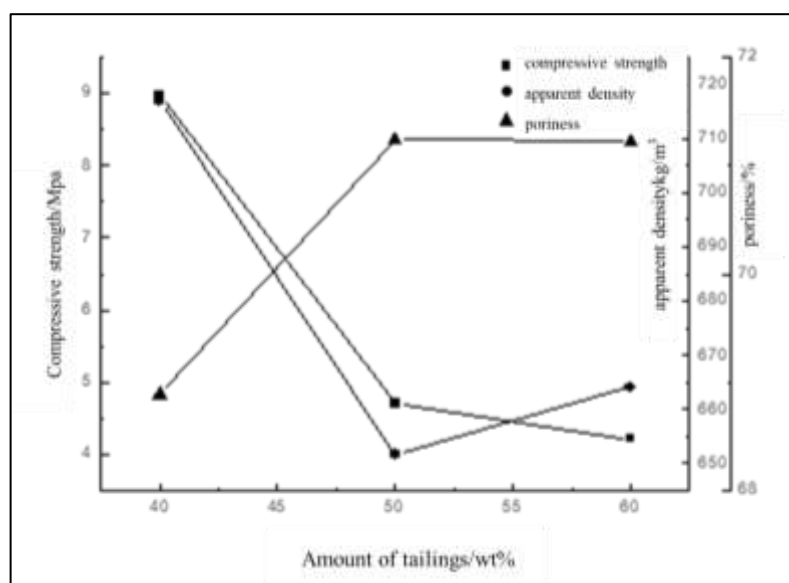
Туршилт	Үзүүлэлт				Туршилтын горим				Туршилтын үр дүн		
	Хаягдал	Альбит	Каолин шавар	Нунтаглалт	Хөөс үүсгэгчийн тун	Шатаах температур	Шатаах хугацаа	Нүх, сүвний харьцаа, %	Асгасан нягт, кг/м ³	Даралт даах чадвар, МПа	Ус шингээлтийн зэрэг, %
1	1	1	1	1	1	1	1	55.86	1103.42	17.61	3.94
2	1	2	2	2	2	2	2	61.09	778.22	8.86	0.83
3	1	3	3	3	3	3	3	82.94	426.61	1.57	2.28
4	2	1	1	2	2	3	3	80.13	496.81	2.13	5.54
5	2	2	2	3	3	1	1	63.43	811.75	7.55	1.54
6	2	3	3	1	1	2	2	66.49	743.85	2.99	1.08
7	3	1	2	1	3	2	3	77.20	506.16	1.88	1.99
8	3	2	3	2	1	3	1	72.95	676.20	4.75	1.35
9	3	3	1	3	2	1	2	66.52	743.24	3.40	1.11
10	1	1	3	3	2	2	1	74.70	632.58	6.42	1.54
11	1	2	1	1	3	3	2	80.21	439.44	1.72	2.48
12	1	3	2	2	1	1	3	58.52	920.78	17.68	0.64
13	2	1	2	3	1	3	2	72.75	605.05	5.26	1.41
14	2	2	3	1	2	1	3	68.23	690.56	5.12	1.34
15	2	3	1	2	3	2	1	76.41	561.71	5.16	1.50
16	3	1	3	2	3	1	2	74.66	603.29	5.72	1.79
17	3	2	1	3	1	2	3	61.21	881.53	5.08	0.89

18		3	3	2	1	2	3	1	74.76	573.52	4.44	2.22
Нүх, сүвний харьцаа	K1	68.887	72.552	70.057	70.458	64.63	64.54	69.687				
	K2	71.242	67.855	67.96	70.628	70.905	69.517	70.288				
	K3	71.218	70.94	73.33	70.26	75.812	77.29	71.372				
	Хэт зөрүү	2.355	4.697	5.37	0.368	11.182	12.75	1.685				
	Оновчтой хувилбар	A2	B1	C3	D2	E3	F3	G3				
Асгасан нягт	K1	716.842	657.885	704.358	676.158	821.805	812.173	726.53				
	K2	651.6	712.9	699.2	672.8	652.4	684.0	652				
	K3	663.9	661.6	628.8	683.4	558.1	536.2	653				
	Хэт зөрүү	65.22	55.06	75.51	10.62	263.6	275.9	74.3				
	Оновчтой хувилбар	A2	B1	C3	D2	E3	F3	G2				
Даралт даах чадвар	K1	8.977	6.503	5.85	5.627	8.895	9.513	7.665				
	K2	4.702	5.513	7.612	7.383	5.062	5.065	4.658				
	K3	4.212	5.873	4.428	4.88	3.933	3.312	5.577				
	Хэт зөрүү	4.765	0.99	3.184	2.503	4.962	6.201	2.997				
	Оновчтой хувилбар	A1	B1	C2	D2	E1	F1	G1				
Ус шингээлтийн зэрэг	K1	1.95	2.702	2.577	2.175	1.552	1.727	2.015	1.952			
	K2	2.06	1.405	1.438	1.942	2.097	1.305	1.45	2.068			
	K3	1.55	1.472	1.563	1.462	1.93	2.547	2.113	1.558			
	Хэт зөрүү	0.51	1.297	1.139	0.713	0.545	1.242	0.663	0.51			
	Оновчтой хувилбар	A3	B2	C2	D3	E1	F2	G2	A3			

8. Судалгааны ажлын үр дүн

Түүхий эдийн найрлагад эзлэх хаягдал материалын оновчтой хэмжээ

Хаягдал материалын хэмжээ хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 14-т харуулав. Хаягдал материалын хольцын хэмжээ 50% үед хавтангийн асгасан нягт хамгийн бага, нүх, сүвний хэмжээ хамгийн өндөр байна. Хаягдал материалын хольцын хэмжээг ихэсгэж 60%-д хүргэх үед асгасан нягтын хэмжээ нэмэгдэж, нүх сүвний хэмжээ багассан ба өөрчлөлтийн хувьд бага байна. Хавтангийн асгасан нягт болон нүх, сүвний хэмжээний хувьд хаягдал материалын хольц 50-60% байхад хамгийн тохиромжтой байна. Ус шингээлтийн зэргийн хувьд хаягдлын харьцаа 60% үед хамгийн бага байсан ба бүх туршилтын үр дүн нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байсан тул ортогональ шинжилгээний графикт оруулаагүй болно. Даралт даах чадавхын хувьд бүх хаягдлын харьцаан дээр стандартын шаардлага болох 3.5 МПа-аас өндөр гарсан ба хаягдлын харьцаа 40% үед хамгийн өндөр байсан. Иймд чанарын бүх шаардлагыг хангаж буй хамгийн боломжтой хаягдлын харьцаа нь 50-60% байна.

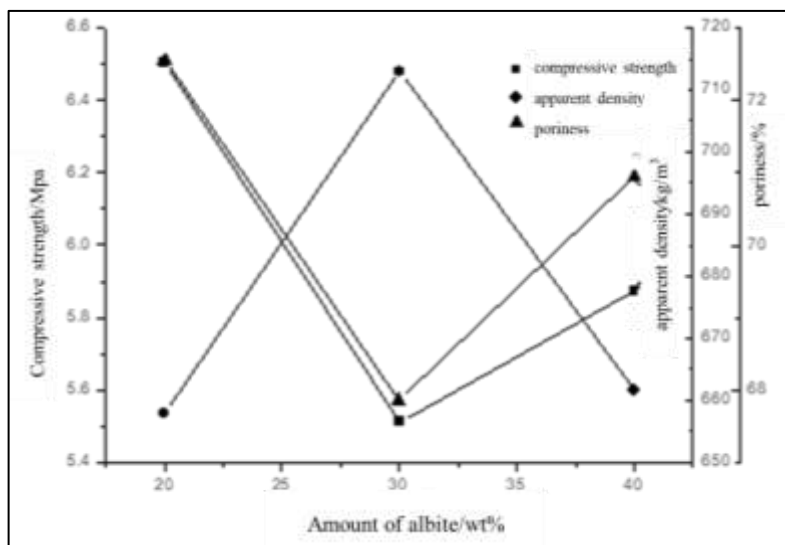


Зураг 14: Хаягдал материалын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Альбитын хольцын хэмжээ хөөсөн керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

Альбитын хольцын хэмжээ хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 15-д харуулав. Альбитын хольцын хэмжээ 20% үед хавтангийн асгасан нягт хамгийн бага, нүх, сүвний хэмжээ хамгийн өндөр байсан. Даралт даах чадварын хувьд мөн альбитын хольцын хэмжээ 20% үед хамгийн өндөр гарсан. Иймд альбитын хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх түүхий эдийн Альбитын хольц 20% байх нь хамгийн тохиромжтой байна. Альбитын

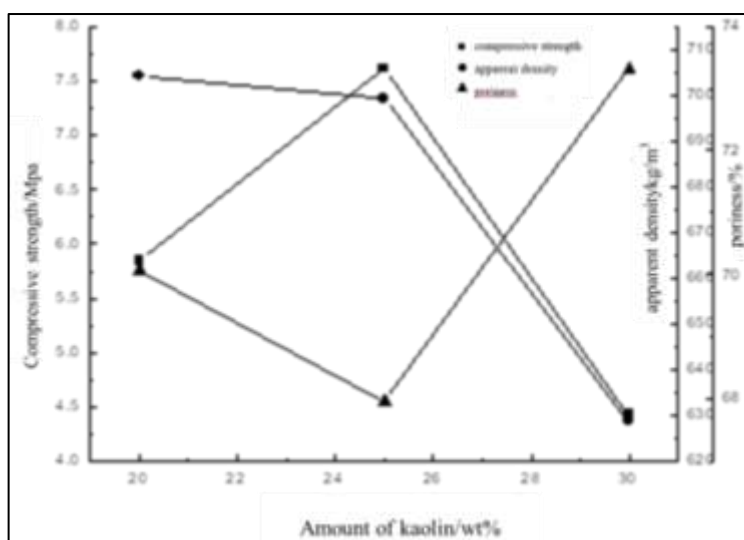
хольцын хэмжээ нэмэгдэх үед хөөсөн керамикт агуулагдах Na_2O -ийн хэмжээ нэмэгддэг. Энэ нь хавтангийн нүх, сүвний хэмжээг нэмэгдүүлж, даралт даах чадварыг бууруулдаг сул талтай.



Зураг 15: Альбитын хольцын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Каолин шаврын хольцын хэмжээ хөөсөн керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

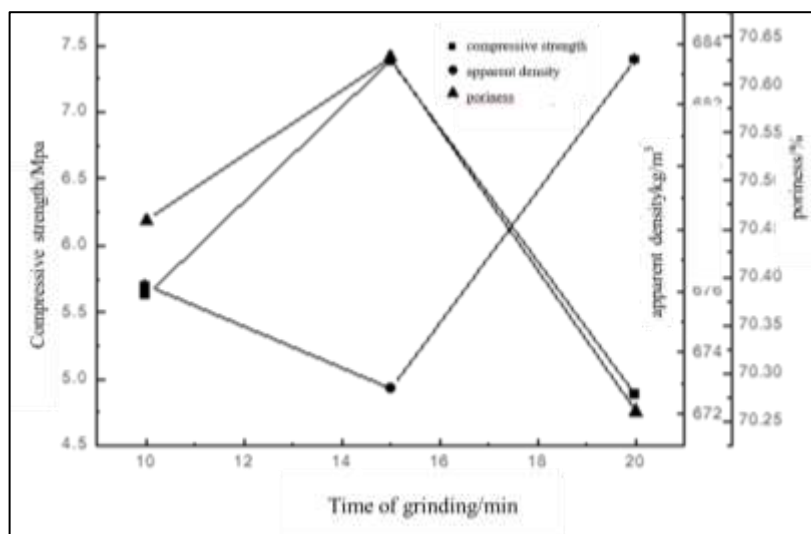
Каолин шаврын хольцын хэмжээ хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 16-д харуулав. Каолин шаврын хольцын хэмжээ 30% үед асгасан нягт болон даралт даах чадвар хамгийн бага байсан. Харин хольцын хэмжээг 25% хүргэж бууруулахад даралт даах чадвар хамгийн өндөр, нүх сүвний хэмжээ хамгийн бага байсан. Иймд Каолин шаврын хольцын хэмжээг 20% дээр тохируулахад хамгийн тохиромжтой байна.



Зураг 16: Каолин шаврын хольцын хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Нунтаглалтын хугацаа хөөсөн керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

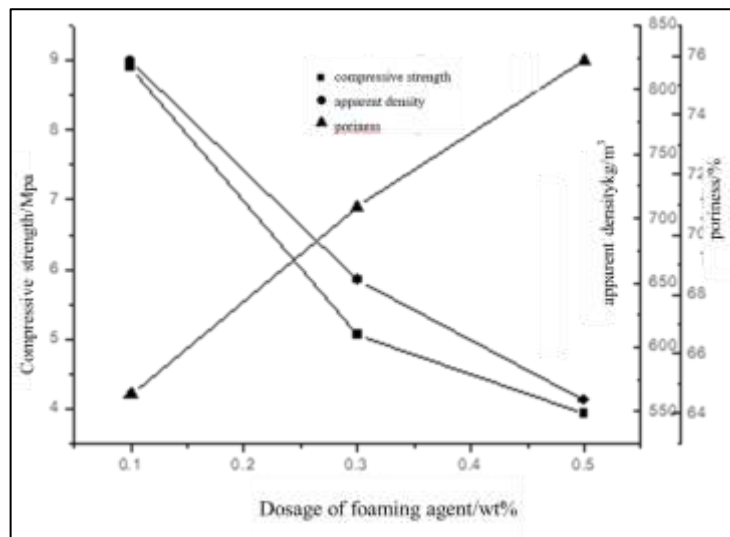
Нунтаглалтын хугацаа хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 17-д харуулав. Асгасан нягтын хувьд нунтаглалтын хугацаа 15 минут үед хамгийн бага гарсан хэдий ч бусад тохиолдлуудад өөрчлөлтийн хэмжээ бага байсан. Нүх, сүвний хэмжээ нунтаглалтын хугацаа 20 минутад хамгийн бага байсан ба асгасан нягтын адил бусад тохиолдлуудтай харьцуулахад өөрчлөлт бага байсан. Даралт даах чадварын хувьд 15 минутад хамгийн өндөр гарсан энэ нөхцөлийг цаашид хамгийн тохиромжтой нунтаглалтын хугацаагаар тогтоосон.



Зураг 17: Нунтаглалтын хугацаа болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Хөөс үүсгэгчийн тунгийн хэмжээ керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

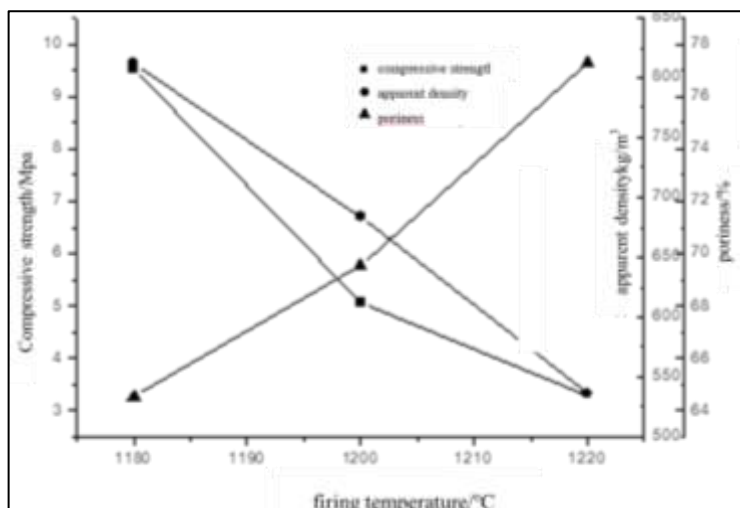
Хөөс үүсгэгчийн тунгийн хэмжээ хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 18-д харуулав. Шинжилгээний үр дүнг харахад асгасан нягт нь хөөс үүсгэгчийн тунг 0.5%-д хамгийн бага, нүх, сүвний хэмжээ 0.1%-д хамгийн бага, даралт даах чадвар 0.1%-д хамгийн өндөр гарсан. Хөөс үүсгэгчийн тунг нэмэгдүүлэх нь шатаах процессын үед гарах хийн хэмжээг ихэсгэж улмаар нүх, сүвний хэмжээ болон асгасан нягтыг нэмэгдүүлж даралт даах чадварыг сулруулдаг. Хөөс үүсгэгчийн 0.5% үед даралт даах чадвар 3.933 МПа нь стандартын шаардлага 3.5 МПа-аас бага зэргийн өндөр, асгасан нягт 821.8 кг/м³ нь стандартын шаардлага 950 кг/м³-аас бага зэрэг дутуу байсан нь үйлдвэрлэлийн нөхцөлд стандартын шаардлага хангахгүй байх эрсдэлтэй. Иймд хөөс үүсгэгчийн хамгийн тохиромжтой тунгийн хэмжээг 0.3% байхаар тогтоосон.



Зураг 18: Хөөс үүсгэгчийн тунгийн хэмжээ болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Шатаах температур керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

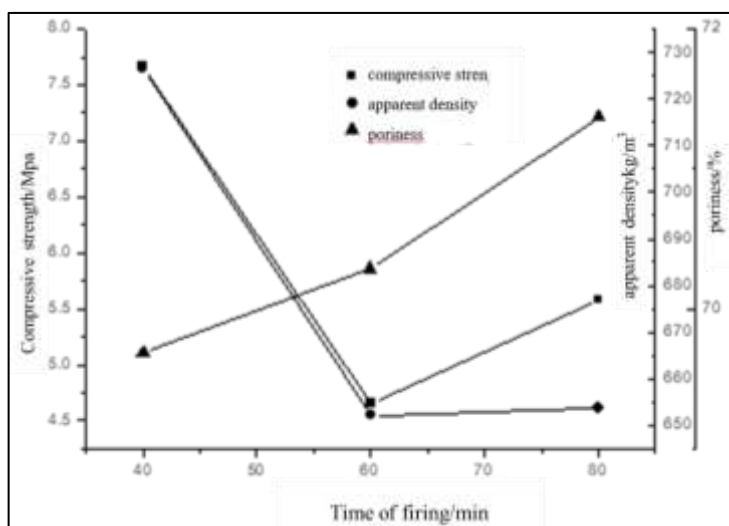
Шатаах температур хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 19-т харуулав. Шатаах температур 1220⁰С үед асгасан нягт хамгийн бага, нүх сүвний хэмжээ хамгийн их байсан бол даралт даах чадвар шатаах температур 1180⁰С хамгийн өндөр гарсан. Шатаах температурыг нэмэгдүүлснээр хөөс үүсгэгчийн ялгаруулах хийн хэмжээг нэмэгдүүлж улмаар нүх, сүвний хэмжээг ихэсгэж, даралт даах чадварыг бууруулдаг сул талтай. Эсрэгээрээ шатаах температурыг багасгахад нүх сүвний хэмжээ багасаж асгасан нягтыг нэмэгдүүлдэг сул талтай. Иймд шатаах температурыг нарийн тооцож, хяналт тавих шаардлагатай байдаг. Керамик хавтангийн үндсэн шинж чанарын стандартын шаардлагатай харьцуулж үзэхэд шатаах температурыг 1200⁰С дээр тохируулах нь хамгийн оновчтой байна.



Зураг 19: Шатаах температур болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Шатаах хугацаа керамикийн чанарт үзүүлэх нөлөө

Шатаах хугацаа хөөсөн керамик хавтангийн чанарт хэрхэн нөлөөлж буй шинжилгээний үр дүнг Зураг 20-д харуулав. Хавтангийн асгасан нягт шатаах хугацаа 60 минут үед хамгийн өндөр байсан бол даралт даах чадвар 40 минут дээр хамгийн өндөр гарсан. Шатаах хугацааг ихэсгэснээр шатаалтын үед үүсэх хийн нэмжээ нэмэгдэж улмаар нүх, сүвний хэмжээ нэмэгдэж хамгийн урт буюу 60 минутын хугацаанд нүх, сүвний хэмжээ хамгийн өндөр гарсан. Бүх шатаах хугацаанд дээрх үндсэн үзүүлэлтүүд стандартын шаардлагыг хангаж байсан. Туршилтын үр дүнгээс харахад шатаалтын хугацааг 60 минут дээр тохируулах нь хамгийн оновчтой байна.



Зураг 20: Шатаах хугацаа болон чанарын үндсэн үзүүлэлтүүдийн хамаарал

Баталгаажуулах туршилтын үр дүн

Дээрх тодорхойлсон галд тэсвэртэй хөөсөн керамик хавтан үйлдвэрлэх түүхийн эдийн оновчтой найрлага болон технологийн горимд баталгаажуулах туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн ба туршилтын горим, түүхий эдийн найрлагыг Хүснэгт 23-т харуулав.

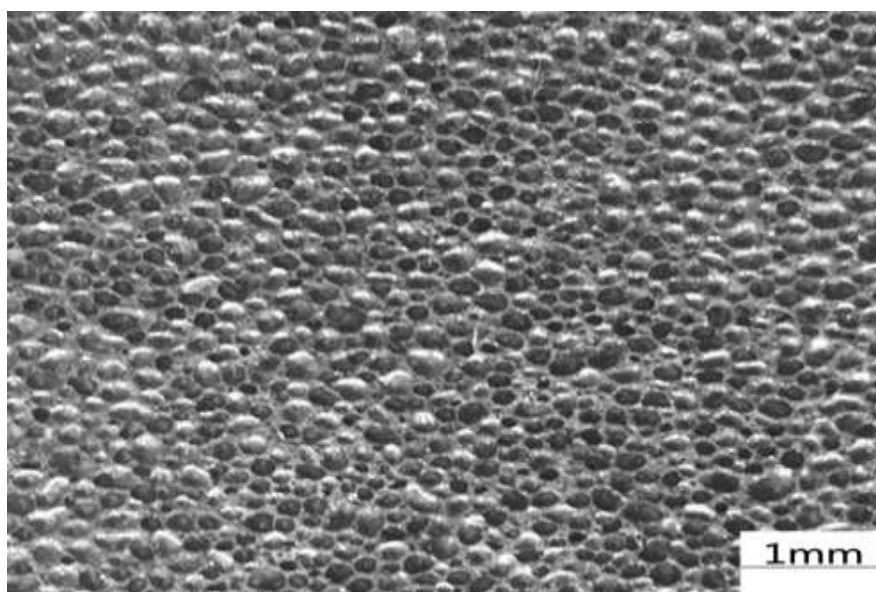
Хүснэгт 23: Баталгаажуулах туршилт гүйцэтгэсэн технологийн оновчтой горим

Түүхий эдийн харьцаа (%)	Нунтаглалтын хугацаа, мин	Хөөс үүсгэгчийн төрөл	Шатаах температур (°C)	Шатаах хугацаа (мин)
Хаягдал- 55, Альбит- 20, Каолин- 25 Хөөс үүсгэгч- 0.3%	15	SIC	1200	60

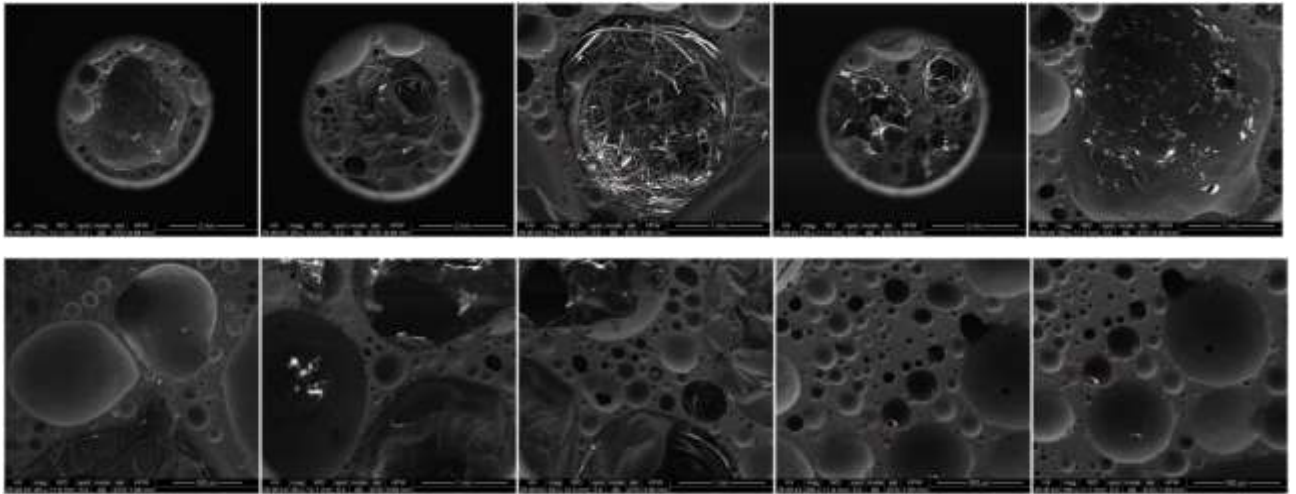
Хүснэгт 24: Баталгаажуулах туршилт гүйцэтгэсэн түүхий эдийн эрдсийн шинжилгээ

Tailings	Albite	Kaolin clay	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe	S	LOI
55	20	25	57.73	13.09	0.83	0.31	4.79	2.03	7.03	1.36	6.64

Туршилтын үр дүнд гарсан хөөсөн керамик хавтангийн асгасан нягт нь 605 кг/м³, даралт даах чадвар нь 5.3 МПа, ус шингээх зэрэг нь 1.4%, нүх, сүвний хэмжээ нь 72.7% гарсан ба эдгээр чанарын үзүүлэлтүүд нь бүгд "GB/T23451-2009 барилгын дотор хананы хөнгөн хавтан /light weight panels for partition wall used in buildings/" стандартын шаардлагыг хангаж байна. Оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд боловсруулсан хөөсөн керамик хавтангийн гаднах бүтэц болон электрон микроскопын дотоод бүтцийг Зураг 21, 22-т харуулав.



Зураг 21: Оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд боловсруулсан хөөсөн керамик хавтангийн гаднах бүтэц



Зураг 22: Оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд боловсруулсан хөөсөн керамик дотоод бүтэц

9. Дүгнэлт, санал

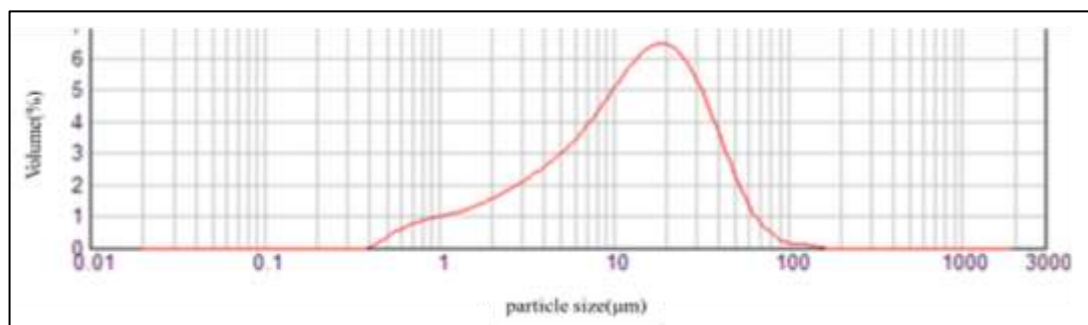
“Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлын аж ахуйн нарийвчилсан судалгаа болон флотацын хаягдлыг ашиглан галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал/ дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх түүхий эдээр ашиглах боломжийн судалгааг амжилттай гүйцэтгэж дараах дүгнэлт, саналыг гаргаж байна.

- “Эрдэнэт үйлдвэр” ТӨҮГ-ын хаягдлын аж ахуйн хаягдал хаях хоолой/ цэгийн орчим зэсийн агуулга болон ширхэглэлийн хэмжээ өндөр байна.
- Шинжилгээний дээжийн хаягдлын санг төлөөлөх чадварыг нэмэгдүүлэх зорилгоор хаягдлын аж ахуйд 11 цооногт 26-90 метрийн гүнд өрөмдлөг хийж, 10 метрийн интервалтай цуглуулсан чөмгөн дээжид лабораторийн туршилтуудыг гүйцэтгэсэн.
- Хаягдлын аж ахуйд хуримтлагдсан хаягдал буюу үүсмэл ордын шинж чанарыг нарийвчлан тодорхойлсон.
- Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх түүхий эдээр ашиглах боломжийн судалгааг амжилттай гүйцэтгэж оновчтой түүхий эдийн найрлага нь Хаягдал- 55%, Альбит- 20%, Каолин- 25%, Хөөс үүсгэгчийн тун 0.3% байхаар тодорхойлогдсон.
- Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик материал үйлдвэрлэх технологийн хамгийн оновчтой горимыг нунтаглалтын хугацаа 15 минут, шатаах температур 1200 С⁰, шатаах хугацаа 60 минут байхаар тогтоосон.

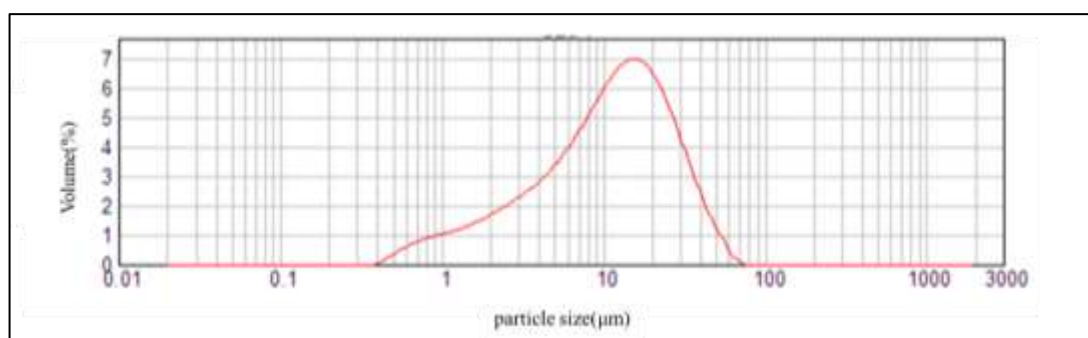
- Дээрх оновчтой түүхий эдийн найрлага болон технологийн горимд үйлдвэрлэсэн хөөсөн керамик хавтангийн чанарын үндсэн үзүүлэлтүүд болох асгасан нягт нь 605 кг/м^3 , даралт даах чадвар нь 5.3 МПа , ус шингээх зэрэг нь 1.4% , нүх, сүвний хэмжээ нь 72.7% гарсан ба эдгээр чанарын үзүүлэлтүүд нь бүгд БНХАУ-ын "GB/T23451-2009 барилгын дотор хананы хөнгөн хавтан /light weight panels for partition wall used in buildings/" стандартын шаардлагыг хангасан.
- Галд тэсвэртэй хөөсөн керамик дулаалгын хавтан үйлдвэрлэх үйлдвэр байгуулах, эдийн засгийн үр ашгийг нарийн тооцоход техник эдийн засгийн үндэслэлийг боловсруулах шаардлагатай.
- Хаягдал хаях хоолой/ цэгт хуримтлагдсан зэсийн өндөр агуулгатай хаягдлыг дахин баяжуулах процессын тусламжтай эдийн засгийн үр ашигтай ялган авах боломжийг нарийвчлан судлах шаардлагатай.

ХАВСРАЛТ 1: Нунтаглалтын хугацаа болон ширхэглэлийн хэмжээ

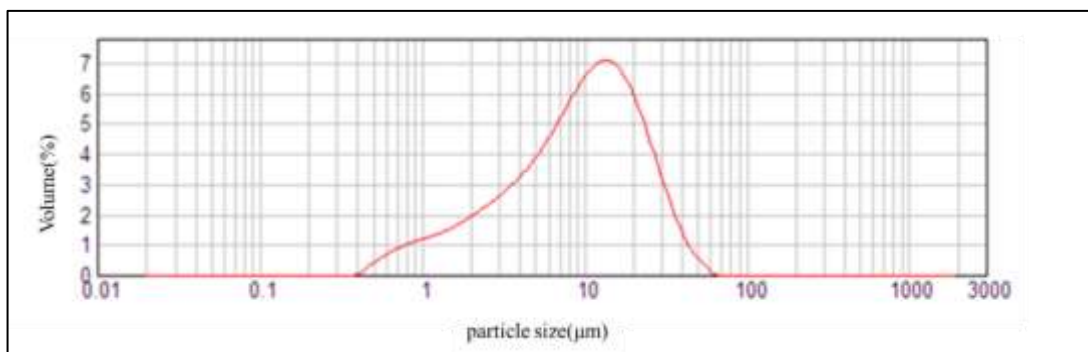
Нунтаглалтын хугацаа 10 минут үед:



Нунтаглалтын хугацаа 15 минут үед:



Нунтаглалтын хугацаа 20 минут үед:



Нунтаглалтын хугацаа 25 минут үед:

