

Улсын бүртгэлийн дугаар.....
Аравтын бүрэн ангиллын код.....

Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний
дугаар: ШуСс 2019/55

ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

“БАЙГАЛИЙН ЦЕОЛИТЫН ЭРДСИЙГ МОДИФИКАЦИД ОРУУЛАН АДСОРБЦЛОХ ЧАДВАРЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ СУДАЛГАА”

Суурь судалгааны төсөлт ажлын тайлан

2019-2022

Төслийн удирдагч: Г.САРАН тех.ух.доктор (Ph.D), дэд проф.
Санхүүжүүлэгч байгууллага: Шинжлэх ухаан технологийн сан
Захиалагч байгууллага: Боловсрол, шинжлэх ухааны яам
Тайлан өмчлөгч: Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль

Гүйцэтгэгчийн шуудангийн хаяг,
утас, э-мэйл:

Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
8-р хороо, Бага тойруу, Сүхбаатар дүүрэг
Улаанбаатар, Монгол улс 14191
Ш/х : 46/520
Утас: (976)-9912748, 94086681
Email: gsaran@must.edu.mn

УЛААНБААТАР ХОТ, 2023 ОН

Улсын бүртгэлийн
дугаар.....

Нууцын зэрэглэл: А

Аравтын бүрэн
ангиллын код.....

Төсөл хэрэгжүүлэх гэрээний
дугаар: ШуСс 2019/55

ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

“БАЙГАЛИЙН ЦЕОЛИТЫН ЭРДСИЙГ МОДИФИКАЦИД ОРУУЛАН АДСОРБЦЛОХ ЧАДВАРЫГ НЭМЭГДҮҮЛЭХ СУДАЛГАА”

Шинжлэх ухаан, технологийн төслийн эцсийн тайлан

2019-2022

I Боть (1)

Төслийн
хамтран
гүйцэтгэгч:

Шинжлэх ухаан технологийн сургууль,
Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль,
Материал судлалын төв

Төслийн
удирдагч:

Г.САРАН–доктор (Ph.D), дэд профессор, Шинжлэх
ухаан, технологийн их сургууль, Хэрэглээний
шинжлэх ухааны сургууль, “Материал судлалын
төв”-ийн захирал

Гарын үсэг,
огноо



Санхүүжүүлэгч
байгууллага:

ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН САН

Захиалагч
байгууллага:

БОЛОВСРОЛ, СОЁЛ, ШИНЖЛЭХ УХААН,
СПОРТЫН ЯАМ

Тайлан өмчлөгч:

ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

Гүйцэтгэгчийн
утас, э-мэйл:

99127048, 94086681
gsaran@must.edu.mn

УЛААНБААТАР ХОТ, 2023 ОН

ГАРЧИГ

РЕФЕРАТ	4
Түлхүүр үг:.....	4
ГҮЙЦЭТГЭГЧДИЙН НЭРИЙН ЖАГСААЛТ	5
ТОВЧИЛСОН ҮГИЙН ЖАГСААЛТ.....	6
ОРШИЛ.....	7
1.1Керамик мембраны тухай ерөнхий ойлголт	8
1.2Керамик мембраны түүхий эд	11
1.2.1Байгалийн түүхий эд	11
1.2.2Нийлэгжүүлэн гарган авсан түүхий эд	14
1.3Керамик мембраныг гарган авах арга	18
1.4 Цеолитын ангилал, бүтэц.....	24
1.5Монголын цеолитын болон каолинитын геологийн судалгаа	33
1.6.Монгол орны байгалийн цеолитын судлагдсан байдал	43
1.7Цеолитын шингээлтийн чанарыг сайжруулах аргууд	48
ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. КЕРАМИК МЕМБРАНЫ СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ	51
2.1Шаврын шинж чанарын судалгааны ажлын аргачлал	51
2.2.Эрдэс бүрэлдэхүүний судалгаа	54
2.2.Анхдагч каолинитыг баяжуулах аргачлал	56
2.3 Судалгааны ажлын объект	59
3.1Түүхий эдийн судалгаа	60

3.1.1	Каолинитын судалгаа	60
3.1.2	Байгалийн цеолитын судалгаа	62
3.1.3	Байгалийн цеолитын физик, механик туршилтын үр дүн	78
3.1.4	Байгалийн цеолитын технологийн судалгаа	81
3.2	Керамик мембран гарган авах судалгааны ажлын үр дүн	83
3.2.1	Керамик мембранд ашиглах цеолитын оновчтой ширхэглэлийг тодорхойлох судалгааны үр дүн	83
3.2.2	Керамик мембраны гарган авах технологи	84
3.3	Цеолитын идэвхжүүлэлтийн судалгаа	89
3.3.1	Механохимийн идэвхжүүлэлтийн судалгаа	90
3.3.2	Цеолитын химийн идэвхжүүлэлт	91
ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. КЕРАМИК МЕМБРАНЫ ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН 116		
4.1	Лабораторын туршилтын үр дүн	116
4.2	Арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усыг шүүсэн туршилтын үр дүн	117
	ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ	123
	ЗӨВЛӨМЖ	124
	АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ	128
	ХАВСРАЛТ	134

РЕФЕРАТ

“Байгалийн цеолитын эрдсийг модификацид оруулан адсорбцлох чадварыг нэмэгдүүлэх судалгаа” сэдэвт ШУТСангийн суурь судалгааны төслийг Шинжлэх ухаан технологийн их сургуулийн Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургуулийн “Материал судлалын төв” дээр 2019-2022 онд хэрэгжүүлсэн болно.

Сэдвийн хүрээнд Дорноговь аймгийн Өргөн сумын нутагт орших клиноптилолитын эрдэс цеолит болон Өмнөговь аймгийн Мандал-Овоо сумын нутагт орших анхдагч каолинитыг баяжуулан авч ашиглан цеолитон нэмэлттэй керамик мембран гарган авсан. Цеолитон нэмэлттэй мембраныг 800°C ба 1000°C-ийн температурт шатааж, морфологи, нүх сүвний хэмжээг тодорхойлсон. Мембраны нүх сүвний дундаж диаметр 0.218 мкм, эзэлхүүний цул нь 1.46 г/см³, сүвэрхэг чанар 41.52%, шахалтын бат бэх нь 35 МПа буюу керамик мембранд тавигддаг шаардлагыг хангаж байна гэж үзлээ. “Монгол шевро” ХХК-ны арьс ширний үйлдвэрийн бохир усыг шүүх туршилтыг гүйцэтгэсэн болно.

Байгалийн цеолитын шингээлтийг нэмэгдүүлэхийн тулд хүчлийн болон механик идэвхжүүлэлтийг хийж гүйцэтгэсэн. Цеолитын дээжинд механохимийн идэвхжүүлэлт хийхэд дээж бөмбөлгийн харьцааг 1:3-р авч 90 мин идэвхижүүлэхэд хувийн гадаргуу нь байгалийн цеолитынх 4348.6 см²/г байснаас 6669.84 см²/г болж өссөн байна. Цеолитын дээжинд химийн идэвхжүүлэлт хийхдээ 1, 2 болон 3 молийн концентрацитай хүхрийн болон давсны хүчил авч 60 мин идэвхижүүлэхэд мөн дээжний хувийн гадаргуу 6956.7 см²/г болж өссөн үзүүлэлттэй байна.

Сэдэвт ажлын хүрээнд олон улсын хурлын эмхэтгэлд бүрэн хэмжээний өгүүлэл 2, олон улсын хуралд 4 илтгэл, үндэсний хэмжээний хурлын эмхэтгэлд бүрэн хэмжээний өгүүлэл нэгийг хэвлүүлсэн. “Цеолитон нэмэлттэй керамик мембран гарган авах арга” зохиогчийн эрх мэдүүлсэн.

Суурь судалгааны ШуСс 2019/55 дугаартай сэдэвт ажлын тайлан нь 133 хуудас, 4 бүлэг, 42 хүснэгт, 88 зураг болон хавсралтаас бүрдэнэ.

Талархал

Суурь судалгааны ШуСс 2019/55 дугаартай төслийг санхүүжүүлсэн Шинжлэх ухаан технологийн сан, хамтран ажилласан БНСУ-ын “Материал судлалын хүрээлэн, ХБНГУ-ын Фрайбергийн уул уурхайн академийн “Керамик, галд тэсвэртэй материал ба композит материалын институт”-ын хамт олонд талархал илэрхийлье.

Түлхүүр үг: цеолит-каолин мембран, керамик мембран, каолинит

ГҮЙЦЭТГЭГЧДИЙН НЭРИЙН ЖАГСААЛТ

№	Овог, нэр	Байгууллага	Эрдмийн зэрэг цол	Гарын үсэг, огноо
1	Г.Саран	Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, химийн инженерчлэлийн салбарын дэд профессор, Материал судлалын төвийн захирал	Дэд профессор, доктор (Ph.D)	
2	А.Сарнай	Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, химийн инженерчлэлийн салбарын дэд профессор	Дэд профессор, доктор (Ph.D)	
3	А.Доржготов	Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, химийн инженерчлэлийн салбарын ахлах багш	Доктор (Ph.D)	
4	Р.Долгоржав	Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, химийн инженерчлэлийн салбарын багш	Магистр	
5	С.Баяржаргал	Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухааны сургууль, химийн инженерчлэлийн салбарын сургалтын мастер	Магистр	

ТОВЧИЛСОН ҮГИЙН ЖАГСААЛТ

AEC	Анион солилцолын багтаамж
BEA	Бета бүтэцтэй цеолит
CMC	натрийн карбоксиметилцеллюлоз
DTA	Дулааны задлан шинжилгээний арга
DTG	Дериватографийн арга
DSC/TG	Термогравиметр ба динамик дифференциал калориметрийн арга
HDTMA	Гекссадецилтриметиламмони
FAU	Фаужасит бүтэцтэй цеолит
LTA	Линдийн А төрлийн цеолит
MOR	Морденитын төрлийн цеолит
TG	Термогравиметрийн арга
PAC	Полиалюминий хлорид
SEM	Сканнердах электрон микроскоп (Scanning electron microscope)

ОРШИЛ

Монгол улсад байгаль орчны асуудлууд нь их өргөн цар хүрээг хамардаг. Үүнд агаар, хөрс ба усны бохирдол, нийслэл хотод хүн амын хэт төвлөрөл бий болсон, эрчим хүчний хомсдол, усны нөөцийн хомсдол зэрэг орж байгаа бөгөөд эдгээр нь нийслэл Улаанбаатар хотын байгаль орчны асуудлуудын зөвхөн нэгээхэн хэсэг нь билээ. Улаанбаатар хотод арьс ширний 22, ноос угаах 27 гаруй үйлдвэр, барилгын материалын үйлдвэрүүдийн 70% үйл ажиллагаагаа явуулдаг. Арьс ширний үйлдвэрүүдийн бохир усыг Харгиа цэвэрлэх байгууламжид цэвэрлэдэг боловч сүүлийн жилүүдэд ачааллаа дийлэхгүй бохир усаа цэвэрлэдэггүй харин төв цэвэрлэх байгууламж руу илгээдэг. Эдгээр үйлдвэрүүд нь өдөрт 8944.6 м³ бохир ус гаргадаг. Улаанбаатар хот өдөрт 150000 м³ ус хэрэглэдэг. Харин төв цэвэрлэх байгууламжийн хүчин чадал хэтэрсэн тул сайн цэвэршүүлэгүй усыг Туул гол руу цутгаж байна.

Өнөө үед керамик мембраны технологи нь олон оронд ахуйн болон аж үйлдвэрийн бохир усыг цэвэрлэх сонгодог аргын шилдэг альтернатив хэлбэр болоод байна. Бодисыг салгах уламжлалт аргууд болох нэрэх, хандлах эсвэл шингээх зэргийн зэрэгцээ керамик мембран технологи нь зарчмын хувьд бүх шингэн фазыг салгах ялангуяа ус цэвэршүүлэхэд шинэ технологи болон өргөн хэрэглэгдэж байна. Керамик мембраны давуу талууд нь бат бэх өндөртэй, ашиглалтын хугацаа урттай, элэгдэлт тэсвэртэй боловч цэвэршүүлэн гарган авсан цэвэр оксидны түүхий эд ашигладаг учраас үнэ өртөг өндөртэй нь ашиглалтыг хязгаарладаг дутагдалтай талтай байна.

Бид өөрсдийн төслийн ажлын хүрээнд Монгол орны түүхий эдийн шинж чанарыг сайжруулан ашиглаж ус шүүх керамик мембраныг гарган авахыг зорилоо.

Дээрх зорилгод хүрэхийн тулд дараах зорилтуудыг тавьж ажиллаа. Үүнд:

- Байгалийн түүхий эд ашиглан керамик мембран гарган авахад шаардлагатай түүхий эдийн судалгааг гүйцэтгэх;
- Түүхий эдийн шинж чанарыг төрөл бүрийн идэвхжүүлэлтэнд оруулах байдлаар сайжруулах;
- Керамик мембран гарган авах;
- Керамик мембраны шинж чанарыг тодорхойлох;
- Лабораторийн нөхцөлд болон хагас үйлдвэрлэлийн нөхцөлд ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг тодорхойлох;

Энэхүү суурь судалгааны ажлын шинэлэг тал нь Монгол орны түүхий эдийг ашиглан керамик мембран гарган авсанд оршино.

НЭГДҮГЭЭР БҮЛЭГ. СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ТОЙМ

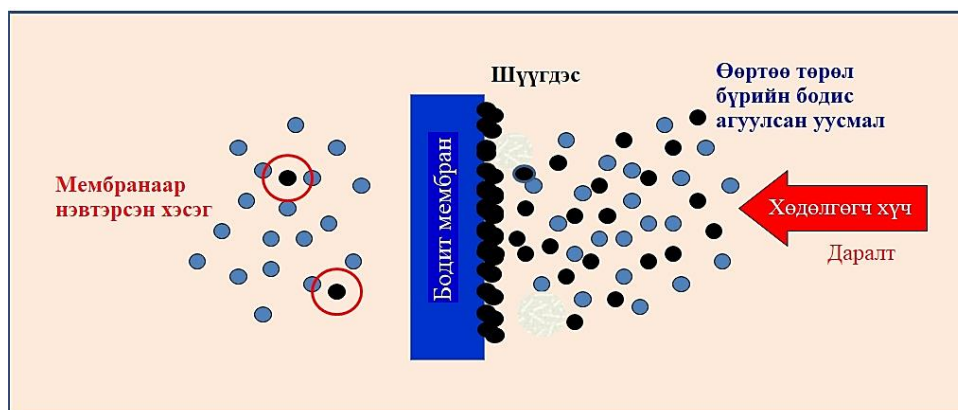
1.1 Керамик мембраны тухай ерөнхий ойлголт

Керамик мембран шүүлтүүр гэдэг нь өндөр температурт хөнгөнцагааны титан эсвэл циркон бусад нийлмэл материалаас гарган авсан хамгийн сайн сүвэрхэг керамик шүүлтүүр юм. Мембраны технологи нь бохир ус цэвэрлэгээнд хамгийн өргөн ашиглагдаж байгаа аргуудын нэг бөгөөд мембран нь керамик болон полимер гэсэн 2 ангилалтай байна. Полимер мембран нь хэрэглээнд хамгийн ихээр нэвтэрсэн боловч бат бөх чанар муу байх учир насжилт богино, керамик мембран нь бат бөх өндөртэй тул ашиглалтын хугацаа урттай байна.

Аль ч төрлийн мембраны үндсэн үзүүлэлт нь түүнийг хийсэн материал, ажлын даралт, температур, ус нэвтрэх хурд, шүүх нүхний диаметр зэргээс хамаарч байдаг. Эдгээр хүчин зүйлээс хамаарч усны цэвэршилтийн зэрэг, хоногт цэвэршүүлэх усны хэмжээ янз бүр байна. Сүүлийн арваад жилүүдэд олон оронд байгалийн түүхий эдээс керамик мембран шүүлтүүр бэлтгэн бохир ус цэвэршүүлэхэд маш өргөнөөр ашиглах болсон. Тийм ч учраас керамик мембран шүүлтүүр нь үйлдвэрлэлд эрчимтэй нэвтэрч байна. Иймээс керамик мембран шүүлтүүрийн хэрэглээ жил ирэх тусам ихсэж илүү дэвшин хөгжих чиг хандлагатай байна.

Мембран нь нарийн нүх сүв бүхий бүтэцтэй нимгэн шүүгч материал бөгөөд уусмал, хийнээс тодорхой ширхэглэлтэй мөхлөг шаардлагатай тохиолдолд молекулыг ялгаж, салган авах зориулалттай шүүгч юм.

Уг технологи нь уусмалаас тодорхой хэсгүүдийг салгах зориулалттай мембран ханыг ашигладаг онцлогтой юм. Үүний тулд тодорхой нүх сүв бүхий нийлэг болон керамик материалыг ашигладаг. (1-р зургийг үзнэ үү)



1-р зураг. Керамик мембраны ажиллах зарчим

Мембраныг нүх сүвийн хэмжээгээр нь микро-, ультра-, нано- болон эргэх осмосын гэж ангилдаг бөгөөд саарал усыг бүрэн цэвэршүүлэн ундны усны стандартыг хангах хэмжээнд ажиллах боломжтой юм.

Шүүлтүүрийн материалаар ихэнхдээ полимер мембраныг өргөнөөр хэрэглэдэг бөгөөд энэ нь түүний үнэ өртөгтэй холбоотой юм. Нийлэг материалаар хийсэн мембран нь хямд үнэтэй боловч ашиглалтын хугацаа болон бат бөх чанар багатай.

Харин сүүлийн жилүүдэд өртөг өндөртэй ч керамик мембраны хэрэглээ өсөн нэмэгдэж байгаа нь дараах давуу талуудтай холбоотой юм. Үүнд:

- Өндөр температурт тэсвэртэй,
- хүчил ба шүлтийн химийн эсэргүүцэл сайтай,
- уусгагчийн эсэргүүцэл өндөр,
- механик эсэргүүцэл өндөртэй буюу үрэлтэнд тэсвэртэй,
- ашиглалтын хугацаа харьцангуй урттай,
- Аж үйлдвэрийн байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг бууруулдаг зэрэг багтана.

Ус цэвэршүүлэхэд полимер мембрантай харьцуулахад илүү урт хугацаанд өндөр нэвтрүүлэх чадвартайн зэрэгцээ шүүлтийн зэргээ удаан хадгалдаг байна.

Керамик мембраныг өргөн хэрэглэхгүй байгаа гол шалтгааны нэг нь өндөр өртөгтэйд байгаа бөгөөд хямд төсөр керамик мембран гарган авах судалгааны ажлууд олон улсын түвшинд олноор хийгдэж байна.

Керамик мембран нь бохир усыг тасралтгүй урсгалтайгаар шүүх зарчим дээр үндэслэнэ. Ус нь тодорхой хурдтайгаар нэг ба олон хоолойт мембраны үе давхаргууд руу нэвчин шүүгддэг. Керамик мембраны идэвхтэй үе нь ассиметр (тэгш хэмтэй) бүтэцтэй байна. Макро сүвэрхэг үе нь механик хольцыг салгадаг бол идэвхтэй үе нь микрошүүлтүүр, ультрашүүлтүүр, наношүүлтүүрын хязгаарт ($10-0.1$, $<0.001 \mu\text{м}$) шүүн салган цэвэршүүлдэг [1].

Ф.Т. Оцоёе, А.П. Ацодо нар нь керамик мембран нь химийн үйлчлэл болон өндөр температурт тэсвэртэй, энэ нь мембранаар ус цэвэршүүлэх нь чухал ач холбогдолтой байдаг талаар дурьдсан байна. Энэхүү ажилд 4-н өөр ялгаатай найрлагаар (А-шавар 80%, каолин 0 %, үртэс 10%, модны нүүрс 10%, Б- шавар 60%, каолин 20 %, үртэс 10%, модны нүүрс 10%, В- шавар 20%, каолин 60 %, үртэс 10%, модны нүүрс 10% , Г- шавар 0%, каолин 80 %, үртэс 10%, модны нүүрс 10%) түүхий эд ба нэмэлтийг авч керамик мембран бэлтгэсэн байна [2].

Набила Меджемем, Абдельхамид Хараби нарын судлаачид дээд үеийг цирконоор, дунд үеийг анортитаар доод үеийг байгалын түүхий эдээр гэсэн 3-н үе бүхий диск болон хоолой хэлбэрийн керамик мембран бэлтгэн 1100-1150°C-д дулааны боловсруулалтанд оруулж керамик мембран гарган авсан байна. Доод үеийг каолин 66%, кальцийн карбонат 28%, метил целлюлоз 3%, метоцел (цардуулаас үүссэн) гэсэн найрлагатай диск болон хоолой хэлбэрийн эдлэлийг пресс ашиглан бэлтгэсэн байна. Дараа нь 24 цаг өрөөний температурт хатааж, 1200°C-1250°C-ийн температурт шатаасан байна. Дунд үеийг бэлтгэхдээ анортитыг бутлаж нунтаглаад 50 μm шигшүүрээр нэвтрүүлж лабораторид бэлтгэсэн бөгөөд цутгах аргыг ашигласан [3].

Хоолой хэлбэрийн керамик мембраныг ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ба TiO_2) усны чанарыг сайжруулах, органик нэгдлүүдийг зайлуулах (будаг ба нийт органик нүүрстөрөгчид) зорилгоор озонтой хослуулан ашиглах боломжтойг судалсан байна. Тус ажилд цэвэр $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (жижиг хэсгийн хэмжээ 0.58 μm) ашиглан керамик мембран бэлтгэн, түүн дээр TiO_2 үеийг соль-гелийн аргаар суулгаж керамик мембран бэлтгэсэн байна. Бэлтгэсэн 2-р төрлийн керамик мембранаар 2 цагийн турш бохир усыг шүүхэд дан $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ болон TiO_2 -оор хучилт хийсэн мембрануудын шүүлтийн хурд анхны ус нэвтрүүлэх хурдын 45% ба 60% -тай тэнцүү болтол буурч байсан бол озонтой хослуулахад 70%-тай тэнцүү болтол буурч байсан байна. Озоны задралаас үүссэн гидроксил (OH) бүлэг болон бусад радикалууд нь мембраны гадаргууд сууж улмаар органик нэгдэлүүдийг задлах үйлчилгээтэй талаар дурьдсан байна [4].

Керамик мембран шүүлтүүрийг төрөл бүрийн салбарт хэрэглэж байна.

Үүнд:

- Ус цэвэрлэгээнд: Ус цэвэршүүлэх, орон нутгийг цэвэр усаар хангах, зөөврийн усаар хангах, ультра цэвэр усны технологи, айл өрхийн хэрэглээний усыг цэвэршүүлэх гэх мэт ус цэвэрлэгээнд хэрэглэж байна.
- Бохир ус цэвэршүүлэхэд: Томоохон хотуудын бохир ус цэвэршүүлэх технологид, үйлдвэрлэлийн бохир усыг дахин боловсруулах технологид, нефть ба газрын тосоор бохирдсон усны тосыг салгах, цэвэршүүлэх технологи, өндөр температурт усыг цэвэршүүлэх гэх мэт цэвэрлэгээнд хэрэглэж байна.
- Хий цэвэршүүлэлх: Өндөр температурт тоосноос салгах, агаараас хүчилтөрөгч болон азотыг ялгах.

- Биологи, эм: Антибиотик гарган авах технологи, витамин гарган авах технологи, аминок хүчил гарган авах технологи, органик хүчил гарган авах технологи, ургамлын гаралтай эмчилгээний технологи, гемодиализийн мембран технологи.
- Хоол, ундаа: Глюкоз боловсруулах технологи, спиртийн үйлдвэрлэлд, цай ба ундааны цэвэршүүлэх технологид, цайны гүн боловсруулалтанд, шар буурцгийн гүн боловсруулахад, сүүн бүтээгдэхүүнийг цэвэршүүлэхэд, цуу болон дарсны ариутгал.
- Химийн үйлдвэрлэлд: давстай, шүлтлэг уусмалыг цэвэршүүлэх, металлургын үйлдвэрлэлийн технологид, нефть химийн процесст катализаторыг бэлтгэхэд, дизель түлшийг цэвэршүүлэх, радио идэвхит материалыг цэвэршүүлэхэд, уусгагч системийн салгах технологи зэрэг орно.

1.2 Керамик мембраны түүхий эд

Микросүвэрхэг бүтэцтэй керамик нь бодисыг ялгахад ашигладаг хамгийн эртний материалуудын нэг юм. Үйлдвэрлэлийн арга нь маш энгийн. Нарийн ширхэглэлтэй силикат, шавар (байгалийн гаралтай) эсвэл цэвэр оксидны нунтгийг (нийлэгжүүлэн гарган авсан) шахан ялтас, хоолой эсвэл лаа хэлбэртэй хэвлэж шатаан гарган авдаг. Иймээс нүх сүвийн тархалт нь өргөн хязгаарт хэлбэлзэх бүдүүн сүвэрхэг бүтцийг бий болгодог байна.

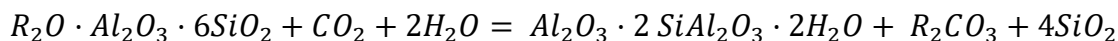
1.2.1 Байгалийн түүхий эд

Керамик мембраны байгалийн түүхий эдэд төрөл бүрийн шаврын эрдэс ордог.

Устай хольж зуурахад уян налархай чанартай зуурмаг үүсгэн, гадны хүч үйлчлэхэд эвдрэлд оролгүй хэлбэр дүрсээ өөрчлөх авч уг хүчний үйлчлэлийг зогсооход олж авсан хэлбэр дүрсээ алдалгүй хадгалж байх чадвартай уян налархай чанартай услаг алюмосиликатан тунамал чулуулгийг шавар гэнэ. Шаварлаг чулуулаг тодорхой чийглэг агуулж байх үедээ уян налархай шинж чанартай байна.

Шавар нь уулын чулуулаг тухайлбал хээрийн жонш (боржин, поффир, гялтгануур, галт уулын магмын гаралтай чулуулаг)-ны өгөршлийн үр дүнд үүсдэг. Энэ нь маш их удаан хугацааны байгалийн хүчний үйлчлэлээр аажмаар

өгөршилд орон задарч үүсдэг. Үүний нэг хялбаршуулсан хэлбэр хээрийн жоншоос каолинит хэрхэн өгөршлөөр задран үүсэж буй урвалыг дор үзүүлэв.



хээрийн жонш

каолинит

Шаврын эрдсүүд нь маш нарийн ширхэглэлтэй улаг алюмосиликатын нэгдэл буюу 5 мкн-оос бага дисперсжсэн хэсгээс тогтохын дээр усаар зуурахад хэвлэгдэх чадвартай зуурмаг үүсгэдэгээрээ хольц байдалтай орсон бусад эрдсээсээ ялгарна.

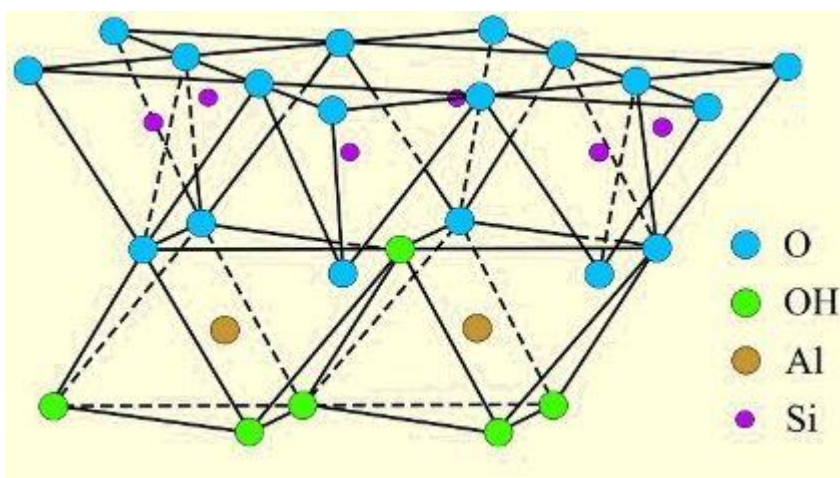
Шавар нь үелсэн тогтоцтой. Бүтэц найрлагаараа бие биенээсээ ялгардаг каолинит, галлуазит, монтмориллонит, гидрослюд, хлорит гэх мэт олон эрдсүүд байдаг.

Ерөнхийдөө шаварлаг эрдсүүд бүтэц, шинж чанараараа ойр төсөөтэй байхын дээр гарал үүсэл тогтоцоосоо бас зарим бүтэц найрлага, шинж чанараараа бие биенээсээ онцгой ялгарах тохиолдолд ч бас байдаг.

Ихэнх шаврын эрдсийн талстын байгууламж нь хоёр нэгж (үе)-ээс бүрдэнэ. Шаврын эрдсийн талст нь (SiO_4) –ийн тетраэдр, (AlO_6) –ийн октоэдрээр багцлагдсан үе буюу хуудасархаг хучилттай тогтоцтой байдаг. (2-р зураг үзнэ үү)

Хүчилтөрөгчийн атомуудын хоорондох (ердийн) зай нь $2,6 \text{ \AA}$ (ангстрем), харин гидроксилын хоорондын зай нь ихэвчлэн 3 \AA байдаг. Харин октаэдрийн координац дахь атомд ногдох орон зай нь $0,61 \text{ \AA}$ орчим байна.

Бүтцийн эхний нэгж октаэдрийн үенд хүчилтөрөгч (гидроксил)-ийн 6 ион нь *Al, Mg* болон ховор тохиолдолд *Fe*-с ижил зайнд байрлан нягт багц үүсгэдэг онцлогтой байна.



2-р зураг. Шаврын эрдсийн талст байгууламж

Каолинитын бүтцийн байгууламж нь тетраэдрин нэг, октоэдрин нэг хуудас 2 үеэс тогтох бөгөөд цахиур-хүчилтөрөгчийн тетраэдрин оройнууд октоэдрин хуудасны нэг давхаргатай нэг ерөнхий давхарга үүсгэн нийлж хоёр хуудас нэгэн цул багц болон нэгдэнэ.

Шаварлаг чулуулагын ширхэглэлийн найрлаганд керамик эдлэлийн үйлдвэрлэлд онцгой чухал ач холбогдол орсон байдаг. Түүний найрлаганд байгаа эрдсүүдийг геометрийн хэмжээс зарим шинж чанар тухайлбал хайлмагжих температурт усанд зуурагдах чанар, агаарын суулт, холбох чадвар болон бусад зарим чухал шинж чанар нь хамааралтай байдаг. Шавар дахь янз бүрийн хэмжээний ширхэгтэй хэсгийн агуулалтыг процентоор илэрхийлсэн үзүүлэлтийг ширхэглэлийн найрлага гэнэ.

Шаварлаг чулуулгийн ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнийг нарийн ба бориг керамик эдлэлийн үйлдвэрлэлд хоёр өөр хэмжигдэхүүнээр үнэлэн ангилдаг байна.

Нарийн керамик эдлэлийн үйлдвэрлэлд хэрэглэх шаврын ширхэглэлийн бүрэлдүүнийг 1000-250, 250-50, 50-10, 10-5, 5-1 микрон ба 1 микроноос жижиг хэмжээтэй ширхэгүүд гэж зургаан хэсэг болгон ангилан тодорхойлж, 1 микроноос жижиг ширхэгтэй хэсгийг шаварлаг эрдэсүүд гэж үзнэ.

Шаврыг нарийн ширхэгтэй бүрэлдэхүүний хэсгээр нь хийсэн ангилалтыг 1-р хүснэгтээр үзүүлэв.

1-р хүснэгт. *Нарийн ширхэглэлтэй бүрэлдэхүүний хэмжээгээр нь шаварлаг чулуулагт хийсэн ангилалт*

Шаврын бүлгийн нэр	10 микроноос жижиг ширхэгтэй хэсгийн агуулалт, % -иар	1 микроноос жижиг ширхэгтэй хэсгийн агуулалт, % -иар
Нарийн ширхэгтэй	85-аас дээш	60-аас дээш
Нарийвтар ширхэгтэй	60-85	40-60
Бүдүүвтэр ширхэгтэй	30-60	15-40
Бүдүүн ширхэгтэй	30-аас бага	15-аас бага

Шаварлаг чулуулгийн зарим гол шинж чанар нь түүнд агуулагдах ширхэглэлийн бүрэлдэхүүний тоо хэмжээ болон ялангуяа 1 мкн-оос бага хэсгийн агууламжаас ихээхэн хамааралтай байдаг байна. Нарийн ширхэглэлтэй хэсгийн агуулалтан дор байхад шавар –ус гэсэн системд түүнийг холбох чадварыг сайжруулан суултыг нэмэгдүүлэн шатаах температурыг бууруулдаг.

Шаврын химийн найрлаганд байдаг үндсэн гол оксидууд нь SiO_2 ; Al_2O_3 ; CaO ; MgO ; Fe_2O_3 ; TiO_2 ; K_2O ; Na_2O зэрэг болно. Кремнезем нь (SiO_2) чөлөөт болон ба шаврыг үүсгэгч эрдэсүүдийн бүтэцэд орсон холбоотой байдлаар шаварт агуулагдана. Чөлөөт цахиурын оксид элс ба тоос байдалд байна. Гол төлөв керамзит, аглопорит үйлдвэрлэхэд хэрэглэх шаварт чөлөөт цахиурын оксидын агуулалтыг тодорхойлох шаардлага гарна. Цахиурын оксидын шаварт заримдаа 80-85% хүрдэг.

Хөнгөнцагааны оксид (Al_2O_3) шаварлаг эрдэс ба хээрийн жоншинд хольц байдлаар гялтгануурын эрдсийн бүтэцэд орсон байдлаар шаварт агуулагдана. Хөнгөнцагааны агуулалтын хэмжээ нэмэгдэхэд шаврын галын тэсвэрлэлт өндөржинө.

Кальци (CaO), магнийн оксид (MgO)-үүд ихэвчлэн шохойн чулуу доломит байдлаар шаварт агуулагдах боловч бас зарим нэг шаварлаг эрдсийн дотоод бүтэцэд Al_2O_3 -ыг бага хэмжээгээр сольж орсон байдаг.

Төмрийн оксид (Fe_2O_3) нь гол төлөв шаврын хольц материалуудад агуулагдах бөгөөд шаврыг шатаахад улаан өнгөтэй болгоно. Эдлэлийг идэвхижүүлэх (ангижруулах хийн) орчинд шатаахад төмрийн оксид нь шаврын хайлмагжих температурыг мэдэгдэхүйц бууруулна.

Титаны давхар оксид (TiO_2) шаварт 1.5 %-иас хэтрэхгүй хэмжээгээр хольц материалын байдлаар агуулагдана. Титаны давхар оксид нь шатаахад ногоовтор өнгө өгнө.

Шүлтлэг оксидууд (K_2O ; Na_2O) зарим нэг шаврын эрдсийн дотоод бүтэцэд орсон байх боловч гол төлөв хольц материал хээрийн жонш, уусамтгай давс байдалтайгаар шаварлаг чулуулагт агуулагдана. Тэдгээр оксид шаварт 5-6 % хүртэл агуулагдах бөгөөд Fe_2O_3 , TiO_2 -ийн будах чадварыг бууруулах нөлөө үзүүлэхийн хамт шаврын хайлмагжих температурыг бууруулдаг байна.

Байгалийн шаврын эрдсийн дотроос каолин нь талст бүтэц, эрдэс ба химийн найрлага, минералогийн шинж чанараараа сүвэрхэг керамик мембраны түүхий эдэд илүү тохиромжтой гэж үздэг байна [5].

1.2.2 Нийлэгжүүлэн гарган авсан түүхий эд

Хөнгөнцагааны оксид Al_2O_3 , цирконы давхар оксид ZrO_2 , графит, цахиурын карбид SiC , титаны давхар оксид, нийлэг цеолит зэрэг нь керамик мембраны нийлэгжүүлэн гарган авсан түүхий эдэд багтдаг.

Хөнгөнцагааны оксидон керамик материалыг байгаль дээрх түүний эрдсээр нэрлэн корундан керамик гэнэ. Гадаад орнуудад Al_2O_3 -ын үндсээс гарган авсан материалыг алунд, корунд, зинтеркорунд, корундиз, микролит гэх мэтээр янз бүрээр нэрлэсэн байдаг. Корундан керамик материал цэвэр α - Al_2O_3 – оос тогтоно. Корундан керамик материалд түүний талст нь 95% - оос багагүй орсон байна.

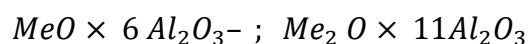
Корундыг гарган авахад түүхий эдийн үндсэн материал болгон байгалийн анхдагч түүхий эдийг ашигладаггүй. Харин байгалийн түүхий эдээс гарган авсан хоёр дахь түүхий эд усгүй Al_2O_3 , болон үйлдвэрлэлийн аргаар гарган авсан техникийн глинозем болон цахилгаан хайлуулалтын цагаан корундыг ашигладаг.

Усгүй хөнгөн цагааны оксид талсжисан хэд хэдэн дүрс хувирал (α, β, γ)-тай байдаг. Дээрх модификациудаас α, γ дүрс хувирал нь цэвэр Al_2O_3 байдаг. Байгаль дээр зөвхөн корунд, сапфира, рубин нь α модификаци дүрс хувиралын байдлаар оршино. Хольцоос хамааран корундын нягт $3.98 - 4.01$ г/см³, хайлах температур нь $2050^\circ C$, буцлах температур $2707 \pm 6^\circ C$ байна. .

Хоёр дахь талсжисан фаз нь $\gamma-Al_2O_3$ байдаг. Энэ нь байгаль дээр байдаггүй. Бемит ($Al_2O_3 \cdot H_2O$), гидроаргиллит ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$)-ыг дулааны боловсруулалтанд оруулахад $\gamma-Al_2O_3$ үүснэ. Өндөр температурын дулааны боловсруулалтын дүнд $\gamma-Al_2O_3$ нь $\alpha - Al_2O_3$ -т эргэлтгүйгээр шилжинэ. $\gamma-Al_2O_3$ нь $1100-1200^\circ C$ –ийн температураас $\alpha - Al_2O_3$ -д шилжиж эхлэх ба $1450^\circ C$ –ийн температурт бүрэн явагдаж гүйцнэ.

Глиноземийн γ дүрс хувирал нь α хэлбэрт шилжин шпинель маягийн куб сингониор талсжихад эзэлхүүний 14.3% -ын агшилт болдог.

Глиноземийн 3 дахь дүрс хувирал нь $\beta - Al_2O_3$ –болно. Энэ нь цэвэр байж чаддаггүй бөгөөд Al_2O_3 –ын агууламж өндөртэй ч гэсэн хольцтой байдаг. Энэ дүрс хувиралын химийн найрлага нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэж болно. Үүнд:



Энд MeO нь CaO, BaO, SrO болон Me_2O нь Na_2O ; K_2O ; Li_2O болон бусад 1 болон 2 валенттай металлын оксид байж болно. 1 ба 2 валенттай шүлтийн болон газрын шүлтэт металлын оксидын агуулалт нь 8-10% хүртэл байдаг. $\beta - Al_2O_3$ —ыг $1600-1700^\circ C$ хүртэл шатааж дулааны боловсруулалтанд оруулахад задран $\alpha - Al_2O_3$ – гэсэн модификаци дүрс хувиралд шилжин бусад хольц байдлаар орсон оксид нь хийн төлөвт шилжинэ. Ерөнхийдээ $\beta - Al_2O_3$ модификаци нь

корундан материалд байхад түүний механик шинж чанарыг бууруулах ба ялангуяа цахилгаан физикийн шинж чанарт сөрөг нөлөөлөл үзүүлдэг байна.

Глиноземийн талсжсан 3 модификацийн талсжилтын төлөв ба зарим шинж чанарыг 2-р хүснэгтээр үзүүлэв.

2-р хүснэгт. Талсжсан Al_2O_3 –ын шинж чанар

Al_2O_3 -ын хэлбэр	Талсжилтын төлөв	Оптикийн шинж чанар		Нягт, г/см ³
		No	Ne	
αAl_2O_3	Тригональ	1.765	1.757	3.99
βAl_2O_3	Гексогналь	1.66-1.68	1.63-1.65	2.31
γAl_2O_3	Куб	1.73	-	3.65*

(*-сайн талсжсан γAl_2O_3 -ын нягт 3.47-3.5 г/см³ байдаг.)

Корунд болон бусад глиноземийн өндөр агууламжтай материалын үндсэн түүхий эд нь техникийн глинозем байдаг бөгөөд тэр нь α ; β ; γ гэсэн гурван модификаци холилдон тогтсон байдаг.

Тэгвэл глиноземыг гарган авах үндсэн түүхий эд нь хөнгөнцагааны услаг нэгдэл болох практик ач холбогдол өндөртэй боксит байдаг бөгөөд тэрээр 3-н төрлийн услаг нэгдлээс тогтох ба түүнд гидроаргиллит ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), бемит ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) зонхилон агуулагдана.

Техникийн глиноземийг гарган авах Байерын арга нь хөнгөнцагааны нэгдлийг идэмхий шүлтээр задлан алюминат натрийг үүсгэхэд үндэслэгдсэн байна. Алюминат натри нь уусмалын төлөвт шилжихэд бокситын найрлаганд байсан SiO_2, Fe_2O_3 болон бусад хольц уусалгүй үлдэнэ. Алюминатыг уусмал байдлаар бусад хольцоос нь цэвэрлээд зарим нэг боловсруулалт хийсний дараа цэвэр гидроксид хөнгөнцагааныг ялган авна.

Гидроксидыг эргэх зууханд 1150-1200°C –ийн температурт шатааж нэг төрлийн нунтаг цагаан бодис техникийн глиноземийг гарган авна.

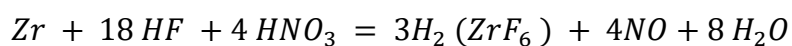
Техникийн глиноземийн мөхлөг нь өвөрмөц бүтэцтэй байна. Цул бус сүвэрхэг өвөрмөц бөөгнөрөл бүхий 0.1 мкн-оос бага $\alpha, \gamma Al_2O_3$ –ын бөмбөлөгөн талст үүсдэг байна. Тийм сүвэрхэг (бодит сүвэрхэгжилт 50%) бүтэцтэй бөөгнөрөл нь дараагийн шатны технологийн дамжлага болох нунтаглалт, хайлмагжилтанд тодорхой нөлөөллийг үзүүлдэг байна. 40-70 мкн-ы хэмжээтэй бөөгнөрөл давамгайлсан техникийн глинозем нь 100-120 мкн хүртэлх болон хэдэн мкн-ы хэмжээтэй мөхлөгийн агууламжтай байна.

Техникийн глиноземийг гаргаж авах процессын үед өндөр температурт αAl_2O_3 –ын модификацид шилжүүлэх нэмэлт шатаалт явуулдаг. Энэ тохиолдолд

ширхэглэлийн найрлаганд онц их өөрчлөлт гардаггүй. Харин αAl_2O_3 –д шилжих үеийн суулт болон бага зэргийн хайлмагжилтаас болон жижиг ширхэглэлтэй хэсэг нь өсөх хандлагатай байдаг. Техникийн глиноземын шатаалтын эрчмээс бүтээгдэхүүний асгаасын эзэлхүүний масс хамаарна. Жишээ нь шатаагаагүй глиноземийн асгаасын эзэлхүүний масс ойролцоогоор 0.85 г/см^3 байдаг. 1500°C –ийн температурт нэмэлт шатаалтанд оруулахад $1.1-1.2 \text{ г/см}^3$ -ын эзэлхүүний масстай байсан бол, 1750°C -д шатаахад $1.5-1.6 \text{ г/см}^3$ болон өссөн байх жишээтэй байдаг.

Цирконыг анх 1789 онд нээсэн, байгаль дээр циркон ($Zr SiO_4$), бадделит (ZrO_2) –ын хэлбэрээр ихэвчлэн бусад эрдсүүдтэй холилдон тогтсон байдаг.

Цэвэр металл (Zr) нь янз бүрийн химийн үйлчлэлд тэсвэртэй. Нунтаг төлөвтэй байхдаа металл циркон зөвхөн хайлуурын хүчилтэй амархан үйлчлэлд орно. Хамгийн сайн уусгагчийн үүргийг хайлуурын ба азотын хүчил гүйцэтгэдэг ба харилцан үйлчлэл нь дараах төлөвөөр явагдана.



Өндөр температурын үйлчлэлд Zr химийн идэвх сайнтай болдог. Энэ нөхцөлд галогенүүд, хүчилтөрөгч хүхэр төдийгүй, нүүрстөрөгч (C) болон азот (N) –той циркон эрчимтэй урвалд орно.

Цирконы цэвэр оксид 1000°C –ийн температураас эхлэн полиморф хувиралд орж эхэлснээр талстын торонд нь өөрчлөлт орсноор ан цав үүсэж эхлэх нь ажиглагдана.

Цирконы давхар оксидыг гарган авахад байгалийн гаралтай циркон агуулсан эрдсүүд тухайлбал 91–97%-ийн ZrO_2 –ын агууламжтай бадделит, цирконат силикат буюу циркон ($ZrO_2 \cdot SiO_2$ (ZrO_2 – 67.03%; SiO_2 – 32.97%)) болон ZrO_2 – ын агуулалт багатай эрдэс, хүдрийг ашиглана.

Циркон ($Zr SiO_4$) –ын байгаль дээрх чулуулагт ихэвчлэн хольц хэлбэрээр Fe_2O_3 0.35%, CaO 0.05-4% хүртэл заримдаа бага зэрэг Al_2O_3 орсон байдаг. Ихэвчлэн өнгөгүй тунгалаг боловч шар, ягаан, улаан заримдаа ногоон өнгөтэй байдаг. Хатуулаг нь Моосын шатлалаар 7-8, алмазан гялгатай, дошгин чанартай, $4.68-4.70 \text{ г/см}^3$ нягттай эрдэс юм.

Zr нь O_2 – тэй тогтвортой ZrO_2 гэсэн нэгдэл үүсгэдэг. Харин O_2 –ын хангалтгүй нөхцөлд ZrO_2 – оосоо шинж чанараараа огцом ялгарах тогтвортой бус нэгдлийг зарим тохиолдолд үүсгэдэг байна. ZrO_2 нь хүчил, шүлт ба шүлтийн

шилэн хайлш, хайлмал металлтай үйлчлүүлэхэд химийн идэвхи их муутай байдаг боловч H_2SO_4, HF – той үйлчлэлцэнэ.

ZrO_2 нь моноклин, тетрагональ, куб гэсэн гурван модификаци дүрс хувиралтай.

Цирконы давхар ислийн моноклин модификаци дүрс хувирал нь нам температурт тогтвортой байх боловч $1200^\circ C$ хүртэл халаахад тетрагональ хэлбэрийн модификац дүрс хувиралд шилжин тэр нь өндөр температурт тогтвортой байна. Энэ шилжилтийн үед эзэлхүүнээрээ 7.7% -ын агшилтанд ордог. Харин $1000^\circ C$ хүртэл буцааж хөргөхөд моноклин хэлбэртэй модификацдаа шилжих ба эзэлхүүнээрээ ихссэнээр нягт нь буурна.

ZrO_2 – оор техникийн зориулалттай керамик эдлэл үйлдвэрлэх үйл явцыг түүний модификаци дүрс хувиралд орох болон халаалт ба хөргөлтийн үеийн агшилт ба тэлэлт нь нилээн саатуулж байсан байна. Харин шатаасан эдлэлд эвдрэл хэв гажилт үүсэхээс сэргийлэхийн тулд өндөр температурын тетрагональ дүрс хувиралыг тогтвортой бус моноклин дүрс хувиралд эргэн шилжих үйл явцыг зогсоосноор шийдвэрлэж чадах юм. Энэ процессыг цирконы давхар ислийн тогтворжуулалт гэж нэрлэсэн байдаг. Цирконы давхар ислийн тогтворжуулалтыг кристалл химийн талаас нь авч үзвэл ZrO_2 -ын талст тор нь хайлах температур хүртэл бат бэх тогтвортой эвдрэлд орохгүй холбоотой байх явдал юм. Тогтворжуулах зорилготой авсан нэмэлт нь ZrO_2 – ын тетрагональ торыг температурын бүх хязгаарт тогтвортой байж чадах куб талст торны дахин байршуулалтыг хатуу уусмал үүсгэх замаар шийдэж болох юм. Ийм хатуу уусмалыг Zr^{4+} - той ионы радиус ойролцоо, хязгаарлагдмал уусалттай катионыг тогтворжуулах нэмэлт болгон хэрэглэн гарган авна. Тийм нэмэлтээр CaO, MgO, Y_2O_3 – ыг өргөн ашигладаг байна.

1.3 Керамик мембраныг гарган авах арга

Керамик мембран үйлдвэрлэхэд каолиныг анх 1999 онд ашиглаж азотыг ялгасан байна [6].

Энд дискний хэлбэртэй керамик мембраныг натрийн карбоксиметилцеллюлоз (СМС), ус, каолин, хөнгөнцагааны оксидыг тодорхой найрлагаар авч холиод хатаасны дараа нунтаглаад шигшиж 0.28 МПа даралтаар шахаж хэвлээд $1400^\circ C$ -ийн температурт шатааж гаргаж авсан байв. Тэдний

ажилд диск хэлбэртэй мембраныг үйлдвэрлэх олон үе шат дамждаг бөгөөд шахах, нунтаглах нь маш их эрчим хүч зарцуулдаг тул үйлдвэрлэл нь маш үнэтэй байсан байна.

Жилийн дараа экструдерын аргаар дискэн мембраныг каолинаас гарган авсан байна [7]. Цаашилбал, каолиноос диск хэлбэртэй керамик мембраныг гарган авахдаа усан суспензийг цутгах, соронзон хальсны цутгах аргуудыг ашигласан.

Каолиноос хоолой хэлбэртэй керамик мембран үйлдвэрлэхэд мөн экструдерээр хэвлэх процессыг ашигласан байна. Хэдийгээр каолиноос хямд өртөгтэй керамик мембран үйлдвэрлэхэд ашигладаг үйлдвэрлэлийн олон аргууд байдаг ч үйлдвэрлэлийн нарийн ширийн зүйлсийн талаар зөвхөн хязгаарлагдмал мэдээлэл байдаг.

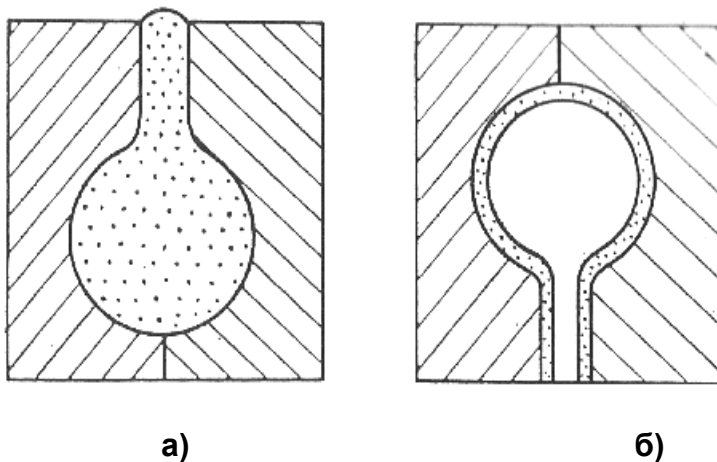
Усан суспензийг цутгах аргын үед каолин болон усыг тодорхой харьцаагаар авч суспенз үүсгэн хэвлэнэ [8].

Усан суспензийг сүвэрхэг хэвэнд цутгаж хэвлэх арга

Энэ тохиолдолд ихэвчлэн гипс, поливинилхлоридон болон металл ба керамик зэрэг хэвийг ашиглана. Оксидны материалын цутгуурын зутан нь 5 мкн хүртэл болон түүнээс ч нарийн нунтагласан нэг төрлийн жижиг хэсгээс тогтоно.

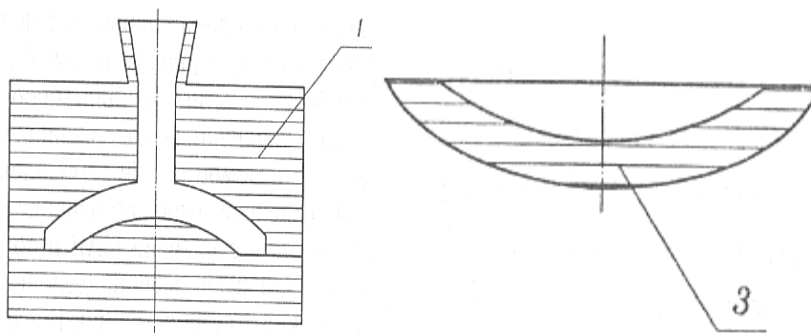
Зутан нь гадаргуугаараа тусгаарлагдсан хатуу, шингэн гетерген фазаас тогтох коллоид-химийн систем юм. Цутгалтыг сүвэрхэг хэвэнд гүйцэтгэх ба хэвэнд зутанг дүүртэл нь ачаалахад усан уусмал хэвний нүх сүвээр татагдан сорогдож түүний дотор хананд шингэнээр зөөгдсөн хатуу хэсэг бүрхүүл хучилтыг үүсгэнэ. Бүрхүүл хучилт цутгалтын хугацааг сунгахад зузаарна. 3-р зурагт илүүдэл зутанг юүлэх аргаар хэвлэх бүдүүвчийг үзүүллээ.

Илүүдэл зутанг юүлсний дараа керамик загвар бага зэрэг боловч агшиж хэвнээс хөндийрнэ. Хэвлэгдсэн загвар бие дааж чадахуйц болон бэхжсэн үед нь хөнгөн маягаар хэвнээс салгаж авна. Цутгаж хэвлэхэд зутанг хэвэнд байнга ачаалан дүүрэн байлгаж цул биетийг хэвлэнэ. Үүнийг зутанг хэвэнд ачаалах аргаар эдлэлийг хэвлэх гэнэ. Эдлэлийг цутгаж ачаалах аргаар хэвлэх бүдүүвчийг 3 ба 4-р зурагт үзүүлэв.



3-р зураг. Эдлэлийг юүлэх аргаар цутгах бүдүүвч
*а-цутгуурын масстай хэв, б- хэвнээс илүүдэл
 зутанг юүлсний дараа*

Цутгаж хэвлэх арга нь янз бүрийн нийлмэл хэлбэр дүрстэй эдлэлийг хэвлэхэд илүү зохимжтой байдаг.



4-р зураг. Цутгуурын массыг хэвэнд ачаалж цул биетийг
 хэвлэх бүдүүвч
*а) –зутанг хэвэнд байнгын ачаалалттай байлгаж буй байдал
 б) Цул биетийг хэвлээд хэвнээс салгаж авсан байдал*

Шаварлаг эрдэс болон оксидын талст фазаас тогтох цутгуурын зутан нь өөрийн бүтэц болон найрлагаараа ялгагддаг. Шаварлаг түүхий эдээс бэлтгэх цутгуурын зутан ус их (50 – 60%) –тэй байдаг бол, техникийн керамик материалын уян налархай шинж чанаргүй түүхий эдээр бэлтгэгдэх зутан нь 35 – 40% орчим чийглэгтэй байдаг. Шаварлаг зутан туналтанд харьцангуй бага орж тогтвортой байдаг нь шаварлаг эрдсийн жижиг хэсгүүд цэнэгжсэн байдагтай холбоотой. Зутан байдалтай шаврын жижиг эгэл хэсгийн гадаргууд шаврын найрлаганд байгаа болон электролит хэлбэрээр нэмж өгсөн шүлт, газрын шүлтэт металлын катионы сорбцлогдсон комплексыг агуулсан хоёрлосон цэнэгжсэн үе үүснэ.

Цутгаж хэвлэсэн эдлэлийн хатаалт ба шатаалтын явцад үүсэх керамик биетэд энэхүү катионууд нь үлдэн түүний шинж чанарт тодорхой нөлөөлөлийг үзүүлдэг байна. Шаврын эгэл хэсгүүд сөрөг цэнэгтэй мицель үүсгэнэ. Тэгвэл техникийн керамикийн материалын түүхий эдийн цутгуурын зутан нь ихэвчлэн 0-5 микроны хэмжээтэй цэвэр оксидуудаас тогтсон байдаг. Ийм төрлийн зутанг суултанд орж үелсэн тогтоц үүсэхээс нь сэргийлэхийн тулд түүнийг нягтаас нь давж гартал нь жижиглэн нунтаглах шаардлагатай байна. Том ширхэглэлтэй хэсгүүд хялбархан тунаж, хүсээгүй үелсэн тогтоц үүсгэнэ. Оксидын эгэл хэсгүүд шавартай адил сөрөг цэнэгтэй мицель үүсгэхийн дээр нэмэх цэнэгтэйг ч бас үүсгэдэг байна.

Тодорхой хэмжээний хүчиллэг ба шүлтлэг электролитыг нэмж өгөн рН – ийг нь тохируулан хамгийн бага зуурамтгай чанартай оксидын зутанг буй болгож болно. Оксидын рН= 2.5 – 4 суспензийг хүчил нэмэх, рН= 10 – 12.5-д шүлт нэмж өгөх замаар хамгийн бага зуурамтгай чанартайгаар гарган авч болдог. Хэвлэгдэх чадварыг сайжруулахын тулд тодорхой хэмжээний хүчиллэг буюу шүлтлэг электролитыг нэмж өгнө. Гэхдээ оксидны керамик материалыг гарган авахад шүлтийг нэмэх нь зохимжгүй, эдлэлийн зарим нэг үндсэн шинж чанар тухайлбал цахилгааны – физикийн шинж чанарыг бууруулна.

Оксидны керамик материалын суспензид тогтворжилтыг сайжруулахад голчлон HCl – ийг нэмж өгнө. HCl – ийн нэг сайн тал нь шатаалтын дараа эрдсийн үлдэгдэлгүй байдаг явдал юм. Оксидын гадаргууд оксихлоридыг үүсгэх ба тэр нь зутанг тогтворжуулна. Хэвлэх зутанг бэлтгэх нэг дамжлага нь зутанг төмрийн хольцоос салгах явдал юм.

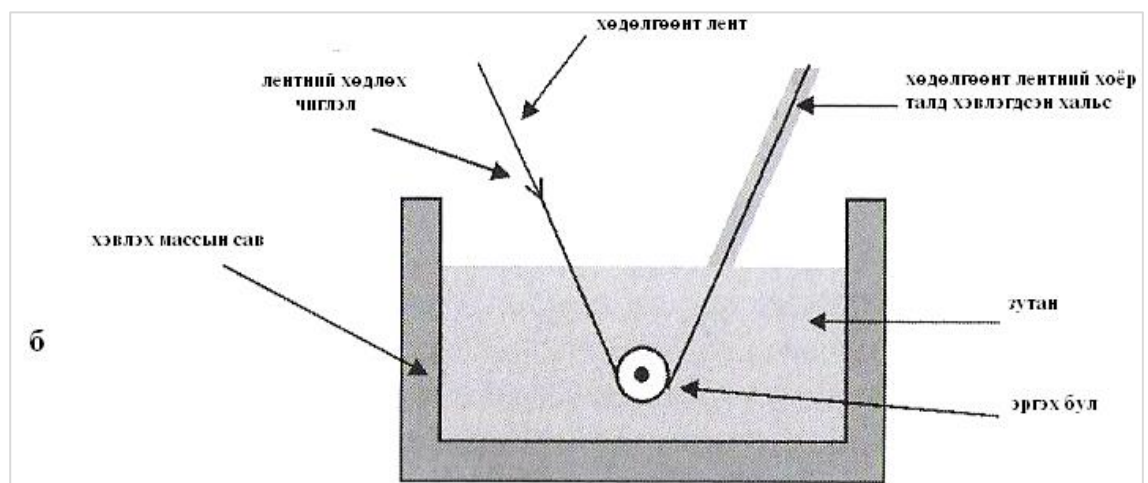
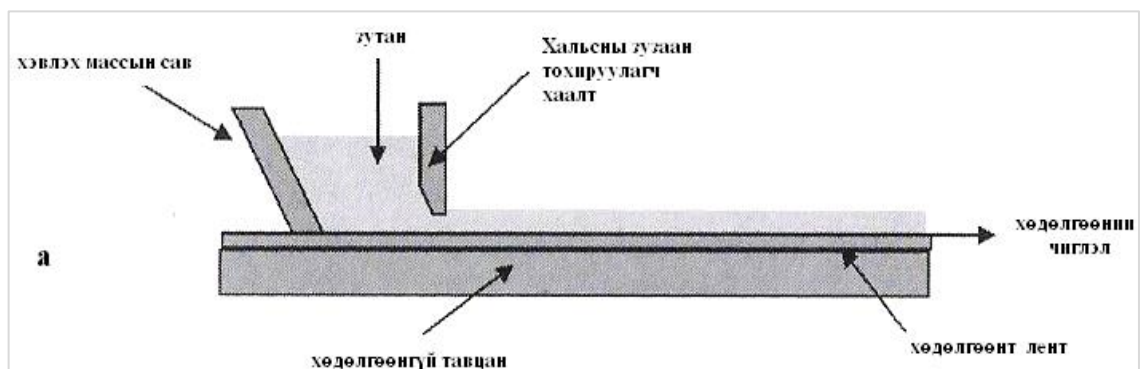
Тэгвэл усан суспензийг цутгах аргыг мөн электрофорезийн аргатай хослуулан ашиглах замаар каолиноос керамик мембран үйлдвэрлэх боломжтойг мөн тогтоосон байна [9].

Тогтмол гүйдлийн үйлчлэлээр дисперс фазын шилжилт явагдах электрофорезын үзэгдэл дээр үндэслэгдсэн болно. 3-40 мА/см² –ын гүйдлийн нягттай, 2-30 В/см –ийн хүчдэлийн оронтой тогтмол гүйдлийг зутангийн дундуур нэвтрүүлнэ. Энэ тохиолдолд сүвэрхэг металл болон металл бүрхүүлтэй хуванцар хэв анодын үүрэг гүйцэтгэнэ. Хүчдэлийн оронг жигд хангаж чадахуйц катодыг сонгож авна. Хэрвээ усан суспензийн хатуу фазын эгэл хэсгүүд эсрэг цэнэгтэй байвал катод-хэвийг ашиглана.

Нимгэн хальсны цутгалтын аргыг ашиглан керамик нимгэн материал хэвлэх аргыг анх бүр 1947 онд хэрэглэж байжээ [10].

Холбогч материалыг урьдчилан бэлтгэн керамик масстай зутан байдлаар хольсны дараа 0.3-2 мм хүртэл зузаантайгаар суурь тавцан дээр хөдлөх завсарт фильтрээр массыг урсгаж, эсвэл булан дээр эргэх зөөгч хальсны 2 талд суулган хэвлэж олон үеэр зузааруулан булаар шахаж бэлтгэсэн пакетийг хатаагаад тэгшилэн засаж янзална.

Мөн хөдөлгөөнгүй тавцан дээр хөдөлгөөнт лентээр болон суурьгүй хөдөлгөөнт лентээр хөтлөн нимгэн хальс хэвлэх технологийн бүдүүвчийг 25-р зурагт үзүүлэв. Тохируулах хаалтаар хальсны зузааныг тохируулан хэвлэх зарчим нь хөдөлгөөнгүй тавцан дээр хөдөлгөөнт лентээр хөтлөгдөн хэвлэлт явагдах бөгөөд түүнийг 5а-р зурагт үзүүлсэн бол 5 б-р зурагт хөдөлгөөнт лентээр хөтлөгдөн түүний хоёр талд нимгэн хальс хэвлэгдэж буйг үзүүлэв.



5-р зураг. Нимгэн хальсыг хэвлэх технологийн зарчимууд
 а-Нимгэн хальсны зузааныг тохируулагч хаалттай хөдөлгөөнгүй тавцан дээр хэвлэх; б-хөдөлгөөнт лентээр хөтлөн хальсыг хэвлэх

Поливинилын спиртын усан уусмал болон болон бусад зарим төрлийн полимер (целлюлоз, поливинилбутил гэх мэт)-ын ацетон, бензин, спиртийн уусмалыг холбогчоор ашиглана. Нимгэн хальсны шинж чанарыг сайжруулахын тулд дибутилфталит, олон атомт спиртыг нэмж өгнө. Өндөр бат бөх, уян хатан чанартай хатаалтын үед аль болох бага суулттай байх шаардлага холбох бодисын найрлаганд тавигддаг. Зутангийн зуурамтгай чанар, фильтрийн завсрын зай туузны хөдлөх хурд зэргээр хальсны зузааныг тохируулна.

Хавтгай, диск хэлбэрийн мембрантай харьцуулахад эзэлхүүний хэмжээ өндөртэй, хоолой хэлбэрийн керамик мембран үйлдвэрлэхэд экструдерийн аргыг илүүд үздэг байна [11].

Эдлэлийг уян налархай аргаар хэвлэхдээ туузан вакууман пресс буюу экструдерийг ашигладаг. Экструдерээр тасралтгүй хэвлэх үйл ажиллагаа явагддаг.

Цутгах аргатай харьцуулахад усны агууламж бага 18-28% байдаг нь хатаалт хурдан явагдах, хатаалтын үед загвар деформацид орох нь бага учраас эдлэлийн хэмжээ барих тал дээр давуу талтай.

Эдлэлийг хэвлэхэд боловсруулан бэлтгэсэн шаврын хольц дээр ус нэмж холиод нэг төрлийн зуурмаг болтол нь холино.

Энэ аргаар эдлэл гарган авахын тулд шаврын найрлагад агуулагдсан агаарыг соруулан нягтруулах зорилгоор халаагууртай вакуумчлагч туузан прессийг ашигладаг.

Массыг халааж вакуумжуулан прессээр шахахад шавар гулдангийн нягтрал сайжирч, шатаасан эдлэлийн бат бөх 2 дахин хүртэл нэмэгдэнэ.

Экструдерийн биед хүртэй шурган гол бүхий холигч байрласан байна. Шавар массыг шурганы тусламжтайгаар хольж толгойн хэсгийн нарийссан хэсэгт 1.6-7 МПа даралтаар шахаж нягтруулан соруулаар дамжуулан шавар гулданг тасралтгүй байдлаар хэвлэнэ.

Эдлэлийг хэвлэсний дараа хатаана. Хэвлэсэн загварын хатаалтын процесс нь түүний чийглэг, шаврын уян налархайн тоо, хатаалтын температур, эдлэлийн нимгэн зузаан зэрэг шинж чанараас хамааран 72 цаг хүртэл үргэлжилнэ.

Керамик эдлэлийг үйлдвэрлэхэд хамгийн чухал, төгсгөлийн процесс нь шатаалт буюу дулааны боловсруулалтанд оруулах явдал юм. Шатаах явцад амархан хайламтгай хэсгүүд хайлж муу хайлдаг эрдсүүдийн гадаргууг бүрхэн завсар хоорондын зайд урсан орсоноор эдлэл нягтарч масс нийтдээ суултанд

орно. Энэ суултыг галын суулт гэх бөгөөд шаврын төрлөөсөө хамааран 2-8% хүртэл байна.

Керамик материалыг тухайн материалын найрлага, шинж чанараас хамааруулан байгалийн шаврыг 850–1300°C – ийн температураас нийлэгжүүлэн гарган авсан материалыг хэт өндөр температур (2000-2500°C) хүртэлх өргөн хүрээнд шатааж гарган авдаг [12].

1.4 Цеолитын ангилал, бүтэц

Цеолитууд бол шүлтийн металлууд, гидратжсан алюмосиликатууд бөгөөд байгалийн болон зохиомол гэсэн 2 төрөлтэй байдаг. Эдгээр нь шингээлтийн ба ион солилцлын, мөн сонгомол шинж чанартай байдаг.

1756 онд Шведийн эрдэс зүйч, химич А.Кронштэдт байгалийн цеолитын нэгэн төрөл болох стильбитийг анх нээсэн байна. Энэ эрдсийг халаахад түүнд агуулагдсан чөлөөт ус эрчимтэй ууршдаг учраас цео-буцлах, литос-чулуу гэсэн грек үгнээс гаралтай “цеолит” гэдэг нэр өгчээ. 19-р зууны эхэн үеэс галт уулын чулуулгийн завсар хөндийгөөс авсан цөөн тооны дээжид судалгаа хийж цеолит нь катализын өндөр идэвхтэй, ион солилцох ба шингээх онцгой чадвартайг тогтоосон байна [13].

Өмнө нь үйлдвэрлэлд хэрэглэх хэмжээний нөөц бүхий цеолитын орд байх боломжгүй гэсэн үзэл баримтлал давамгайлж байсан учраас энэхүү материалыг синтезлэн гарган авч ашигласаар иржээ.

Харин 1960 –аад оны сүүлчээр Болгар, Австри, Чехословак, Итали, Япон, Орос зэрэг улсад цахиурын ислийн агууламж өндөртэй, үйлдвэрийн нөөц бүхий байгалийн цеолитын томоохон ордуудыг геологчид нээжээ. Эдгээрийг тухайн үед геологийн шинжлэх ухаанд хийсэн хамгийн том нээлтүүдийн нэг гэж үздэг.

Өнөөдөр цеолит нь байгалийн болон нийлэг 200 гаруй төрлийн цеолитыг агуулсан бүхэл бүтэн ашигт малтмалын бие даасан бүлэг болжээ.

Анхны тодорхойлолтоор бол цеолит нь SiO_4 ба AlO_4 тетраэдрээс тогтсон ердийн сүвэрхэг бүтэцтэй талст алюмосиликатууд юм. Гэсэн хэдий ч бор, галли, германий, төмөр эсвэл фосфор зэрэг бусад элементүүдийг цахиур эсвэл хөнгөн цагааны оронг торны байранд оруулах боломжтой байв. Зарим нь эдгээр бодисыг цеолит гэж нэрлэхийг эсэргүүцдэг. Дайер тэдгээрийг "зеотип" эсвэл "цеолиттэй төстэй материал" гэж нэрлэдэг [14].

Олон улсын эрдэс судлалын нийгэмлэг (IMA)-ийн цеолитын дэд хороо анхны тодорхойлолтыг өргөжүүлж, цахиур, хөнгөнцагаанаас өөр төв атомтай материалыг цеолит гэж нэрлэж болно гэж тогтоожээ [15]. Үндсэн шинж чанар, зарчим нь ижил учраас энэ нь бас тохиромжтой байж болох юм.

Талст бүтцийн изоморфизмаас шалтгаалж байгалийн цеолитын бүтэц дэх Si/Al харьцаа 1...6 болтлоо өөрчлөгдөх бөгөөд энэ харьцаа 1...3 байвал цахиурлаг бус, 3-аас их байвал цахиурлаг цеолит гэнэ. Харин зохиомлоор нийлэгжүүлэн гарган авсан цеолитод энэ харьцаа их байж болно.

Цеолитын эрдсийг хүснэгт 3-т үзүүлсэн байдлаар ангилна.

3-р хүснэгт. *Цеолитын эрдсийн ангилал, найрлага*

Нээгдсэн он	Бүлэг харьцаа	Si/Al	Химийн томьёо
1784	Анальцилийн бүлэг	1.8-2.8	$Na_{16}Al_{16}Si_{12}O_{96}xH_2O$
1758	Натролитийн бүлэг	1.5	$Na_{16}Al_{16}Si_{12}O_{80}16H_2O$
1802	Гейлендитийн бүлэг	2.70-3.75	$Ca_4Al_{16}Si_{28}O_{96}24H_2O$
1932	Клинопотилитийн бүлэг	4.20-4.25	$(K_2Na_2Ca)_3Al_6Si_{30}O_{72}22H_2O$
1756	Стилбит	2.4-3.1	$Na_2Ca_4Al_{10}Si_{28}O_{72}28H_2O$
1824	Филлипсатийн бүлэг	1.3-3.4	$(K_2Ca)_3Al_6Si_{10}O_{32}12H_2O$
1864	Морденитын бүлэг	4.4-5	$(NaCa)_8Al_8Si_{10}O_{96}28H_2O$
1772	Шабазитын бүлэг	1.6-4.0	$(CaNa)_4Al_{12}Si_{24}O_{72}40H_2O$
1785	Ломонитын бүлэг	2	$Ca_4Al_6Si_{16}O_{48}16H_2O$

Олон улсын эрдэс баялгийн нийгэмлэгийн шинэ ашигт малтмал, ашигт малтмалын нэрсийн тухай комиссын тайланд цеолитын зүйлийн нэршлийг санал болгосон. Хэсэгчилсэн усжилт, шингэн алдалт, хэт их усжилт нь хэд хэдэн цеолитийг танихад хангалттай цэг биш байв [16]. 2001 онд Жакобс Эт Ал цеолитуудын нүхний хэмжээ (нүхний диаметр) дээр үндэслэн шинэ ангиллыг нэвтрүүлсэн [17]. Үүнд:

- (1) 14 цагирагт; 0.8-1.0 нм чөлөөт нүхний диаметр бүхий хэт том нүхтэй цеолит;
- (2) 12 цагирагт; 0.6-0.8 нм чөлөөт нүхний диаметр бүхий том нүхтэй цеолит;

(3) 10 цагирагт; 0.45-0.6 нм чөлөөт нүхний диаметртэй дунд зэргийн нүхтэй цеолит;

(4) 8 цагирагт; 0.3-0.45 нм чөлөөт нүхний диаметр бүхий жижиг нүхтэй цеолитууд.

Харин 1977 он хүртэл клиноптилолит ($Si/Al \geq 4.0$) болон гейлендит ($Si/Al < 4.0$) зэргээс бусад цеолитын эрдсүүдийг Si/Al харьцаагаар нь ялгадаг байв. Цеолит эрдсийг цахиур/хөнгөн цагааны ислийн харьцаагаар дараах байдлаар ангилдаг [18].

(a) Цеолит эрионит ба морденит - Si/Al -ийн өндөр харьцаа (10-аас хэдэн мянга хүртэл);

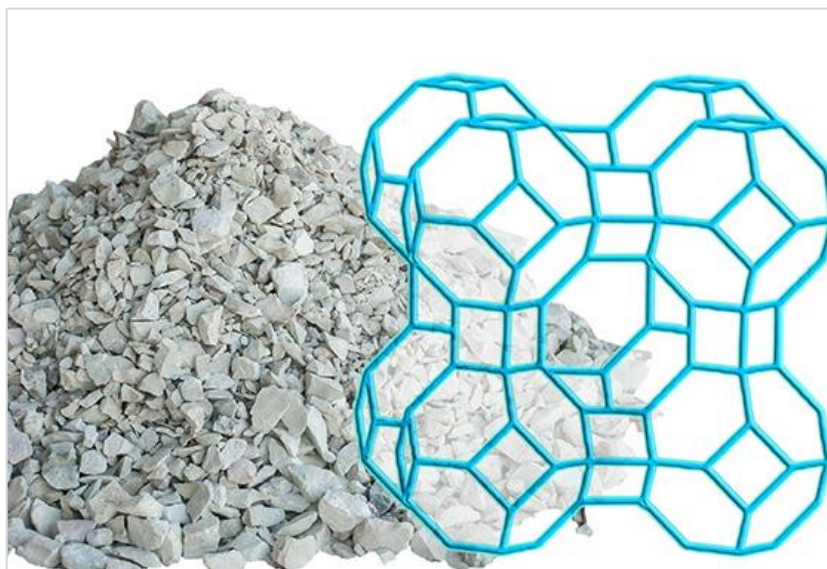
(b) Цеолит Y—завсрын Si/Al харьцаа (2-5);

(c) Цеолит A- бага Si/Al харьцаа (1.0-1.5 хооронд).

Цеолитын ион солилцох чадамж талст бүтцийн изоморфизм, солилцолд орж буй ионы цэнэг, хэмжээ, гидратчлах чадвар зэргээс хамаардаг. Ион солилцох процессын хурд оролтын цонхны диаметрээс хамаардаг ба оролтын цонхны диаметр ихсэх тутам хурд ихсэж байдаг.

Цеолитын талстууд нь зүү хэлбэрийн, бөмбөрцөг, шоо, куб зэрэг олон янзын геометрийн хэлбэртэй байж болно. Синтетик аргаар гаргаж авсан цеолитын ширхэгийн хэмжээ ихэвчлэн 0.1-15 мкм хооронд хэлбэлздэг байна [19].

Цеолит нь Si^{4+} ба Al^{3+} халалцаагар үүсэх онцгой сүвэрхэг бүтэцтэй уст хөнгөнцагаант силикат бөгөөд талст торонд үүссэн цонх, сувгууд нь ион солилцох, шингээх урвал хурдасгах онцгой шинж чанаруудтай байх нөхцөлийг бүрдүүлнэ.



6-р зураг. Цеолитын сүвэрхэг бүтэц

6-р зурагт клиноптилолит ба гейлендитийн төрлийн эрдсийн талст дахь наносуваг ба хөнгөнцагаант цахиур хүчилтөрөгчийн байгууламжийг үзүүлэв.

А суваг нь 0.6x0.4 нм, В суваг нь 0.4x0.4 нм хэмжээтэй, байгалийн нөхцөлд эдгээр сувгууд нь усаар дүүргэгдсэн байх ба Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} гэх мэт ионуудаар халалцсан байж болно. Цеолитийг бичил нүх сүвний хэмжээгээр бага (0.3-0.45 нм), дунд (0.55 нм, пентасил), том (0.75 нм, фаужасит, b-0.64-0.76 нм), маш том (>0.8 нм, морденит) гэж ангилдаг байна.

Байгалийн бусад адсорбенттай харьцуулахад цеолит нь адсорбатыг сонгон адсорбцлох чанартай байдаг учир түүний сүвэрхэг бүтцийг нь судлах нь адсорбент болгон хэрэглэхэд чухал ач холбогдолтой байна.

Цеолит нь газар тариалангийн зориулалтаар ашиглагдах гурван үндсэн шинж чанартай байдаг нь: хөрс болон савны чөлөөт сувгийн ус хадгалах чадвар, катион солилцооны өндөр хүчин чадал, шингээх чадвар өндөртэй байна [20].

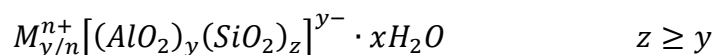
Цеолит нь талст бүтэцдээ өөрчлөлт оруулалгүйгээр ус буцаах, алдах болон катионуудыг солилцох чадвартай.

Нэвтрэх суваг, тэдгээрийн том бүтцийн хөндий нь солигддог катионуудын эргэн тойронд чийгшүүлэх бөмбөрцөг үүсгэдэг усны молекулуудыг агуулдаг. 350-400°C-ийн температурт халааж усыг зайлуулах үед жижиг молекулууд (илүү том молекулуудыг оруулахгүй) цеолитын шинж чанар болох "молекул шигшүүр" нэвтрэх сувгаар дамжин өнгөрч болно.

Ерөнхийдөө талст доторх молекул орон зайн хэдэн чиглэлд тархаж чадахаас хамааран нэг, хоёр, гурван хэмжээст нүх сүвний системтэй гэж ангилдаг байна. Цеолитуудын нүхний диаметр нь 0.2-1.3 нм-ийн хооронд байна. Нүх сүвийн хэмжээ нь бүр ч том байж болно; жишээ нь Х эсвэл Y цеолитын тор нь ойролцоогоор 1.2 нм диаметртэй. Нүх сүвний оролт эсвэл сувгийг Т эсвэл О атомын тоогоор тодорхойлогддог байна. Цеолитын хувийн гадаргуугийн талбай нь 300-1000 м²/г хооронд хэлбэлздэг.

Цеолитын талст бүтцийн суваг, хөндийг дүүргэж буй усны хэмжээгээр нь адсорбцлох чадварыг тодорхойлдог. Зарим цеолит нь хуурай жингийн 40 хүртэлх хувийг усанд шингээж чаддаг.

Ердийн сонгодог цеолитуудын найрлагыг дараах томъёогоор тооцож болдог байна. Үүнд:



Энд:

M^{n+} - n-валенттай катион

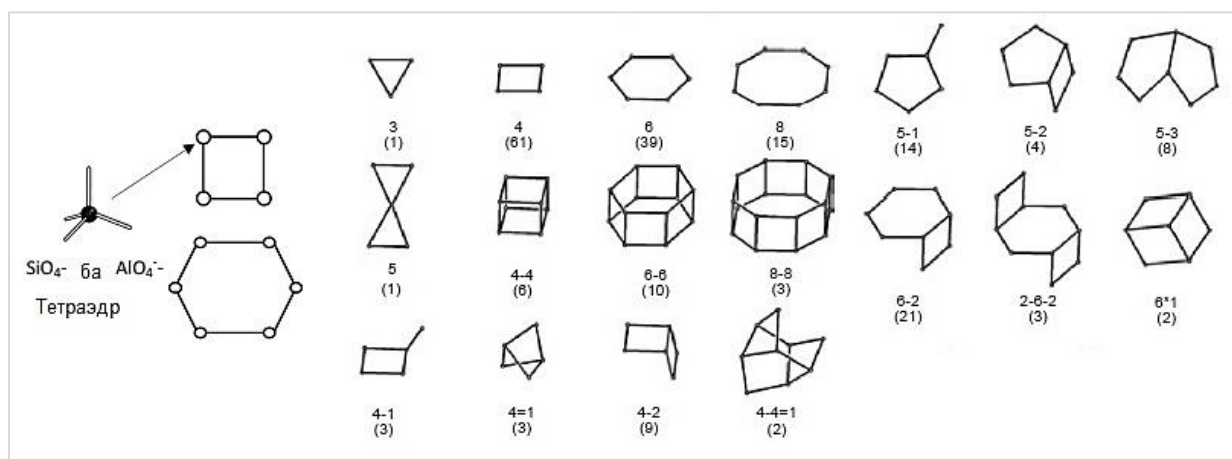
y,z- оронт торын нэгжид байрлаж байгаа AlO_4^- буюу SiO_4 тетраэдрийн тоо

x- H_2O буюу нэгжид байрлах усны молекулын тоо

Өөрөөр хэлбэл цеолитын анхдагч бүтэц нь хүчилтөрөгчийн гүүрээр хоорондоо холбогдсон $ySiO_4$ буюу $xAlO_4^-$ тетраэдрүүдээс ($y/x \geq 1$) бүрдэнэ. Цеолитын чухал үзүүлэлтийн нэг нь Si/Al харьцаа байна. Энэ нь Лёвенштейний дүрмийн дагуу үргэлж ≥ 1 байна.

Цеолитын талст оронт торонд хөнгөнцагааны гурван цэнэгтэй Al^{3+} ион нь илүүдэл хасах цэнэгийг үүсгэдэг x- бөгөөд энэ цэнэгийг ихэвчлэн H^+ протонууд эсвэл газрын шүлтийн металлын бүлгийн катионууд M^{n+} нөхдөг. Түүнчлэн цеолитын бүтэц, нүх сүвний хэмжээ зэргээс шалтгаалан янз бүрийн хэмжээтэй талстжилтын холбоотой ус байж болно.

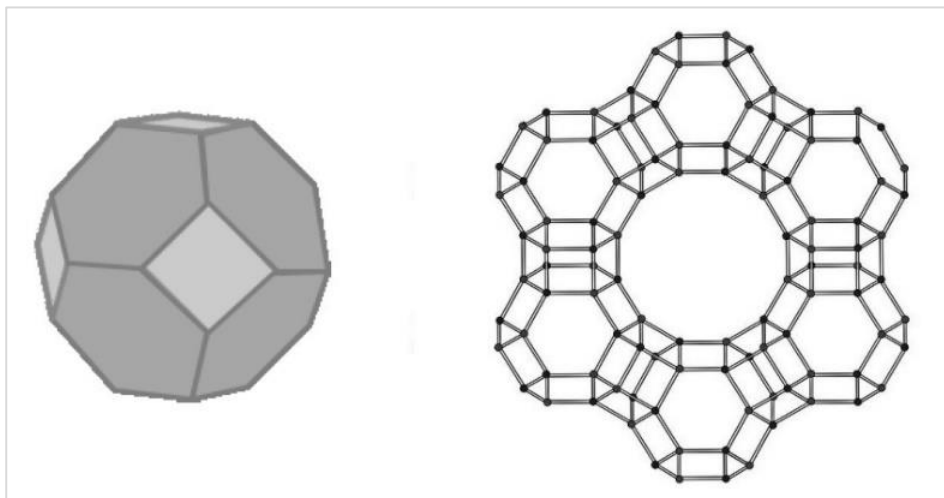
Холбогдсон $ySiO_4$ эсвэл $xAlO_4^-$ тетраэдрүүд нь янз бүрийн олон өнцөгт хэлбэртэй (шоо, октаэдр, зургаан өнцөгт призм гэх мэт) цеолитуудын бүтцийн хоёрдогч нэгжийг бүрдүүлдэг бөгөөд тэдгээр нь эргээд бие биетэйгээ нийлж тогтмол гурван хэмжээст оронт тор үүсгэдэг байна [21].



7-р зураг. Цеолитын бүтцийн нэгжүүд: төв атомууд нь буланд байрлах ба тэдгээрийн хооронд холбогч O атомууд байрлана

Тетраэдрүүдийн янз бүрийн нэгдэл нь онолын хувьд 800 гаруй өөр төрлийн талст бүтцийг бий болгох боломжийг олгодог байна. Ижил бүтэцтэй цеолитуудыг бүтцийн хувьд тус тусад нь бүлэглэж, ойлгомжтой байлгах үүднээс гурван үсэгтэй код өгдөг байна. Цеолитын хамгийн сайн танигдсан, түгээмэл хэрэглэгддэг төрөлд LTA, BEA, MOR, FAU зэрэг орно.

Хамгийн их танигдсан хоёрдогч нэгжид содалитын тор хэмээх бүтэц юм. Геометрийн хувьд энэ нэгж нь зургаан өнцөгтөө хавтгай зүсэгдсэн октаэдр бөгөөд зургаан 4 цагираг, найман 6 цагирагаас бүрдэнэ.

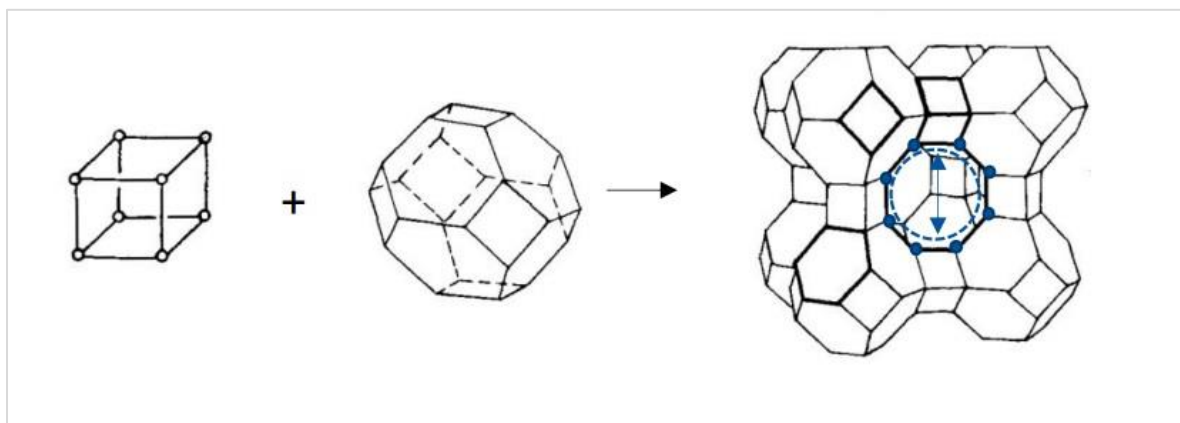


8-р зураг. Цеолитын талст торын бүтцийн нэгжүүд (булан дээр Al, Si , ирмэг дээр O); зүүн талд: содалит тор, баруун талд: Х.Люкений дагуу Фаужасит бүтэц

Хэд хэдэн содалит тор нь 4 цагирагаараа (содалит бүтэц) шууд, тетрагональ призм (LTA бүтэц), зургаан өнцөгт призмээр (фаужасит бүтэц) дамжуулан дээд төрлийн бүтэц үүсгэж болдог байна [22].

Фаужасит төрлийн алдартай төлөөлөгчид бол X цеолит ба Y цеолит юм. Талст оронт торын нэгжийн элементүүдийн зохион байгуулалтаас хамаарч өөр өөр бүтэцтэй нүх сүв бүхий суваг эсвэл торон хэлбэрийн хөндийтэй цеолитууд үүсдэг бөгөөд нүх сүвний хэмжээ нь цагираг хоорондын зайгаар тодорхойлогддог байна. Хөнгөнцагааны агууламж өндөртэй цеолитын нүх сүвийн хэмжээг эсрэг ионуудаар солсоноор өөрчилж болох аж. Өөрөөр хэлбэл цеолитын ион солилцох шинж чанарыг ашиглана гэсэн үг юм. Жишээ нь A төрлийн цеолитын Na^+ -ийн ионыг Ca^{2+} ионоор сольсоноор нүх сүвийн хэмжээг 4 \AA -с 5 \AA болгон томруулах боломжтой юм. Үүнээс гадна Al -ийн агууламж нь цеолитуудын тогтвортой байдал болон шингээлтийн шинж чанарт ихээхэн нөлөөлдөг. Хэдийгээр Al -ийн агууламж нэмэгдэх тусам матрицын гидрофиль шинж чанар нь нэмэгдэж байгаа ч түүний гидротермаль, дулаан болон химийн тогтвортой байдал буурдаг байна.

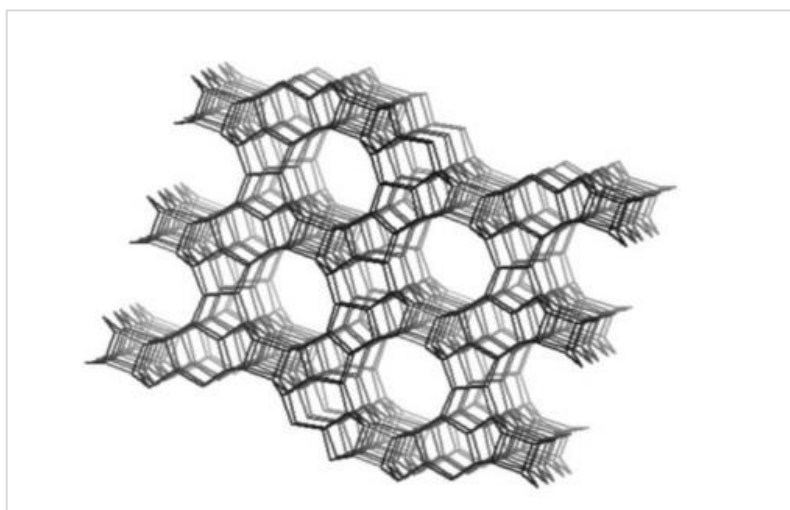
LTA (A төрлийн цеолит, A төрлийн Линд) төрлийн бүтэц нь шоогоор холбосон содалитын нэгжүүдээс бүрддэг байна.



9-р зураг. LTA (A төрлийн цеолит, A төрлийн Линд) бүтэц

Найман содалит нэгжийн хооронд үүсэж буй хөндий зайг α -тор гэх бөгөөд β -торноос том харин фаужасит бүтцийнхээс бага хэмжээтэй байна. Нүх сүвийн хэмжээ нь Na^+ хэлбэрийнх 0.4 нм харин K^+ хэлбэрийнх 0.3 нм, Ca^{2+} -т 0.5 нм байна.

BEA төрлийн цеолит нь 0.66x0.67 нм ба 0.56x0.56 нм хэмжээтэй нүх сүвтэй гурван хэмжээст нүхний системтэй байна [23].



10-р зураг. BEA төрлийн бүтэцтэй цеолит

Энэхүү бүтэц нь нүх сүвийн байршилын дарааллаараа ялгаатай, хамт ургасан 2 төрлийн полиморф хэлбэртэй байна. Энэ төрлийн цеолит нь цахиурын агуулга хамгийн өндөртэй төрөл байна.

MOR төрлийн бүтэцтэй цеолит нь морденитийн нүх сүвийн нэг хэмжээст системтэй бөгөөд эдгээр нь 12 тетраэдрээс бүрдсэн цагирагтай байна. Нүх сүв нь 0.7x0.65 нм хэмжээтэй бөгөөд мөн цахиурын агууламж өндөртэй байна [24].

Цеолитын хэрэглээ

Дэлхий даяар жилд нийт 5.4 сая тонн цеолит ашигладаг байна. Үүний 4 сая тонн нь байгалийн гаралтай үлдсэн 1.4 сая тонн нь нийлэгжүүлэн гарган авсан

цеолит байна [25]. Нийлэгжүүлэн гарган авсан цеолитын 85%-ийг ионы солилцуур, 6%-ийг шингээгч материал, 8%-ийг катализатор болгон ашигладаг байна. Хэдийгээр катализаторын үйлдвэрлэлд эзлэх хувь бага боловч сүүлийн жилүүдэд нийлэгжүүлэн гарган авсан цеолитын орлогын бараг 50%-ийг эзлэх хандлагатай байна [26].

Байгалийн цеолитыг улс ардын аж ахуйн олон салбарт ашиглаж байна. Байгалийн цеолитын онцлог нь процессыг байгалийн болон экологийн аргаар явуулах боломжийг олгодог бөгөөд төрөл бүрийн синтетик химийн бүтээгдэхүүнийг орлох чадвартай, ижил процессыг байгалийн аргаар, химийн үлдэгдэлгүйгээр хийх чадвартай байдагт оршино. Тэгвэл хэрэглээний хэдэн жишээ авч үзье.

Газар тариалан, хөдөө аж ахуй: Цеолит нь бороо орох, усалгааны үед ус, шим тэжээлийг хуримтлуулж, ус хомсдох, хуурайших үед аажмаар гадагшлуулах чадвартай тул тариалангийн талбайг сайжруулахад ашигладаг.

Энэ нь ургамлын усны хэрэгцээг маш сайн зохицуулдаг байна. Мөн кали, кальци, магни, азот зэрэг эрдэс бодисуудыг хуримтлуулж, ионы солилцоогоор дахин ялгаруулдаг.

Тиймээс үүнийг тариалангийн талбайн чанарыг сайжруулах эсвэл зүгээр л экологийн тэнцвэрийг бий болгоход ашигладаг бөгөөд байгалийн цеолитыг ашигласнаар замаар усалгааг уртасгах боломжийг олгодог.

Эдгээрийг хүлэмж, цэцэрлэг, савтай ургамлын субстрат, тариалангийн талбай, гольфын талбай, бордооны нэмэлт болгон ашигладаг байна.

Бохир ус цэвэршүүлэх: Байгалийн ион солилцооны шинж чанараараа усыг байгалийн болон экологийн цэвэршүүлэхэд тохиромжтой бүтээгдэхүүн бөгөөд 5 микрон хүртэл хэмжээтэй мөхлөгийг шүүх чадвартай.

Энэ нь хүнд эрдэс бодис (хар тугалга, хүнцэл гэх мэт), катионууд (төмөр, цайр, аммони гэх мэт) болон эвгүй үнэрийг шингээж чаддаг. Эдгээр шинж чанарууд нь түүнийг үйлдвэрлэлийн ус цэвэрлэх эсвэл бохир ус цэвэрлэхэд тохиромжтой бүтээгдэхүүн (жишээлбэл, бохирын сав эсвэл хотын бохир ус цэвэрлэх байгууламжид) болгодог.

Байгалийн цеолитыг ус цэвэршүүлэхэд ашигладаг ихэнх аргууд нь тэдгээрийн катион солилцооны шинж чанарт суурилдаг. Энэ процесст сольж болох цеолитын гадаргуугийн ионууд нь уусмалаас ионуудаар солигддог. Ууссан катионууд нь цеолитын нэмэлт хүрээний солилцооны цэгүүд дээр катионуудтай солилцох замаар уснаас ялгардаг. Байгалийн олон цеолит (жишээлбэл,

клиноптилолит, морденит, филлипсат, шабазит) нь үйлдвэрлэлийн усанд ихэвчлэн байдаг хэд хэдэн хортой металлыг жишээ нь $Cu^{2+}, Ag^+, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cr^{3+}, Mo^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}$) сонгомол байдлаар шингээн авдаг байна. Эдгээр металлуудаас гадна цеолитууд нь NH_4^+ ионыг сонгох чадвар сайтай байдаг бөгөөд өрсөлдөгч катионууд байгаа үед ч илүү сайн солилцдог. Эдгээр ионуудыг уснаас зайлуулж, цеолит солилцооны цэгүүдээс $Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}$ эсвэл H^+ зэрэг катионуудаар сольдог.

Усан бассейны эсвэл загасны фермийн шүүлтүүр: Цеолит нь элсийг орлох боломжтой тул усан сан дахь усыг цэвэршүүлэхэд ашигладаг (ижил хугацаанд усны чанар өндөр, засвар үйлчилгээ багатай). Энэ нь 5 микрон хүртэлх мөхлөгийг шүүж, ионы солилцооны ачаар хорт бодисыг шингээдэг. Ийм байдлаар шохой, хлорамин зэргийн мөхлөгийг зайлуулж усыг булингаргүй, маш цэвэрхэн байлгадаг. Энэ нь аммонийг арилгах чадвартай тул загасны аж ахуйд ашигтай байдаг байна.

Ундны усыг шүүх: Цеолитын өөр нэг хэрэглээ бол 5 микрон хүртэл хэмжээтэй бохирдуулагч эсвэл хортой мөхлөгийг зайлуулж, хүнд металл болон бусад катионуудыг (төмөр, марганец, аммоний гэх мэт) ион солилцох замаар шингээж өгдөг тул ундны усыг цэвэршүүлэх явдал юм. Энэ нь ундны усыг цэвэрлэхэд химийн бодисыг зайлуулдаг.

Аж үйлдвэрийн хийн шүүлтүүр: Цеолит нь чийг, аммиак, эвгүй үнэр болон бусад хорт тоосонцорыг арилгах чадвартай тул хийн шүүлтүүр болгон хийг цэвэршүүлэхэд ашигладаг байна. Байгалийн молекулын шигшүүрийн хувьд тэдгээрийг синтетик шигшүүртэй адил ашиглаж, агаарын урсгалаас чийг болон бусад молекулуудыг зайлуулж, хий ялгах, хатаах, цэвэршүүлэх боломжтой байна.

Барилгын салбар: Цеолитийг бетон үйлдвэрлэхэд байгалийн пуццолан эрдэс нэмэлт болгон ашигладаг. Энэ нь манай улсад өргөн хэрэглэгддэг бөгөөд портландцементийн нэг хэсгийг байгалийн цеолитоор сольж, 30 МПа хүртэл бат бэхтэй цементэнд хэрэглэдэг.

Цеолит нь усыг дотроо хадгалж, жигд хуваариладаг тул бетон зуурмагт хэрэглэснээр бетон бэхжих үе шатанд усыг бага багаар аажуухан ялгаруулж бэхжилтийг жигд явуулдаг байна. Мөн гигроскоп шинж чанартай, рН-ийг тэнцвэржүүлэх чадвартай тул хөрс тогтворжуулагч, хөрс ангижруулагч болгон ашиглаж болно. Үүнийг цементтэй хольж, уламжлалт бетоноос илүү бат бөх, хөнгөн нэгэн төрлийн, сүвэрхэг бүтэцтэй болгодог байна.

Гэрийн тэжээвэр амьтдын тэжээлийн нэмэлт: Байгалийн цеолитыг (ялангуяа клиноптилолит) амьтдын хоол тэжээлийн шингээлтийг сайжруулах зорилгоор тэжээлийн нэмэлт хэрэгсэл болгон ашигладаг байна. Амьтны тэжээлд цеолитыг ашигласнаар микотоксин, хүнд металлууд, хүнд металлуудыг шингээх, хоол боловсруулах эрхтний өвчнөөс урьдчилан сэргийлэх, эрдэс, витамин уургийн авалтыг нэмэгдүүлэх зорилготой байна. Үхэр, гахай, тахиа болон загасны тэжээлд нунтаг байдлаар 1-ээс 3% -иар нэмдэг байна.

Хүний эрүүл мэндийн салбарт: Олон оронд байгалийн цеолитыг хүний хүнсний нэмэлт болгон ашигласнаар гүйлгэхийг зогсоох, хорт бодисыг гадагшлуулах, хавдарын эсрэг зэрэгт ашигладаг байна. Мөн хорт бодисыг шингээхийн зэрэгцээ хүний биед эрдэс бодисыг тараах үүрэгтэй байна. Гоо сайхны зориулалтаар мөн ашигладаг бөгөөд арьсийг чийгшүүлэх, хөлс үнэр шингээх, арьсны хорт бодисыг гадагшлуулснаар өнгийг нь сэргээх зориулалтаар ашигладаг боловч энэ талаар хангалттай тооны судалгаа хийгдээгүй байна. Цаашдын судалгаа нь тухайн бүтээгдэхүүн нь хүний хоол тэжээл, гоо сайхны аль алинд нь тохиромжтой эсэхийг баталгаажуулах шаардлагатай.

1.5 Монголын цеолитын болон каолинитын геологийн судалгаа

Магмын чулуулгийн хөндий ба хоосон зайд, гол төлөв базальт болон тэдгээрийн гидротермаль уусмалаас хамгийн сайн цеолитын талстууд (хэдэн см хүртэл) үүсдэг байна.

Мөн тунамал чулуулагт (галт уул, риолит гэх мэт) цеолит үүсдэг байна [26]. Ийм чулуулагт үүссэн цеолитын талстууд нь жижиг хэмжээтэй (хэд хэдэн микрон хүртэл) байдаг бөгөөд энэ нь тэдгээрийг нэг буюу хэдэн төрлийн эрдэст хамаарахыг тодорхойлоход хэцүү болгодог. Цеолитыг үүсгэдэг эрдсүүд нь байгаль дээр өргөн тархмал байдаг. Өөрөөр хэлбэл хээрийн жонш, гялтгануур, шавар зэрэг нь дэлхийн царцдасын хамгийн түгээмэл ашигт малтмал юм [27].

Тунамал чулуулгаас үүссэн хамгийн түгээмэл цеолит нь клиноптилолит, морденит, цөөн тохиолдолд эрионит, шабазит, филлипсат байна [28].

Цеолитын түүхий эд нь ихэвчлэн цеолитын туф бөгөөд галт уулын чулуулгаас үүссэн шил нам температурт (300 °C хүртэл) гидротермаль хувиралд орсноор үүсдэг байна.

Цеолитын өвөрмөц шинж чанар нь үүсэх явцад тодорхойлогддог байна. Үүссэн температур, газарзүйн байршил, галт уулын чулуулгийн найрлага, усны

шинж чанар зэрэг бага зэргийн ялгаатай байдлаас шалтгаалан үүсэх эрдсийн шинж чанар өөр өөр байдаг.

Цеолитын ордууд үүсэх үеийн эдгээр жижиг ялгаа нь байгалийн цеолит бүр яагаад өвөрмөц шинж чанартай байдгийг тайлбарладаг.

1986-1987 онд Д.Иваанжав, Б.Ганбаатар нар Дорноговь аймгийн Цагаан цавын цеолитын ордод эрэл-үнэлгээний ажил хийжээ (ГМТ № 4219) [29].

1988 онд Д.Иваанжав, Ж.Равдан нарын геологчид Цагаан цавын ордын баруун хэсэгт урьдчилсан хайгуул хийж, клиноптилолитийн эрдэслэг бүрэлдэхүүнтэй орд болохыг тогтоож, нөөцийг үйлдвэрлэлийн зэрэглэлээр тооцоолжээ (ГМТ №4344) [30].

1989 онд Б.Ганбаатар, Д.Иваанжав нар Дорноговь аймгийн нутагт Хаалган уул, Дөрвөн дэргийн цеолитын ордуудад эрэл-үнэлгээний ажил (ГМТ №4588).

1988-1990 онд Д.Галбаатар, В.В.Вохминцев нар Баргилт-Овооны өргөгдлийн хэмжээнд хийсэн 1:50000 ны масштабтай эрэл зураглалын ажлаар Өргөний орд, Хайлаастын ам, Хонгор морьт, Үзүүр хар зэрэг хэтийн төлөв бүхий бусад илрэлүүдийг тогтоож, эрдсийн таамагласан баялагт Р3 категориор (ГМТ № 4414) үнэлгээ өгсөн [31].

1991 онд Өмнөговь аймгийн Наран булагийн кварц, хээрийн жоншны элс, цеолитын илрэлд геологч Ц.Лодой эрэл-шалгалын ажил хийж, үр дүнгийн тайлан (ГМТ № 4602).

2008-2011 онд И.Нэндивгомбо, С.Саранчимэг нар Дорноговь аймгийн Улаанбадрах сумын нутагт орших Цагаан цавын цеолитын ордын төв хүдрийн биетэд хайгуул хийсэн (ГМТ № 6847).

2012-2013 онд Н.Цэнгэлбаяр, Б.Мөнхбат нар Дорноговь аймгийн Өргөн сумын нутагт орших Бор цавын цеолитын ордод хайгуул хийж нөөцийг үйлдвэрлэлийн зэргээр тооцоолжээ (ГМТ №7065).

Цеолитын орд, илрэлд явуулсан эрэл, хайгуулын ажлуудаас гадна судлаач В.В.Петрова, П.Амаржаргал нар 1996 онд Монголын цеолитын ордын үүсэн бүрэлдсэн нөхцөл, эрдэслэг бүрэлдэхүүнийг судлаж, гарал үүслийн төрлүүдэд ангилах анхны оролдлогыг хийсэн [32].

Монгол улсын нутагт тогтоогдсон цеолитын ордын гарал үүслийн ангиллыг 4-р хүснэгтээр үзүүлээ.

4-р хүснэгт. *Монгол улсын нутагт тогтоогдсон цеолитын ордын гарал үүслийн ангилал*

№	Гарал үүслийн төрөл	Чулуулгийн нас	Чулуулгийн шинж чанар, тогтоц, биетийн хэлбэр	Голлох эрдсийн төрөл	Орд, илрэл
1	Маагмын ба буйлсан чулуут	Палеозой кайнозой	Шүлтлэг ба сүвэрхэг базальтын урсац, давхарга маягийн тогтоцтой	Анальцим, гейлендит	Хэнтийн Батширээтийн илрэл
2	Гидротермал	Палеозой кайнозой	Галт уулын шил агуулсан, нэвчих чанар сайтай чулуулаг	Гейлендит, Клиноптило лит, морденит	Алтан хайрхан, Сүйхэнт, Замын улаан
3	Валканнуурын	Юра-палеоген	Хүчиллэг ба шүлтлэг вулканит болон тунамал чулуулаг	Клиноптило лит, фейррьерит	Цагаан цав, Өргөн
4	Геоатоклав	Мезозой-кайнозой	Уусмал үл нэвчих давхарга бүхий галт уулын туф, үнс бүхий хурдас	Шабазит, эрионит, Клиноптило лит	Дөрвөн дэрт /Мушгай худаг/

Тайлбар. В.В. Петрова, П.Амаржаргал, 1996 онд гаргасан ангилал



11-р зураг. 1-Цагаан цав, 2-Өргөн, 3-Түшлэг, 4-Баян-Овоо, 5-Баянмөнх, 6-Бумба, 7-Ханбогд, 8-Улаанширээ, 9-Бумбат, 10-Тахилгат, 11-Наранбулаг, 12-Дөрвөн дэрт, 13-Өлзий, 14-Алтан хайрхан, 15-Замын улаан, 16-Сөгдөх

Дээрх зургаас үзэхэд цеолитын ордууд нь зүүн болон өмнө зүгт байрлаж байна.

Өргөний ордын цеолитын тогтоц ба эрдэс бүрэлдэхүүн

Өргөний цеолитын орд нь Дорноговь аймгийн Өргөн сумын төвийн баруун хойд хэсэг Уурхайчдын орон сууцны орчим байдаг. Географикийн координат 44045'40"-110046'40". Геологийн фондын мэдээлэлд энэ ордыг Хайлаастын илрэл хэмээн тэмдэглэсэн байдаг. Энэ ордод 1988 онд Чойрын геологийн экспедици оролдлого хийж P_1 ангиллаар 152 сая, C_1 ангиллаар 91 сая тонн нөөцтэй гэж тооцжээ.

Цеолит нь 1.2 км урттай 0.9 км өргөнтэй талбайг эзэлж байх ба ВЭЗ-ийн судалгаагаар 160-320 км хүртэлх гүнд тархжээ. Палезойн үеийн жижиг усан санд доод Цэрдийн бөсөл аргилитийн үе дээр галт уулын материалаас цеолит үүссэн болохыг тогтоосон байна.

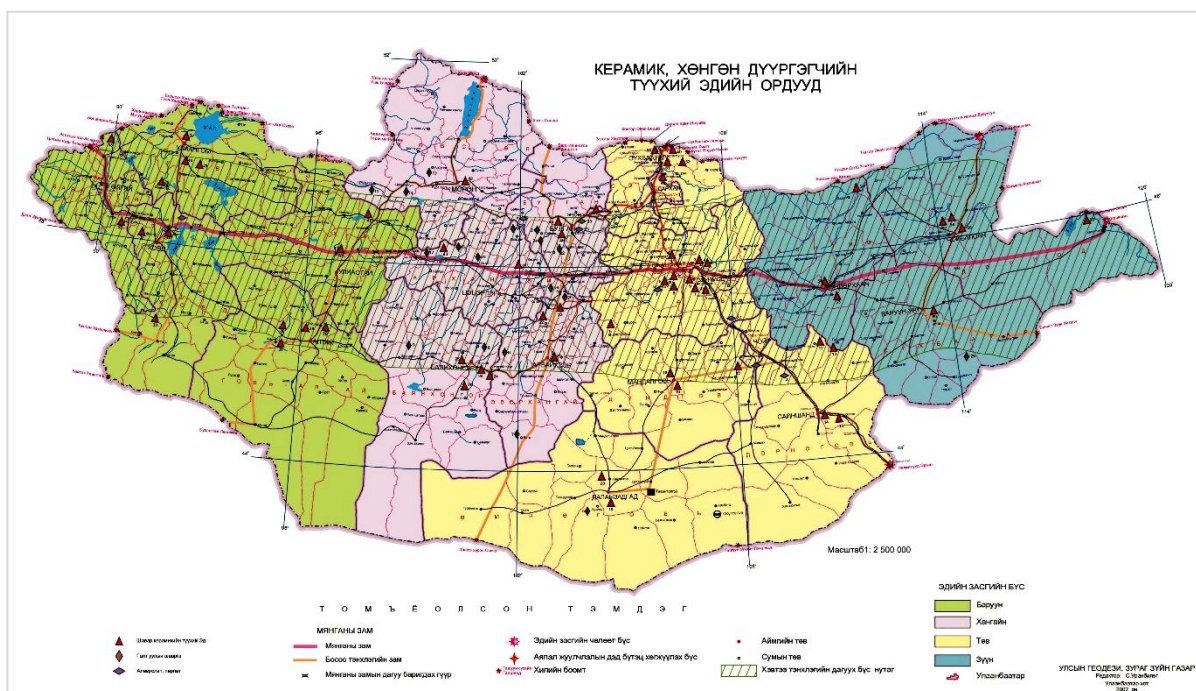
Өргөний ордын геологийн тогтоц галт-нуурын гаралтай цеолитын ордын тоонд ордгийг судлаачид тогтоосон байна. Өргөний ордтой нэг аймгийн нутаг дэвсгэрт оршдог Монголын хамгийн сайн судлагдсан Цагаанцав, Түшлэгийн цеолитын ордын гарал үүслийг В.В.Петров, Д.Бадамгарав, А.А.Соколов, Н.Д.Серебряникова нар геохимийн үүднээс тайлбарласан байна [33].

Юра, Цэрдийн галвын шилжилтийн үед монгол нутгийн төв, зүүн хойд, өмнөд хэсэгт галт уулын үйл ажиллагаа идэвхжин уул үүсэх процесс явагдахын зэрэгцээ нутгийн энэ хэсэгт том том усан сан нуур байсан байна.

Сул шүлтлэг орчинд галт уулын шилний цахиур аажим уусч бүтэц нь эвдэрсэн ба үлдсэн цахиурын ион гидратацид орж талсжин цеолитын үр хөврөл галт уулын шилний завсарт эхлэн бий болж аажмаар том мөхлөгт талстууд кварц (элс)-ын гадаргуу дээр илүү талсжиж байжээ.

Галт уулын шилний уусалт, гидратациас цеолит үүсэхийн зэрэгцээ шаварлаг эрдэс, гидрослюда нийлэгжиж эхэлснийг дээрх шинжээчид бичсэн байна.

Манай оронд хөнгөн цагааны оксидийн агууламж өндөртэй алюмосиликатан материалын түүхий эдийн тархалт, нөөцийн хувьд тийм ч арвин биш болох нь одоогийн судлагдсан байдлаас харагдаж байгааг 12 дугаар зургаар үзүүлээ.



12-р зураг. *Керамик, хөнгөн дүүргэгч болон хөнгөнцагааны оксидын агууламж өндөртэй шаврын ордууд*

Алюмосиликатан хөнгөнцагааны оксидын шаврын судлагдсан цөөн тооны орд байгаа юм.

Таван толгойн шавар

Уг ордын шавар нь Өмнөговь аймгийн Цогт-Цэций сумын нутагт, аймгийн төв Даланзадгад хотоос зүүн тийш 100 км-т, Улаанбаатар хотоос урагш 600 км, сумын төвөөс 15 км зайд оршино. Таван толгойн орд нь дунд ба дээд палеозай, мезозай, кайнозайн чулуулгаас тогтсон мужид оршино [34].

Геологийн тайланд түүхий эдийн нөөц тогтоосон тухай мэдээлэл байхгүй. Харин ордод явуулсан эрлийн ажлын дүнд хөнгөнцагааны оксидын агууламж өндөртэй буюу галд тэсвэртэй шавар байж болох 2 хэсгийг илрүүлэн тогтоосон байна. Хөнгөнцагааны оксидын агууламж өндөртэй шаврын нэг дүгээр хэсэг нь ордын зүүн хойд талд, хоёрдугаар хэсэг нь ордын баруун талд байрлалтай байна.

Уг орд нь нүүрстэй үелэн тогтсон ба зарим хэсэгтээ 5 м хүртэл зузаантай шаврын үе үүсгэсэн байна.

Геологи хайгуулын ажлын тайланд түүхий эдэд өгсөн дүгнэлтэндээ аргиллитан шавар нь нилээн зузаан үеэр тогтсон ба түүний ихэнхи нь галд тэсвэрлэг, багавтар нь галд тэсвэртэй шаврын ангилалд багтана гэжээ.

Уг ордын шаварлаг чулуулаг нь монтмориллонит, каолинит зонхилсон холимог эрдэст шаврын ангилалд багтах ба хольц байдлаар кварц оршино. Мөн маш бага хэмжээтэй метагаллуазит, мусковит зэрэг эрдэс оролцсон байна. Уг шаварлаг чулуулаг нь нарийн ширхэглэлтэй жигд тархалттайгаар хэдэн эрдэсүүдээс холилдон тогтсон байна.

5-р хүснэгт. *Таван толгойн ордын шаврын химийн найрлага*

Хэсэг	Хязгаар	Химийн найрлага, %							
		SiO_2	$Al_2O_3 + TiO_2\%$	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
I хэсэг	X_{min}	51.1	16.1	1.31	0.5	0.3	1.05	0.27	4.8
	X_{max}	67.5	26.3	9.76	3.0	1.2	2.98	2.07	17.7
	\bar{X}	58.3	21.4	3.83	1.36	0.74	2.06	0.85	9.0
II хэсэг	X_{min}	41.2	15.6	1.26	0.4	0.5	1.51	0.44	7.1
	X_{max}	63.9	26.4	11.53	2.6	2.2	3.22	1.81	19.9
	\bar{X}	56	20.0	4.13	1.13	1.12	2.36	1.0	9.79

Хөнгөнцагааны оксидын агууламж өндөртэй шаврын 1, 2-р хэсгийн химийн найрлагын дээд, доод ба дундаж агуулгын хэмжээг дээрх 5-р хүснэгтээр үзүүлэв.

Уг ордын түүхий эдийн найрлагын дүнгээс харахад уг шаварлаг чулуулаг нь хагас хүчиллэг шаврын ангилалд багтаж байна.

Галын тэсвэрлэлтийн үр дүнгээс харахад галын тэсвэрлэлтийн дээд үзүүлэлт 1580°C байна. Энэ нь уг түүхий эд галын тэсвэрлэлтээрээ галд тэсвэртэй шаврын галын тэсвэрлэлтийн ангилалын доод хэсэгт л багтаж байна гэсэн үг юм.

Ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнд нь 5 мкн-оос бага хэсэг нь дунджаар 71%-ийг эзэлж буй нь нарийн ширхэглэлтэй шаврын ангилалд уг чулуулаг багтаж байна.

Элгэнговийн галд тэсвэртэй шавар

Элгэнговийн (Цагаан-Овоо) галд тэсвэртэй шаврын орд нь Дундговь аймгийн нутагт Цагаан-Овоо сумаас баруун урагш 5 км, аймгийн төв Мандалговь хотоос баруун тийш 90 км, Улаанбаатар хотоос урагш 300 км зайд байрласан [35].

Уг орд нь геологийн бүтцийн хувьд палеозай, мезозай, кайнозайн чулуулгаас тогтсон мужид оршино. Энэхүү шаварлаг чулуулаг нь нүүрсний ордтой зэрэгцэн ташуу байрлалтайгаар галд тэсвэртэй, галд тэсвэрлэг, амархан хайламтгай шаварлаг занар байдлаар босоо үелэн тогтсон. Гадна талаас нь

харахад 3 төрлийн шаврыг ялгах боломжгүй учир уул техникийн ашиглалтын нөхцөл хүндэвтэр ангилалд тооцогдоно.

Галд тэсвэртэй шаварлаг занар нь 120 м урт газар 20 м-ийн гүнд дунджаар 3,55 метрийн зузаан үеэр тогтсон ба C_2 зэрэглэлээр ойролцоогоор 160.0 мянган тоннын нөөцтэй. Харин галд тэсвэрлэг шавар нь хайгуул хийсэн 1100 м урт 20 м хүртэлх гүнд дунджаар 2.46 метрийн зузаантайгаар C_2 зэрэглэлээр нийтдээ 100.0 мянган тоннын нөөцтэй.

Эрдэс зүйн найрлагын хувьд каолинит, монтмориллонит, метагаллуазитаас тогтох холимог эрдэст шаврын ангилалд энэхүү ордын чулуулаг багтах ба баяжуулаагүй байх тохиолдолд 51.2 - 62%-ийн каолинитийн агуулалттай байна. Уг чулуулагт биотит, кварц оролцсон байна. Химийн найрлагын дээд, доод ба дундаж агуулгын хэмжээг 6 дугаар хүснэгтээр үзүүлэв.

6-р хүснэгт. *Элзэнговийн шаврын химийн найрлага*

Шаврын ангилалт	Хязгаар	Химийн найрлага, %								
		SiO_2	Al_2O_3 - + TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	n.n. n
Галд тэсвэртэй	X_{min}	44.9	21.2	1.64	0.4	0.2	1.36	0.15	0.6	10.6
	X_{max}	53.7	26.9	4.61	1.4	0.9	2.27	1.05	1.03	24.6
	\bar{X}	51.7	24.1	2.41	0.7	0.4	1.89	0.48	0.99	14.8
Галд тэсвэрлэг	X_{min}	41.0	19.2	0.4	0.4	0.3	0.85	0.23	0.62	11
	X_{max}	55.8	27.0	13.6	2.2	1.1	2.22	1.64	1.75	21.6
	\bar{X}	49.8	23.3	5.1	0.8	0.5	1.8	0.5	0.75	16.3

Уг шаварлаг нь химийн найрлаган дахь Al_2O_3 -ын агуулалттайгаараа хагас хүчиллэг шаврын ангилалд орж байна.

Дээрх ордын түүхий эдийн үндсэн бүрдүүлэгчид нь нарийн ширхэглэлтэйгээр холилдон тогтсон, үелсэн бүтэцтэй, чулуужсан, уян налархай чанар багатай, ширхэглэлээр нь усаар задлан баяжуулах боломжгүй шаварлаг чулуулаг байна.

Цогт- Овоогийн анхдагч каолинит

Цогт- Овоогийн каолинитын орд нь сумын төвөөс баруун тийш 65 км, аймгийн төв Даланзадгад хотоос хойш 100.0 км, Улаанбаатар хотоос урагш 550 км-ийн зайд алслагдсан. Уг орд нь Монголын говийн дунд бүсэд намхан гүвээнүүдийн дунд байрлах ба хамгийн өндөр цэг 1506.7 м байна [36].

Орд нь геологийн бүтцийн хувьд дээд палеозай ба мезозай, кайнозайн чулуулгаас тогтсон мужид хамаарагдана. Энэ нь нөөцийн хувьд харьцангуй ихэвтэр, анхдагч каолинитын практик ач холбогдолтой гэж үзэж болох Монголд олдсон ганц орд юм.

Цогт- Овоогийн ордын анхдагч В + С₁ + С₂ ангиллаар 866952 тонн ба В ангиллаар 12827 тонн, С₁ ангиллаар 237528 тонн, С₂ ангиллаар 616597 тоннын нөөцтэй байна.



13-р зураг. Цогт-Овоогийн каолинитын орд газар

Уг каолинит нь боржин чулууны өгөршлийн дүнд үүссэн анхдагч хэлбэртэй, цэвэр каолинитын гарц харьцангуй багатай, хээрийн жонш, гялтгануурын эрдсийг хольц байдлаар агуулсан байна.

Геологийн судалгааны үр дүнгээс харахад анхдагч каолинитыг баяжуулахад гарах каолинитын гарц нь үйлдвэрлэлийн ангиллаар 23.53% ба түүний хэлбэлзэл нь 15-26%-ийн хооронд байна.

Геологийн тайланд тэмдэглэснээр цэвэр каолинит нь В ангиллаар 3584 тонн, С₁ ангиллаар 55331 тонн, С₂ ангиллаар 128164 тонн, нийлбэр дүнгээрээ 187079 тоннын нөөцтэй байна. Анхдагч болон баяжуулсан каолинитад хийсэн химийн шинжилгээний дүнг 7 дугаар хүснэгтээр үзүүлэв.

7-р хүснэгт. Цогт-Овоогийн каолинитын химийн найрлага

Шаврын ангилалт	Хязгаар	Химийн найрлага, %								
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
Анхдагч каолинит	X_{min}	58.7	12.6	0.37	0.16	0.4	0.2	0.9	0.08	0.2
	X_{max}	78.5	26.2	2.06	0.42	3.2	0.7	6	1.4	1.2
	\bar{X}	64.48	19.86	1.06	0.33	1.08	0.31	4.49	0.35	0.66
Баяжуулсан каолинит	\bar{X}	49.41	31.46	2.46	0.69	1.39	0.53	1.39	0.47	11.76

Химийн анализын судалгааны дүнгээс харахад анхдагч каолинит дахь Al_2O_3, SiO_2 зэрэг оксидын хэмжээ нь олон улсын анхдагч каолинитын жишигийн ойролцоо байгаа боловч будагч бодис (Fe_2O_3, TiO_2)-ын тоо хэмжээгээр ихтэйд хамаарагдахаар байна. Энэ нь уг ордын каолинитыг шаазан, хагас шаазан, вааран эдлэл хийхэд будагч бодисын хольцоороо шаардлага бүрэн хангахгүйд хүргэж буй боловч галд тэсвэртэй болон бусад эдлэл хийхэд химийн найрлагын хувьд сөрөг нөлөө үзүүлэхээргүй байна. Тайланд өгөгдсөн химийн шинжилгээний дүнгээс харахад Цогт-Овоогийн каолинит баяжигдаагүй үедээ хагас хүчиллэг, баяжигдсаны дараа суурьлаг шаврын ангилалд багтаж байна.

Баяжигдахын өмнө цахиурын оксидын агуулалт өндөр байснаа баяжигдсаны дараа огцом буурч оронд нь хөнгөн цагааны оксид нэмэгдсэн дүнтэй байна. Энэ нь түүхий эдийн найрлаганд ширхэглэг SiO_2 багагүй агуулагдаад тэр нь баяжуулалтанд өртсөнтэй холбоотойгоор багассанаар илэрхийлэгдэж байна.

Геологийн тайланд байгаа химийн найрлага болон керамик технологийн шинж чанарын үр дүнгээс харахад Цогт-Овоогийн анхдагч каолинит нь нарийн керамик эдлэл хийхэд тохирохгүй. Харин баяжуулсан тохиолдолд шамотон галд тэсвэртэй тоосго болон өнгөний цайваршилтыг нь сайжруулаад нарийн керамик эдлэл хийх түүхий эдээр ашиглаж болохоор байна.

Мандал-Овоогийн орд газар

Мандал-Овоогийн орд нь Өмнөговь аймгийн хойд хэсэгт аймгийн төв Даланзадгад хотоос хойш 150 км, Улаанбаатар хотоос Дундговь аймгийн Эрдэнэдалай сумыг дайран Даланзадгад хот хүрдэг авто замын ойролцоо

Мандал-Овоо сумаас зүүн урагш 4 км зайд оршино. Улаанбаатар хотоос 450 км [37].



14-р зураг. Мандал-Овоогийн орд газар

Орд нь дунд палеозойн хувирмал, мезо-кайнозон тунамал гаралтай гүний ба бялхмал чулуулаг бүхий геологийн бүтэцтэй мужид хамаарах ба доод цэрдийн Зүүнбаянгийн давхарга, дээд цэрдийн Баянширээтийн давхрага ба дөрөвдөгч галвын үүсэлтэй хурдсаас тогтоно. Эдгээр давхаргын хурдасыг босоо чиглэлд зүсэн үзвэл элс, элсэн чулуу, хайрга, шаварлаг хольцууд барьцалдсан 0.3-30.0 м зузаантай хөрзөн чулуу, 4-22 м зузаантай шаварлаг үеүүд ээлжлэн үелж тогтсон байх бөгөөд ордын хайгуул хийсэн хэсэгт шаврын 3 үндсэн үе байна. Үеүд дэх шавар нь нягт, уян налархай, улаан, хүрэн, ягаан өнгийн судлууд бүхий цайвар саарал өнгөтэй зэрэг гадна байдлаараа төсөөтэй болно.

Ордын геологи хайгуул хийсэн талбайн урт-600 м өргөн нь 100-350 м. Үйлдвэрийн зориулалтаар ашиглаж болох шаврын 3-н үе байгааг тогтоосон. Ил аргаар ашиглах боломжтой. Ашигтай үеийн зузаан давхрага үеийн тус бүрд харилцан адилгүй бөгөөд 5-16 м болно. Хөрс хуулалтын илтгэлцүүр 0.08-0.938 буюу ордын дундаж нь 0.405 байна.

Мандал-Овоо ордын шавар нь өнгөт исэл ($FeO + TiO_2$) харьцангуй их агуулах учир 1250°C температурт шатаасны дараа улаанаас хүрэн ягаан өнгөтэй болдог. Хайлмагжих температурын хүрээ 1470-1570°C температур байгаа нь хөнгөнцагааны оксидын агууламж харьцангуй өндөр гэдгийг харуулж байгаа бөгөөд энэхүү ордын шаврыг керамик мембран гарган авахад ашиглахад боломжтой гэж үзлээ.

1.6. Монгол орны байгалийн цеолитын судлагдсан байдал

Байгалийн гаралтай адсорбентод бентонит, идэвхжүүлсэн нүүрс, диотомит, хөнгөнцагааны оксид зэрэг орох бөгөөд сүүлийн жилүүдэд гадаадын олон оронд өөхөн чулууны элс, антрацитыг усыг цэвэрлэх уламжлалт шүүгүүр болгон хэрэглэхийн зэрэгцээ буталсан керамзит, шатамхай чулуулаг, галт уулын шаарга, хүрмэн чулуу зэрэг бусад материалын судалгааны ажил өргөн хийгдэж практикт ашиглах болжээ.

Хүнд болон өнгөт металлын нэгдлүүдийг технологийн үйл ажиллагааны хаягдал уснаас цэвэрлэхэд сүүлийн жилүүдэд клиноптилолит, морденитыг өргөн ашиглах болжээ. Цеолитын эрдсийн өөр нэг гол шинж чанар нь стронци, цези зэрэг цацраг идэвхит бодис, тэдгээрийн изотопуудыг шингээх чадвар сайтай байдаг байна.

Б.Түмэнбаяр нь Монгол орны байгалийн цеолитын иж бүрэн судалгааны ажил гүйцэтгэн цеолитын түүхий эдийн эрэл хайгуулаар тус улсын зүүн болон зүүн өмнөд хэсгийг цеолит агуулсан хамгийн том мужуудын нэг болохыг тогтоож гурван үндсэн генетик төрлийг ялгасан байна. Эдгээрт гидротерминал, дулаан-галт уулын болон галт уулын-тунамал чулуулагаас цеолитын чулуулаг үүссэн гэж үзээд Монгол орны цеолит нь ихэвчлэн клиноптилолит, шабазит, эронит, ферриеритээр агуулдаг болохыг тогтоосон байна [38].

С.Б.Базарова судалгааны ажилдаа Цагаанцавын цеолит клиноптилолитын эрдэс зонхилсон болохыг тогтоожээ [39]. Уг судалгааны ажилд цеолитыг портлантцементийн нэмэлтээр 5%-иар авахад шахалтын бат бэх нь 28 хоногийн дараа 84 МПа болж нэмэгдсэн үр дүн гарчээ.

Т.Ерэнхүү Тэрэлжийн горхийн амны боржин чулууны үйрмэг элс, Цагаанцавын цеолитын эрдсийн физик - механик шинж чанар, цэвэрлэгээний түвшинд хэрхэн нөлөөлж буйг судлан усны гуравдагч цэвэрлэгээнд ашигласан байна [40].

С.Чулуунхуяг нь Цагаанцавын цеолитыг ашиглан гол, горхины кальци, магни, төмрийн ионуудыг илүүдэл агуулсан усыг цэвэршүүлэх технологийг боловсруулсан байна [41].

Р.Энхээ нь цеолитыг өвөл, хаврын улиралд ямааны тэжээлд нэмж дангаар буюу мочевинтэй нийлүүлж өгөхөд сэвсний шаахайнцарын тоо, өөхний дэгдэмхий хүчлийн хэмжээ багасаж байгааг тогтоож, тэжээлийн шимт бодисын шингэц болон ямааны ашиг шимд эерэг нөлөөлж байгааг тодорхойлжээ [42].

Г.Жанчив нь галд тэсвэртэй шинэ материалын судалгааг гүйцэтгэх явцдаа Монгол орны цеолитын 10 гаруй ордыг судалж, Цагаанцавын цеолит нь 60%-с дээш хувийн клиноптилолит агуулсан, гидратацид бага ордог, жижиг молекултай бодисыг сонгомол байдлаар шингээдэг, дулааны болон хүчлийн идэвхжүүлэлт явуулахад адсорбцлох чадвар нь нэмэгддэг болохыг тогтоожээ [43].

Ж.Оюунцэцэг цеолитын физик - химийн чанар (сүвэрхэг чанар, ион солилцогч чадвар, адсорбцлох чадвар тэдгээрийг сайжруулах аргууд) болон механикын шинж чанарыг судлан, цеолитийг химийн идэвхжүүлэлтэнд оруулан адсорбцлох чадварыг нь сайжруулах буюу нүх сүвийн хэмжээг томосгож том хэмжээтэй молекулыг шингээх чадвартай болгох тал дээр судалгаа хийжээ. Түүний байгалийн цеолитын талаар хийсэн судалгааны ажлын хэвлэлийн тоймоос үзэхэд сүвэрхэг чанар цеолитын талст бүтцийн гол үзүүлэлтийн нэг болох нь харагдаж байна [44].

А. Чимэдцогзол “Идэвхижүүлсэн байгалийн цеолит гарган авах, түүнийг аналитик зориулалтаар хэрэглэх судалгаа” судалгааны ажилдаа Цагаанцавын ордын цеолитыг судалгааны ажлын түүхий эдээр сонгон авч дулаан болон хүчлийн идэвхижүүлт хийснээр байгалийн цеолитын ион солилцлын багтаамжийг 1.8 болон 2.4 дахин нэмэгдүүлэх боломжтойг тогтоосон байна. Мөн судалгааны ажлын үр дүнд 0.1%-иас бага агуулгатай хар тугалгыг NH_4^+ хэлбэрийн клиноптилолитээр баяжуулан атом шингээлтийн спектрометрийн аргаар тодорхойлох аналитик аргачлалын шинэ хувилбарыг боловсруулжээ [45].

Р.Санжаасүрэн цеолитын эрдэсийг цементийн массад нэмэлтээр авах судалгааны ажилдаа 500-700°C-ийн температурын хязгаарт Цагаанцавын цеолитыг дулааны боловсруулалтанд оруулахад клиноптилолитын эрдсийн үндсэн рентген өөрчлөлт орохгүй харин дегидратацид маш хүчтэй орж байгааг тогтоосон байна [46].

Тэгвэл Ц.Эрдэнэбат нь каолин, цеолит, базальтоидыг термохимийн аргаар боловсруулж, тэдгээрийн найрлага дахь дан гинжин болон үелэг бүтэцтэй цахиур хүчилтөрөгчийн тетраэдрүүдийн бүтцийг эвдэх замаар цементийн зуурмагийн талсжилтийн процессыг түргэсгэгч крентийг гарган авсан бөгөөд цементийн бат бэхийг 25-62.5%-иар нэмэгдэх боломжтойг тогтоожээ [47].

Х.Оюунтунгалаг судалгааны ажилдаа цеолитын сүвэрхэг чанар их байх тутам адсорбцлолтын багтаамж төдий чинээ их байдаг гэж үзжээ [48].

Онолын ёсоор клиноптилолит эрдэст кристаллографын 001 индекстэй талд паралель чиглэлтэй 10 тетраэдрээс тогтсон том хэмжээтэй (0.44-0.72 нм)

001 индекс тэй талд паралель чиглэлтэй 8 тетраэдрээс тогтсон дунд хэмжээтэй (0.40-0.55 нм), 001 индекс тэй талд паралель чиглэлтэй мөн 8 тетраэдрээс тогтсон жижиг хэмжээтэй (0.41-0.42 нм) гурван төрлийн хоёр хэмжээст молекул, ионыг адсорбцлох чадваргүй гэж үзжээ. Х. Оюунтунгалагийн хийсэн судалгаагаар цеолитын эзэлхүүний 36.1% -ийг нүх сүв эзлэх бөгөөд 0.49-0.61 нм-ийн радиустай нүх сүв давамгайлдаг нь усан дахь ион, молекулыг шингээх чадвартайг нотолжээ. Тэрээр цеолитын төрлийн эрдсийг коагулянтаар болон гадаргуугийн усны боловсруулалт, бохир усны цэвэрлэгээнд ашиглах боломжтойг тогтоосон байна. Учир нь коагулянтын үүрэг гүйцэтгэгч цеолитийг тодорхой концентрацитай уусмал байдлаар бэлтгэж холиход маш жижиг ширхэглэлтэй (хэмжээтэй) хэдий ч нээлттэй нүх сүв элбэгтэй сүвэрхэг материал тул дисперси, коллоид хэлбэртэй умбуурыг өөртөө шингээн (адсорбцлон) томорч, хялбар тунадасждаг байна. Энэ цеолит өөрөө нүх сүв ихтэй учраас хувийн гадаргуу их (дунджаар $10.8 \text{ м}^2/\text{г} \approx 10800 \text{ см}^2/\text{г}$) байдагтай холбоотой байна.

Г.Жанчив нь цахиурт нэгдлийн хими-технологийн судалгаандаа цеолитын эрдэст механик идэвхжүүлэлт хийсний үндсэн дээр азот фосфорын нийлмэл давс хэлбэрийн бордоог цеолиттой хольж механохимийн идэвхжүүлэлт хийснээр цеолитын $SI - O - Al$ холбоо тасрах буюу деформацид орсноор Al агуулсан идэвхитэй төвд фосфат ион харилцан үйлчлэлцсэнээр шинэ нэгдэл үүсэн бордооны усанд уусах чанарыг бууруулдаг болохыг тогтоожээ [49].

Р.Санжаасүрэн нь Түшлэгийн ордын цеолитыг судалж цеолитын ион солилцлын багтаамж нь - статик нөхцөлд-1.04 мг экв/гр; 0.8 мг экв/гр- динамик нөхцөлд-0.27мг экв/ гр болон хүчиллэг орчинд рН 3.2-оос 5.0 -ын хооронд байхад уг цеолит нь хром, хар тугалга, цайр, зэс ионуудтай сонгомол байдлаар ион солилцолд орж байгааг тогтоосон байна [50].

С.Чулуунхуяг, Б.Батцагаан, Ж. Бүдсүрэн нар байгалийн цеолитын нүх сүвийн хэмжээ, тэдгээрийн эзлэх хувийг өндөр даралтын (1000 атм) порометр, электроны микроскоп, рентген туяаны бага өнцгийн сарнил, "молекул тэмтрүүл"-ийн аргуудаар тодорхойлсон байна. Сүвэрхэг хатуу биетийг зарим судлаачид нүх сүвийн хэмжээгээр нь макро, микро, завсрын гэж гурван төрөлд хуваажээ. Нүх сүвийн хэмжээ нь 100-200 нм-ээс их байвал макро нүх сүв 1.5-1.6 нм -ээс 100 - 200 нм хэмжээтэйг завсрын, 1.5-1.6 нм-ээс бага бол микро нүх сүв гэж нэрлэсэн байдаг [51].

Мөн Ж.Оюунцэцэг нь барилгын материалд цеолитыг ашиглах судалгааны ажилдаа цеолитыг тоосгоны түүхий эдэд нэмснээр 680-1000 кг/м³ нягттай, 158

кг/м² шахалтын бат бэхтэй, ердийн тоосгоноос 1.7 дахин хөнгөн дулаан дамжуулах чанар нь 1.4 дахин бага буюу дулаан дамжуулалтын коэффициент нь 0.25-0.57 Вт/м град материал гарган авсан байна [52].

Ш. Дэмбэрэл нь судалгааны ажилдаа Цагаанцавын цеолитыг төл, өсвөр малд хаврын улиралд 0.5-1.0 г/кг тунгаар өнжөөд нэг удаа өгөхөд тэдгээрийн гүзээний тэжээл боловсруулах явц дах аммиакийн үүсэлтийг 42.6%-иар бууруулж, хэвэгч малын сэвсэн дэх тосны дэгдэмхий хүчлийн хэмжээг 26.3%-иар нэмэгдүүлснээр өвөл, хаврын амьдын жингийн алдагдалыг бууруулах төлөвтэй болохыг тогтоосон байна [53].

Судлаач Ц.Болортамир нь Цагаанцавын цеолитыг Ba^{2+}, Cu^{2+} болон $HDTMA - Br$ -ын усан уусмалаар идэвхижүүлэн модификацид оруулснаар байгалийн цеолиттой харьцуулахад арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усан дахь $Cr(III)$ болон $Cr(IV)$ ионуудыг нэгэн зэрэг шингээх чадвартай болохыг тогтоосон байна [54].

Мөн судлаач М. Золзаяа нь өвөл, хаврын улиралд Цагаанцавын байгалийн цеолитыг ашиглах замаар гүзээний тойрог дахь шивтэр-шээгийн төвшрүүлгийг бууруулж, бие махбодийн дотоод хордлогын эмгэг явцыг сааруулах боломжтойг тогтоосон байна. Үүний зэрэгцээ цеолит нэмэлт өгч өвөлжиж, хаваржсан хурганы гүзээний салст бүрхүүлийн уураг задлагч эсгэгийн идэвхи, зарим эрдсийн агууламж ердийн маллагаатай үеийнхээс дээгүүр байна гэж үзжээ [55].

Д.Энхтуяа нь Цагаанцавын ордын цеолитыг чичиргээт тээрмээр дээж бөмбөлгийн харьцааг 1:75-р авч, 20 минут идэвхжүүлэхэд ион солилцлын багтаамж нь 17.2%-иар нэмэгдүүлэн агрохимийн туршилт гүйцэтгэхэд ургацын гарцыг 20-30%-иар нэмэгдүүлдэг болохыг тогтоожээ [56].

“Цахилгаан станцын хаягдал үнснээс нано бүтэцтэй цеолитыг нийлэгжүүлэн гарган авч, аж үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлэхэд ашиглах боломж” сэдэвт судалгааны ажилд Ж. Тэмүүжин нь цахилгаан станцын үнснээс нам температурт буюу 200°C-ийн температурт гидротермаль аргаар 4М-ийн $NaOH$ ашиглан цеолитыг нийлэгжүүлэн гарган авахад Багануурын нүүрсний үнс тохиромжтой болохыг тогтоосон байна [57].

Б. Өлзий судалгааны ажилдаа нефтийн хүнд үлдэгдэл (360°C дээш нэрэгдэх) –ийг дулаан боловсруулалтанд оруулж шингэн бүтээгдэхүүний хөнгөн фракцийг цааш нь $Nb - Zr$ агуулсан ZSM -5 төрлийн нийлэг цеолит суурьтай катализатор дээр боловсруулж бензин, дизелийн фракциудын чанарыг сайжруулах судалгааг гүйцэтгэсэн байна [58].

Ц. Төгсөө Цагаанцавын ордын байгалийн цеолитыг идэвхжүүлэн крекингийн катализатор гарган авч, түүнийг нефтийн крекинг урвалын болон гидрохүхэргүйжүүлэх урвалын идэвхийг үйлдвэрийн катализатортай харьцуулан, дүгнэлт хийсэн байна [59].

Р.Санжаасүрэн нь судалгааны ажилдаа Түшлэг, Цагаанцавын цеолит, Багануурын уурхайн хаягдал шороон эрдсүүдийг 40 мкм-ийн хэмжээтэй нунтаглан ионгүйжүүлсэн ус болон 1-2 М шүлтийн уусмалаар 2-3 ц боловсруулан баяжуулан адсорбент материал гарган авч нүүрсхүчлийн хий болон азотын ислийг шингээдэг болохыг тогтоожээ [60].

“Ундны усны чанарын судалгаа, хаягдал усны ашиглалтын технологи,” сэдэвт судалгааны ажилдаа Ж.Оюунцэцэг нь Тээг, Хар үзүүр, Өргөн, Дөрвөндөрт, Баянхошуу, Түшлэг, Сүмийн хошуу ордын цеолитыг авч туршилт хийхэд Өргөний ордын цеолит ус цэвэршүүлэхэд хамгийн сайн үр дүнг үзүүлж усны хатуулгийг 9 мг-экв/л-с 0.9 мг-экв/л болтол бууруулсан үр дүн үзүүлжээ [61].

Н.Тогтохбаяр “Малын тэжээлийн ургамлын шилмэл сорт гаргах, тариалах, үйлдвэрлэх технологи” сэдэвт судалгааны ажилд өндөглөгч тахианы тэжээлийн жорд цеолитыг 4 хувиар, глицеринийг 6 хувиар нэмэхэд тахианы өндөглөлтөнд эерэг нөлөө үзүүлж байгааг тогтоосон байна [62].

М.Баяржаргал судалгааны ажилдаа Цагаанцавын цеолитоос шингэн бэлдмэл гарган авахын тулд 5-10%-ийн цууны хүчлээр идэвхижүүлэн клиноптилолитын агуулыг 25%-иар нэмэгдүүлэн, шингэн бэлдмэл гарган авах технологийг боловсруулсан байна [63].

“Нефтийн атмосфер нэрлэгийн үлдэгдлийг гидрокрекинг процессоор боловсруулахад хэрэглэх катализатор гарган авах судалгаа”-ны ажлаараа Ц. Төгсөө нь Цагаанцавын ордын байгалийн цеолитыг ашиглан крекингийн катализатор гарган авах арга боловсруулан шинэ патентын эрх авсан байна [60].

Ж.Рэнцэнханд нь “Өндөглөгч тахианы тэжээлийн жор боловсруулж цеолит, глицерин дрожжоор баяжуулсан дүн” сэдэвт ажлаараа Монгол оронд үйлдвэрлэсэн үр тариа, бусад түүхий эдүүдийг зохистой харьцаагаар хольж бүрэн найрлагат багсармал тэжээлийн жор боловсруулан, глицерин, цеолит, дрожж болон тэдгээрийн зохистой хослолоор баяжуулсан хувилбарыг шалгаруулж, өндөглөгч тахианы ашиг шимд үзүүлэх нөлөөг инвитро, инвиво түвшинд иж бүрэн үнэлсэн байна [64].

Ж.Тэмүүжингийн гүйцэтгэсэн “Төрөл бүрийн үнсийг боловсруулж шинэ материал гарган авах технологийн судалгаа” сэдэвт судалгааны ажилдаа

гидротермаль аргаар А төрлийн цеолитыг гарган авахад хайлмагжуулах температурыг 600°C болохыг тогтоож, гарган авсан цеолитоор Cr^{3+} ионыг адсорбцлох чадварыг судлахад зайлуулалтын хувь 99.9% байсан байна [65].

А.Эрдэнэчимэг судалгааны ажилдаа цеолиттой хүчит багсармал тэжээлийн жорыг глицериний 6,12,18%-иар баяжуулж шимт чанарын үнэлгээг лабораторийн нөхцөлд туршсан байна. Хүчит багсармал тэжээлийг цеолитоор баяжуулахад нийт үнс 4.5 %-иар нэмэгдэж, нийт эслэг 1.2 %-иар буурч, харин цеолит, глицериний холимогоор баяжуулахад нийт үнс 2.7%-иар нэмэгдэж, нийт эслэг 1.3%-иар буурч байгааг тогтоожээ. Судалгааны ажлын үр дүнд махны үхрийн хоногийн хэрэгцээт шимт бодисыг бүрэн хангасан тэжээллэг үзүүлэлтээр нь блансжуулсан цеолитоор баяжуулсан хүчит багсармал тэжээлийн жор боловсруулан бэлэн болгожээ [66].

Манай орны эрдэмтдийн судалгаанаас үзэхэд байгалийн цеолитыг янз бүрийн аргаар идэвхижүүлэн ус цэвэршүүлэх шүүгч, барилгын материал, малын тэжээлийн нэмэлт, хоргүйжүүлэх бэлдмэл зэрэг олон төрлийн бүтээгдэхүүн гарган авах технологийг боловсруулсан байна.

1.7 Цеолитын шингээлтийн чанарыг сайжруулах аргууд

Цеолитын адсорбцлох чадварыг дараах аргуудаар өөрчилж болдог. Үүнд:

- Дулааны идэвхжүүлэлт хийх;
- Химийн бодисоор үйлчлэх;
- Дээрх аргуудыг хослуулан хэрэглэх аргууд ордог байна.

Цеолитын бүтэц, түүний химийн болон физик шинж чанарыг органик бус шүлт ($NaOH, Ca(OH)_2$) эсвэл хүчиллэг уусмал (HCl, HNO_3) ашиглан өөрчилж болно.

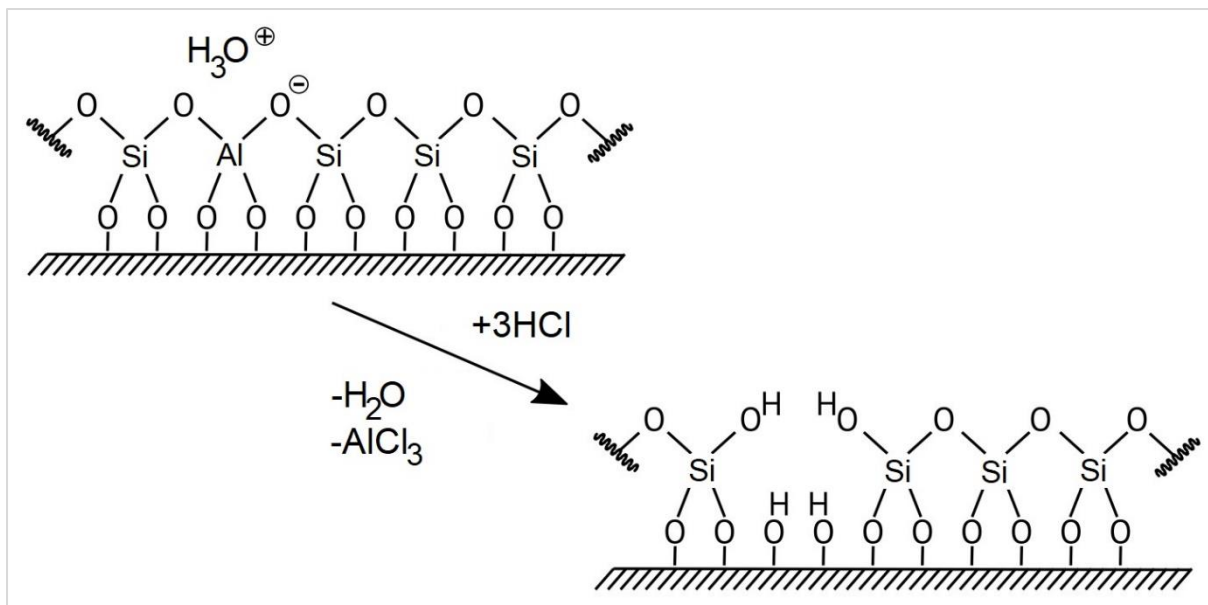
Эдгээрээс хүчлийн боловсруулалтыг хамгийн өргөн хэрэглэдэг. Цеолитын химийн найрлага, талтс оронт торын бүтэц, эрдсийн цэвэршилт болон ажлын нөхцөлөөс хүчлийн үйлчлэх хэмжээ хамаардаг байна. Байгалийн цеолитын нүх сүвийг бөглөсөн байдаг аморф материалыг уусгах нь хүчлийн боловсруулалтын нэг үр дүн ажээ.

Бренстед ба Льюисын онолын дагуу байгалийн цеолитыг хүчиллэг уусмалд уусах үйл явц нь алюмосиликатын бүтцийн H^+ болон OH^- ионууд хөдөлгөөнд орж $Al - O$ тетраэдрийн бүтэц эвдэрч уусмалд шилжсэнээр явагдана. Урвал рН-ийн

нам утганд идэвхитэй явагддаг бөгөөд үүссэн $AlOH^{2+}$ -ний гадаргуу нь устөрөгчсөн учраас хялбар уусаж салдаг байна.

Катионыг халах (цеолитын катионууд нь H^+ ионоор солилцох үед) процесс нь катионы концентраци өндөртэй уусмалд бага явагдах боловч энэ нь хүчлийн концентраци, катионы гидратацийн энтальпи зэргээс хамааралтай байна.

Давсны хүчлээр үйлчилэхэд катион ба хөнгөнцагааныг халах үзэгдэл явагдаж заримдаа талст оронт торын эвдрэлд хүргэснээр цеолитын устөрөгчөөр баяжигдсан хэлбэр үүсдэг байна.



15-р зураг. Давсны хүчлээр үйлчилэхэд хөнгөнцагааныг халж буй бүдүүвч

Цеолитын төрлөөс хамаарч давсны хүчлийн үйлчлэл янз бүр байдаг байна. Жишээлбэл ижил нөхцөлд байгалийн морденит болон эрионитийг давсны хүчлээр идэвхижүүлэхэд морденитын эрдэст катионыг халах үзэгдэл маш сул явагдаж хөнгөнцагааныг халах үзэгдэл бараг явагдаагүй байна. Харин эрионитийн шүлтийн ба газрын шүлтийн металл болон хөнгөнцагааны авалт бараг 90% хүрсэн байна [67].

Өөрөөр хэлбэл бүтцийн хувьд ижил байгалийн цеолитуудын хүчлийн идэвхжүүлэлтэнд эрдсийн төрөл, солигдох катионы агууламж, түүнчлэн хольц ихээхэн нөлөөлдөг байна.

Цахиурын агууламж өндөртэй байгалийн цеолит (жишээлбэл, клиноптилолит, гейлендит, морденит, эрионит, ферриерит) нь шүлтлэг усан орчинтой харилцан үйлчлэлцэх нь ерөнхийдөө бага бөгөөд хүчилд мөн тэсвэртэй байх хандлагатай байдаг байна [68].

Органик бус давс ($NaCl, CaCl_2, BaCl_2, NH_4Cl, FeCl_3$) эсвэл катион гадаргуу идэвхтэй бодисоор (гексадецилтриметиламмонийн (HDTMA) - бромид) идэвхжүүлэлт хийснээр цеолитын шинж чанарыг сайжруулж, ус цэвэршүүлэх үр ашгийг нэмэгдүүлдэг байна [69].

Цеолитын талст торын бүтэц болон сувгуудад агуулагдах усны хэмжээ нь нийт массынх нь 10-25%-ийг эзэлдэг байна. Цеолитыг ус цэвэршүүлэхэд үр ашигтайгаар ашиглахын тулд цеолитын дегидратацид орох шинж чанар болон бүтцийн тогтворжилтын талаар мэддэг байх зайлшгүй шаардлагатай байдаг байна. Дараах хүснэгтээр зарим нэг байгалийн цеолитын дулааны тогтворжилтыг 8-р хүснэгтээр үзүүлээ [70].

8-р хүснэгт. *Зарим нэг байгалийн цеолитын дулааны тогтворжилт*

Байгалийн цеолит	Дулааны тогтворжилт
Анальциме	700°C хүртэл
Лаумонит	500°C хүртэл
Эрионит	750°C хүртэл
Морденит	800°C хүртэл
Гейленандит	300°C хүртэл
клиноптилолит	750°C хүртэл

Дулааны боловсруулалтанд оруулснаар цеолитын сувгуудад агуулагдаж буй органик бодисууд болон усны молекулыг зайлуулан нүх сүвийн эзлэх эзэлхүүнийг өсгөх боломжтой байна.

Цеолитыг идэвхжүүлэх үндсэн аргуудыг нэг нь механик идэвхжүүлэлт бөгөөд клиноптилолит, морденит, гейленди зэрэг цахиурын агууламж өндөртэй төрлүүдийг механик аргаар идэвхижүүлэхийг судлаачид зөвлөдөг байна [71].

ХОЁРДУГААР БҮЛЭГ. КЕРАМИК МЕМБРАНЫ СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

2.1 Шаврын шинж чанарын судалгааны ажлын аргачлал

Шаварлаг түүхий эдийн чулуулаг хольц, ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, уян налархай чанар, шаврын агаарын болон шатаалтын суулт, шахалтын бат бэх зэрэг шинж чанарын судалгааг MNS 5175:2002 стандартад заасан аргуудыг ашиглан гүйцэтгэв [72].

Шаврын дотоод бүтцийн судалгаа. Каолинит болон цеолитыг анхдагч байдлаар нь болон баяжуулсны дараа химийн болон эрдсийн найрлагыг рентген флюоресценц (XRF), рентген дифрактограмм (XRD) зэрэг багжаар, SEM, БАК-д (Барилга архитектурын корпораци) болон ХБНГУ-ын Фрайбергийн уул уурхайн академийн “Керамик, галд тэсвэртэй материал ба композит материалын институт”-ын багаж тоног төхөөрөмж дээр тодорхойлуулан үр дүнг ашиглав.

Шаврын чулуулаг хольцыг тодорхойлох. Шаврын дундаж дээжнээс 500 г-ийг тус тус 0.01 г нарийвчлалтайгаар жигнэн авч түүний эзэлхүүнээс 3-4 дахин их ус нэмж зутан үүстэл сайтар хутгаад 24 цагийн турш байлгана. Дэвтээсэн дээжийг 0.5 мм-ийн шигшүүр дээр асгаж усаар тунгалаг болтол угаасны дараа 105-110°C -ийн температурт тогтмол жинтэй болтол нь хатааж үлдэгдэлийг нь 5, 2, 1, 0.5 мм-ийн шигшүүрээр нэвтрүүлж шигшүүр тус бүр дээрх үлдэгдлээр чулуулаг хольцын хэмжээг жингийн аргаар тодорхойлсон.

Үр дүнг тооцох: Шаврын том ширхэгтэй хольцын агуулгыг /X/-ийг дараах томъёогоор тооцно.

$$X = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100\%$$

Энд: m_1 – шигшүүр дээрх үлдэгдлийн жин, г

m_0 – анх авсан сорьцын хэмжээ, г

Шаврын ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн. Шаврын дундаж дээжнээс 50 г жинлэн авч зутан үүсгээд 0.063 мм-ийн шигшүүрээр нэвтрүүлэн 105-110°C температурт тогтмол жинтэй болтол хатаана. Ингэж бэлтгэсэн дээжийг дериватограф ба рентген бичлэгийн шинжилгээнд хэрэглэнэ. Дараа нь иж бүрэн багц шигшүүрээр шигшинэ. Эцэст нь 3 хуваан шинжилгээнд хэрэглэж тухайн ширхэг тус бүрийг бүрдүүлэгч эрдсийг тодорхойлно.

Каолинитын баяжмалын гарц. Мандал-Овоогийн каолинит чулуулаг хольцтой байсан бөгөөд керамик мембраны түүхий эд гарган авахын тулд уг

каолинитыг баяжуулан ашиглах шаардлагатай болсон. Тиймээс Мандал-Овоогийн шавраас гарах баяжигдсан шаврын тоо хэмжээ буюу гарцыг тогтоох шаардлагатай байв. Иймд анхдагч дээжээс 500 г-ийг жинлэн авч нойтон аргаар 0.3 мм-ийн шигшүүрээр бүрэн нэвтэртэл усаар баяжуулан шигшүүр дээрх үлдэгдлийн тоон хэмжээгээр каолинитын гарцыг тогтоов.

Шаврын уян налархай чанарыг тодорхойлох. Шаврын уян налархайн дээд урсах хязгаарын чийглэгийг баланслагч конус ашиглаж, доод буюу тасрах хязгаарын чийглэгийг жгут бэлтгэх замаар тус тус тодорхойлов. Шаврын уян налархай чанар гэдэг нь шавар зуурмаг гадны хүчний үйлчиллээр эвдрэл ан цав үүсгэхгүйгээр дурын хэлбэрийг олж үйлчлэгч хүчийг зогсоосны дараа олсон хэлбэрээ хадгалах чадвар юм.

Энэ чанар нь шаврын чийглэгээр тодорхойлох ба чийглэг нь усны хэмжээнээс хамааран өөрчлөгдөнө. Шавар зуурмаг биеэ даахгүй өөрийн жингийн хүчинд урсах байдалыг урсалтын хязгаар буюу уян налархайн дээд хязгаар, харин таталцлын хүчинд хөндлөн огтлолынхоо хэмжээг өөрчлөхгүйгээр тасрах байдалыг тасралтын хязгаар буюу уян налархайн доод хязгаар гэнэ. Энэ хязгааруудын ялгавар нь шаврын уян налархай чанарын үзүүлэлт болох ба уян налархайн тоо гэнэ. Үүнийг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$n = W_1 - W_2$$

W_1 – шаврын урсалтын хязгаарын чийг, %

W_2 – шаврын тасралтын хязгаарын чийг, %

Шаврын уян налархайн дээд урсах хязгаарын тодорхойлох. Уян налархай шавар зуурмаг бэлтгэж цилиндр саванд хийгүй сайн нягтруулан хийж илүү гарсан зуурмагыг цилиндрийн амсартай тэнцүүлэн хусаж жигдлээд тэгш тавиур дээр байрлуулна. Дараа нь гадаргууг нь тосолсон конусыг цилиндртэй шавар зуурмагын гадаргууд үзүүрийг нь шүргэхээр байрлуулаад өөрийн жингээр нь чөлөөтэй унагана. Конус унасанаас хойш 5 секундын хугацаанд конус хэрчлээс тэмдэг (10 мм) хүртлээ шавар зуурмагт шигдсэн байх ёстой. Үүний дараа зуурмагаас 25 г жигнэн авч тогтмол жинтэй болтол хатаан доорх томъёогоор үр дүнг тодорхойлно.

$$W = \frac{T_1 - T_2}{T} \cdot 100\%$$

Энд: T_1 - нойтон дээжний жин, г

T_2 - хатсан дээжний жин, г

T – хатаасан дээжний жин, г

Шаврын уян налархайн доод хязгаар буюу тасралтын хязгаарыг урсгалтын хязгаар тодорхойлоод үлдсэн шаварт хуурай шавар нэмж аргуунжуулан чийгийг жигдрүүлээд хавтгай шилэн дээр 3 мм-ийн диаметртэй болж тасрах хүртэл гарын алгаар сувиж савханцрын тасархайнуудыг урьдчилан халаасан бюксэнд хийж жигнэн тогтмол жинтэй болтол хатаагаад доорх томъёогоор тасралтын хязгаарын чийглэгийг олно.

$$W = \frac{T_1 - T_2}{T} \cdot 100\%$$

Энд: T_1 - нойтон дээжний жин, г

T_2 - хатсан дээжний жин, г

T – хатаасан дээжний жин, г

Шаврын уян налархай зуурмагын ажлын чийглэг тодорхойлох. Байгалийн бүтцийг нь эвдэлгүйгээр боловсруулсан шавар зуурмаг дээр ВИК-ийн багажаар тодорхойлов. Энэ нь шавар зуурмагын хэвлэлтэнд хамгийн зохимжтой буюу дээд зэргийн уян налархай байдалтай байх үеийн чийг юм. Тодорхойлохдоо шавар зуурмаг бэлтгэн цилиндр хэвэнд хийж цилиндрийн амсартай тэнцүүлэн хусаад Викийн багажны тавцанд голлуулан байрлуулна. Дараа нь багажний зүүг зуурмагын гадаргууд тулган шүргэлцүүлж секундомерийг харж чөлөөтэй унагана. Ачаалалтай зүү жингийн даралтаар зуурмагт 5 минутын хугацаанд 30-40 мм шигдэх хүртэл туршилтийг гүйцэтгэнэ. Зохистой чийглэг нь тохирсны дараа зуурмагаас 15-20 г жинтэй 4 хэсэг зүсэж аваад жигнэж тогтмол жинтэй болтол хатаагаад дахин жинлэж доорх томъёогоор тодорхойлно. Туршилтыг 3 удаа хийж дундчлан үр дүнг авна.

$$W_x = \frac{m_2 - m_x}{m_2} \cdot 100\%$$

$$W_y = \frac{m_2 - m_x}{m_x} \cdot 100\%$$

Үүнд: W_x – харьцангуй чийг,

m_2 – чийгтэй сорьцын жин, г

W_y – үнэмлэхүй чийг

m_x – хуурай сорьцын жин, г

Шаврын агаарын болон шатаалтын суулт. Мандал-Овоогийн ордын анхдагч каолинит болон баяжуулсан каолинитын хатаалт, шатаалтын ба ерөнхий суултыг уян налархай зуурмагаар 50x50x10 мм-ийн хэмжээтэй загвар бэлтгэн штангенциркулаар 50 мм-ийн хэмжээс тавьж хатаалт, шатаалтын үеийн шугаман өөрчлөлтөөр нь тодорхойлов. Туршилтын үр дүнг доорх томъёогоор тооцно.

$$L_x = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \cdot 100\%$$

$$L_{ш} = \frac{d_2 - d_3}{d_1} \cdot 100\%$$

Үүнд: d_1 - загварын анхны хэмжээ, мм

d_2 - загварын хатаасны дараах хэмжээ, мм

d_3 - загварыг шатаасны дараах хэмжээ, мм

L_x - Хатаалтын шугаман агшилт, %

L_{III} - Шатаалтын шугаман агшилт, %

Шаврын шахалтын бат бэхийн үзүүлэлтийг. БАК-ийн "STEY-300 " маркийн прессээр тодорхойлсон.

2.2. Эрдэс бүрэлдэхүүний судалгаа

Микро элементийн шинжилгээ. Индукцен холбоост плазмын эмиссийн спектромерт /ICP- OES6000/ төхөөрөмжөөр литийгээс уран хүртэлх бүх элементийн изотопыг, олон төрлийн үйлдвэрлэлд чухал хэрэгцээтэй 16 газрын ховор элементийг тодорхойлох боломжтой. Индукцен холбоост плазмын эмиссийн спектромерт /ICP-OES6000/ төхөөрөмжийг ашиглан цеолитын микро элементүүд, нийт элемент /макро, микро, хүнд металл/ тодорхойлсон. Уг туршилтыг хийхэд цеолитыг уусмал хэлбэрт шилжүүлсэн. Үүнд: HNO_3 –с 2.5мл хийж Hotblock 105°C-д байлгаж давс хэлбэрт шилжүүлнэ. Үүний дараа 2 мл HNO_3 , 6мл HCl нэмнэ. Дахин Hotblock 105°C-д хаан дарсны уур ялгарж дуустал ууршуулна. NO_2 ялгарж дуусхад азотын хүчил 1 мл дахин нэмж уусмалыг 50 мл болтол нэрмэл усаар шингэрүүлнэ.



16-р зураг. Индукцен холбоост плазмын эмиссийн спектромерт

Хүнд металлын шинжилгээ. Энэ аргачлал нь цеолитын үндсэн болон дагалдах элементийн агуулгыг тодорхойлоход илүү тохиромжтой. Исэлдүүлэгч агуулаагүй флакс хэрэглэдэг учир 5%-аас их сульфид агуулсан дээжийн хувьд энэ арга нь тохиромжтой бус байдаг.



17-р зураг. *Thermo Scientific Niton XL3p XRF анализатор*

Адсорбцлох чадварыг тодорхойлох арга. Цеолитын адсорбцлох чадварыг эксикаторын аргаар тодорхойлов. Поташийн ханасан уусмалыг хэрэглэж $p/p = 0.4$ усны харьцангуй уурын даралттай орчинг гарган авав. Диаметр нь 160 мм-ээс бага ширхэгтэй дээжүүдийг урьдчилан 300°C -д тогтмол жинтэй болтол хатааж бюксэнд хийн дээрх орчинд тавьж жинг тогтмол болтол хэмжилтийг хийв.

Ион солилцолын багтаамжийг тодорхойлох. Ион солилцолын багтаамжийн утга нь функциональ бүлгийн дугаарын нөхцлөөр тодорхойлогддог. Катион солилцогч H^+ -ын бүлэг болон анион солилцогч OH^- –ын бүлэг нь уусдаггүй хүчил болон шүлтээс бүрддэг. Бид уусдаггүй хүчлийг ашиглан ион солилцолын багтаамжийг тодорхойлсон. Багтаамжийг тодорхойлох арга нь рН-ын титрлэлт гэж нэрлэгддэг.

Анион солилцолын багтаамжийг тодорхойлохын тулд сайтар нунтагласан цеолитоос 1 г авч 100 мл, 0.1М NaOH -д 24, 48, 72 цагийн турш байлгана. Уусмалаас 10 мл-ыг шүүж 0.1М HCl -ын уусмалаар титэрлэж адсорбцлосны дараах HCl -ын концентрацыг тодорхойлно. Титрлэлт явуулахдаа фенолфатлейны индикатораас ойролцоогоор 3 дуслыг нэмж, өнгөгүй болтол нь HCl -оор титэрлэнэ. Томьёо (9) болон (10)-ыг ашиглан анион солилцолын багтаамжийг тодорхойлно.

$$C_{2\text{NaOH}} = C_{\text{HCl}} \cdot \frac{V_{\text{HCl}}}{V_s} \quad (9)$$

$$Q_{[(\text{нийт}) \text{ мг/г}]} = \frac{(C_1(\text{NaOH}) - C_2(\text{NaOH})) \cdot V \cdot (100 - w)}{\frac{100}{m}} \quad (10)$$

Нягт тодорхойлох Гидростатик арга:

Архимедийн хуулинд тулгуурласан ба хатуу биетээр түрэгдэн гарах шингэний эзэлхүүнийг хэмжих аргаар нягтыг тодорхойлдог. Тодорхой дурын шингэнийг авч болох боловч, ихэвчлэн нэрсэн ус, толуол, ксилол зэрэг шингэнийг авдаг. Нягтыг нь тодорхойлж байгаа эрдсээ нарийвчлал өндөртэй (аналитик жин) жингийн нэг үзүүрт нарийн металл утас зүүгээд, (эсвэл хөнгөн металаар хийсэн таваг байж

болно) түүндээ бэхэлж жинлэнэ. Гэхдээ урьдчилан жингээ тэнцвэржүүлсэн эсвэл торсион жин ашиглаж байгаа бол 0 цэгийг нь тааруулсан байна.

Энэ аргаар нягтыг тодорхойлохдоо хоёр тавагтай аналитик жин, эсвэл торсион жин хэрэглэх нь илүү тохиромжтой байдаг. Цэвэр жингээ тодорхойлсны дараа нэрсэн устай шилэн аяганд дүрнэ. Ингэхэд сорьцын хананд бөмбөлөг үүсээгүй байхын зэрэгцээ сорьц шилэн аяганы хананд шүргээгүй байвал зохино. Усанд дүрснийхээ дараа мөн дахин жинлээд агаарт ба улан дахь сорьцын жингийн зөрүүгээр дараах (2) томъёогоор эрдсийн нягтыг тодорхойлоно.

$$D = \frac{G}{G-G_1}(d_l - d_a) + d_a \quad (2)$$

Сүвэрхэг шинж чанар:

Сүвэрхэг чанар гэдэг нь туршиж буй материалын бүх нүх сүвний (задгай ба хаалттай) эзэлхүүнийг сорьцын ерөнхий эзэлхүүнд харьцуулсан хэмжигдэхүүн бөгөөд пикнометрийн ба гидростатик жингийн аргаар тодорхойлсон нягтыг нь урьдчилан тодорхойлоод дараах (3) томъёогоор олдог.

$$A = \frac{(d-d_1)}{d} * 100\% \quad (3)$$

d – туршиж буй сорьцын пикнометрийн аргаар тодорхойлсон нягт ($г/см^3$);

d_1 – сорьцын гидростатик аргаар тодорхойлсон нягт ($г/см^3$).

Нүх сүвийн хэмжээг тодорхойлох. Уг туршилтаар “молекул тэмтрүүл”-ийн аргыг хэрэглэж 3-н янз бүрийн хэмжээтэй шингээгч авч судалгаа хийж буй цеолитын нүх сүвийн хэмжээг тодорхойлов. Үүнд: бензол ($6.1A^\circ$), этанол ($\dots A^\circ$), нэрмэл ус ($2.8A^\circ$) гэсэн гурван уусмалийг хэрэглэж 3 эксикаторт тавьж цэнэглэв. $300^\circ C$ -д хатааж бэлдсэн цеолитын дээжийг бюксэнд ижил хэмжээтэйгээр хийж дээрхи орчинд тавьж тогтмол жинтэй болтол нь туршилтаа явуулав.

2.2. Анхдагч каолинитыг баяжуулах аргачлал

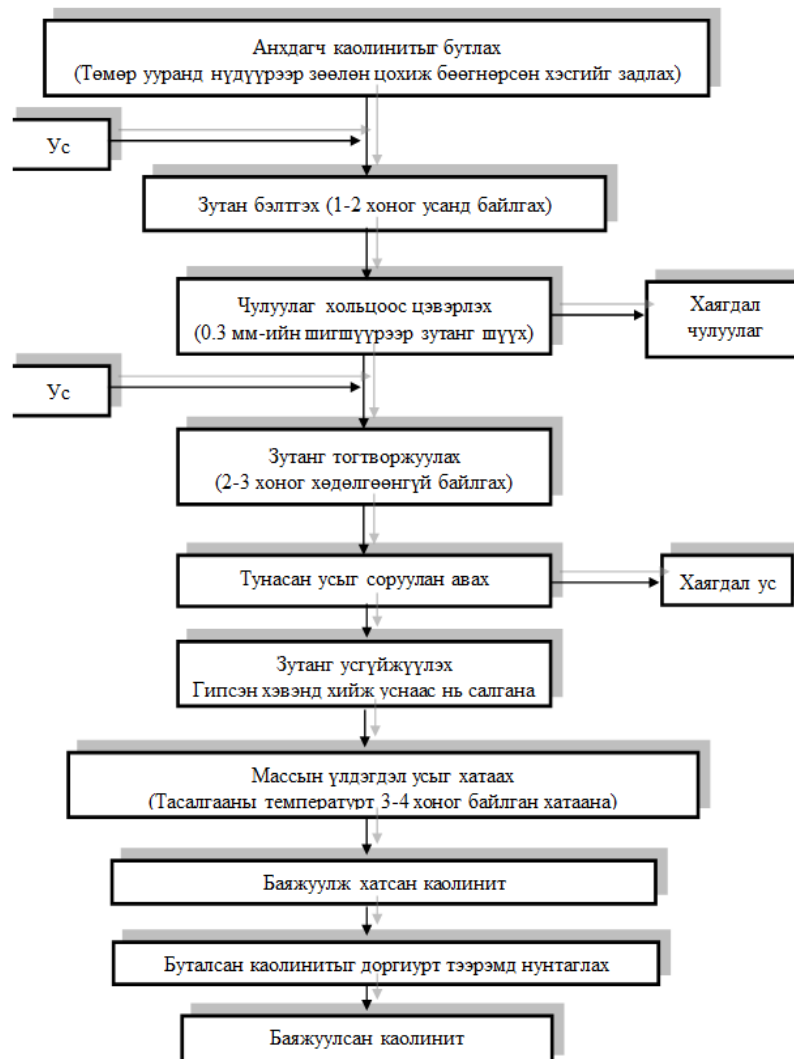
Мандал-Овоогийн орд газраас авчирсан анхдагч каолинит нь чулуулаг, элсэрхэг болон тоосорхог хольцоор ихээр бохирдсон учир баяжуулан ашиглах шаардлагатай байв. Судалгааны ажилд ашиглах анхдагч каолинитын баяжуулалтыг 16-р зурагт үзүүлэв.

16-р зурагт үзүүлсэн бүдүүвчийн дагуу судалгаанд ашиглах каолинитад баяжуулалт хийж, баяжуулалтаас гарах каолинитын гарцыг тогтоов.

Анхдагч каолинит нь өндөр нягтралтай биш боловч бөөгнөрсөн хэлбэртэй байсан тул задралтыг хурдан болгохын тулд уур нүдүүрээр хөнгөн маягаар цохиж шаврын байгалийн бүтэц болон хольцыг эвдэхгүйгээр задлав.

Хөнгөн маягаар цохиж хуурай бутлан задалсан анхдагч каолинит дээрээ 60-70%-ийн ус нэмж нойтон аргаар задалсан. Шаврын задралтыг бүрэн явуулахын тулд зутанг 3 хоног байлгав. Бүрэн задралтанд орсон зутанг 0.3 мм-ийн шигшүүрээр шүүж чулуулаг хольцоос нь салгав. Шаврыг чулуулаг хольцоос нь бүрэн салгахын тулд шигшүүр дээр бага зэрэг усаар шавраа угааж доош нэвтрүүлж байв. Баяжуулалтын явцад шаврыг нэмэгдэл усаар угааж шүүлтийг түргэсгэсэн тул зутангийн ус нэмэгдсэн болно.

Зутангаа 0.063 номерийн шигшүүр дээр шүүж баяжуулалтыг үргэлжлүүлэв. Баяжуулалтыг хурдан явуулахын тулд шигшүүр дээрх зутангийн үлдэгдэл дээр ус нэмж өгч элсэрхэг ба тоосорхог хольцыг шавраас угааж байв. Баяжуулсан усархаг зутанг 3 хоног тусгай саванд хөдөлгөөнгүй байлгахад шавар нь суун, ус нь дээрээ тунаж гарсныг соруулан аваад өтгөн зутанг гипсэн хэвэнд хийж усыг нь татуулсан. Усгүйжсэн уян налархай төлөвтэй массыг тасалгааны температурт 3-4 хоног байлгахад агаарын хуурай төлөвт шилжиж байв.



18-р зураг. Анхдагч каолинитыг баяжуулах технологийн бүдүүвч

Ингэж баяжуулсан каолинитыг булт бутлуураар бутлаад 1 мм-ийн шигшүүрээр шигшсэний дараа хооронд нь хольж найрлагыг жигдрүүлэв.

Найрлагыг нь жигдрүүлж баяжигдсан каолинитаас туршилтанд хэрэглэх дундаж дээжийг дөрвөцлөх аргаар бэлтгэн түүнийгээ керамик технологийн шинж чанарыг тодорхойлоход ашиглав.

Ус нэвтрүүлэх хурдыг лабораторийн нөхцөлд тодорхойлох арга: Ус нэвтрүүлэх хурдыг бэлтгэсэн дискээр 0.02-0.08 МПа даралттай 19-р зургаар үзүүлсэн багажаар тодорхойлов. Ус нэвтрүүлэх хурдыг дараах томъёог ашиглан тооцно.

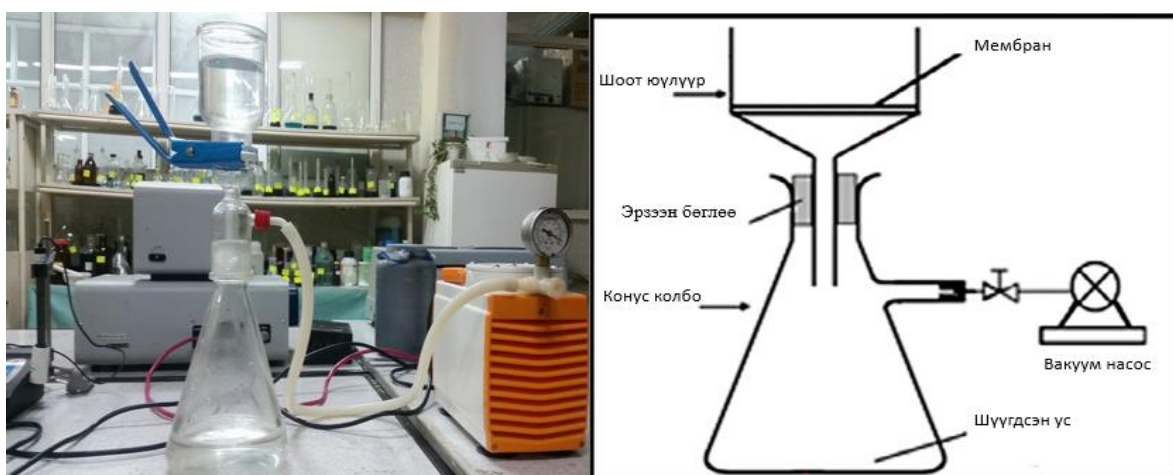
$$U = \frac{V}{t * S}$$

Үүнд: U - ус нэвтрэх хурд, л/м²·цаг

V - шүүхэд зарцуулсан усны хэмжээ, л

t - ус шүүсэн хугацаа, цаг

S - ус нэвтрүүлсэн дискний талбай, м²



19-р зураг. Лабораторийн нөхцөлд ус нэвтрэх хурдыг тодорхойлсон багаж

Дээрх ус нэвтрүүлэх багаж нь мембран байрлах, даралт өгөх вакуум насос, шингэнийг тосох шлибтэй колбо, хавчаар, хэмжээст ус хийгч сав гэсэн үндсэн хэсгүүдээс бүрдэнэ.

Термогравиметр ба динамик дифференциал калориметрийн арга

Термогравиметр ба динамик дифференциал калориметрийн шинжилгээнд ХБНГУ-ын Фрайбергийн уул уурхайн академийн керамик, галд тэсвэртэй материал ба композит материалын институтын NETZSCH STA 409 PC/PG багажийг ашигласан. Хатуу дээжийг корундан тигельд хийн 20-1200°C-ийн температурт агаарын нөхцөлд халааж гүйцэтгэсэн бөгөөд халаалтын хурд нь 10 К/мин ба агаарын оролтын зэрэг нь 100 мл/мин байв.

2.3 Судалгааны ажлын объект

Судалгааны ажилд Дорноговь аймгийн Өргөн сумын нутагт, Сайншандаас зүүн өмнө зүгт 94 км, Улаанбаатараас 540 км зайд төмөр замын дагуу өндөр хүчдэлийн шугамаас 23 км зайд орших Өргөний цеолитын дээж болон Өмнөговь аймгийн хойд хэсэгт аймгийн төв Даланзадгад хотоос хойш 150 км-т, Улаанбаатар хотоос 450 км-т орших Мандал-Овоогийн орд газрын анхдагч каолинитыг авч ашиглалаа.



20-р зураг. Өргөний ордын цеолитын хүдрийн биет

Баргилт-Овооны өгөгдлийн 1:50000-ны масштабтай геологийн гүйцээх судалгааны ажилд баганат өрөмдлөгийн аргаар өөрөө явагч болон суурин өрмийн төхөөрөмжөөр 26 цооногоор 2522.6 тууш метр , шнек өрмийн төхөөрөмжөөр 1367.8 тууш метр буюу 272 цооногийг нэмж өрөмдөн судалгааг гүйцэтгэсэн байна. Цеолит, барилгын элс болон шаваруудын тухай мэдээлэл цуглуулах зорилгоор эрэл зураглалын 24 цооногийг 2247.6 тууш метр өрөмдсөн. Эрлийн цооног Өргөний цеолитын илэрлийн таамагласан нөөцийг P_1 зэрэглэлээр тооцох зорилгоор 3 цооног 638.1 тууш метр тус тус өрөмдсөн бөгөөд Өргөний ордын нийт нөөц 152 сая тонн үүнээс C_1 ангилалын 70-80% цеолитын агуулгатай нь 91 сая тонн, 70-90% агуулгатай нь 10.89 сая тонн гэж тооцсон байна [33]. Геологийн энэ тайлан дээр үндэслэн Монполметын дээж авсан цоогоос тус тус дээжээ сонгон авав.

Тус ордын дээж нь ногоон туяатай ба цагаан өнгөтэй үеүүдээс бүрдэж байсан бөгөөд цаашид ногоон өнгөтэй дээжийг 1-р дээж, харин цагаан өнгөтэй дээжийг 2-р дээж гэж тэмдэглэв. (20-р зураг үзнэ үү)

ГУРАВДУГААР БҮЛЭГ. ЦЕОЛИТОН НЭМЭЛТТЭЙ МЕМБРАН ГАРГАН АВАХ СУДАЛГААНЫ АЖЛЫН ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

3.1 Түүхий эдийн судалгаа

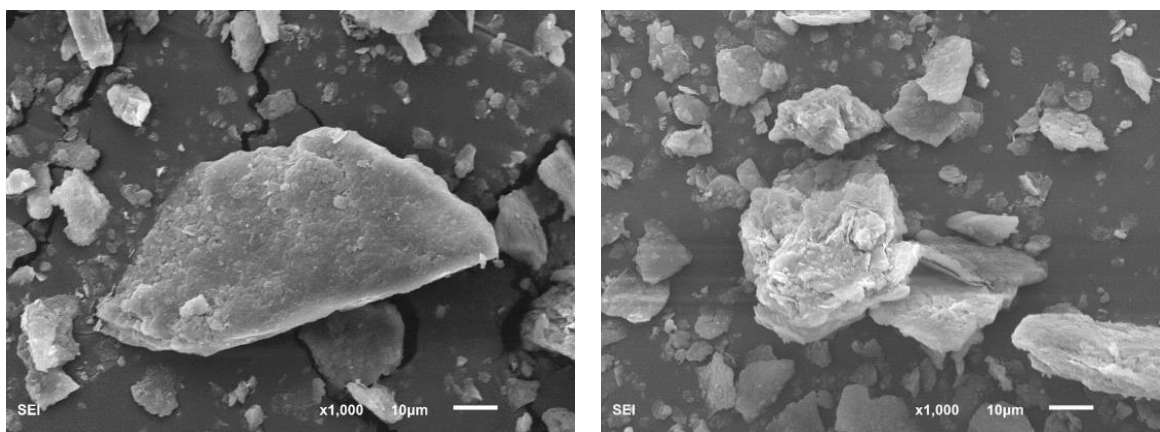
3.1.1 Каолинитын судалгаа

Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнг дараах хүснэгтээр үзүүлэв.

9-р хүснэгт. *Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын химийн найрлага тодорхойлсон үр дүн*

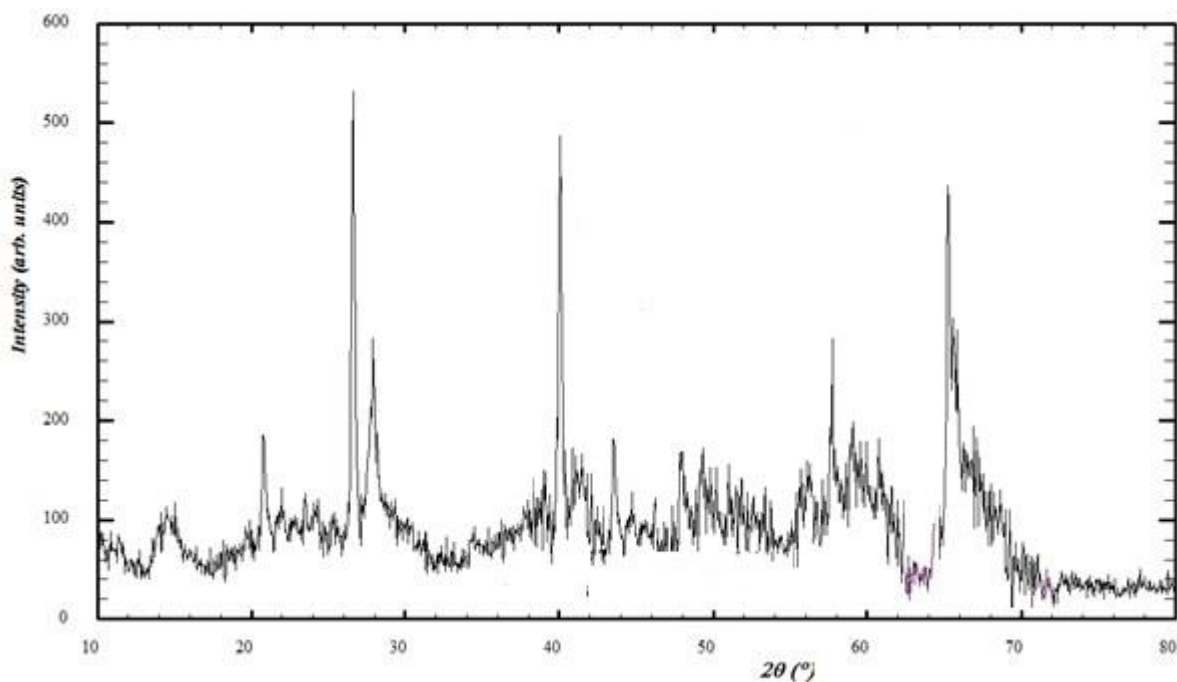
Дээж, %	SiO_2	$Al_2O_3 + TiO_2$	Fe_2O_3	CaO	MgO	$Na_2O + K_2O$	ШХ
Анхдагч	73.94	17.04	2.21	1.19	0.59	2.56	5.4

Каолинитын химийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнгээс харахад уг шавар нь анхдагч болон баяжуулсан хэлбэрээрээ хагас хүчиллэг шаврын ангилалд багтаж байна. Анхдагч шаварт цахиурын оксид 73.94% байгаад баяжуулсны дараа 67.0% болон буурч харин хөнгөнцагааны оксидын хэмжээ 17.04% байснаа 20.31% болон нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байна. Энэ нь түүхий эдийн найрлаганд ширхэглэг кварц багагүй агуулагдаад тэр нь баяжуулалтанд өртсөнтэй холбоотой гэж үзлээ.



21-р зураг. Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын SEM-ийн зураг

Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын эрдсийн найрлагыг рентген дифракцийн аргаар тодорхойлсон үр дүнг дараах 22-р зурагт үзүүлээ.



22-р зураг. Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын эрдсийн найрлагыг рентген дифракцийн аргаар тодорхойлсон үр дүн

Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнгээс гидрослюд 70.09%, каолинит 7.22%-ийг эзэлж байна гэж тогтоов. Мөн кварц болон хээрийн жонш агуулж байна.

Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнийг тодорхойлсон үр дүнг дараах 10-р хүснэгтээр үзүүлэв.

10-р хүснэгт. Мандал-Овоогийн анхдагч каолинитын ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн

Түүхий эд	Ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, %		
	Элс	Тоос	Шавар
Анхдагч каолинит	3.47	26.15	70.38

Мандал-Овоогийн анхдагч каолинит элс-3.47%, тоос-26.15%, шавар-70.38%-ийг тус тус агуулж байгаа нь энэ шавар нарийн ширхэглэлтэй шаврын ангилалд тус багтаж байгааг харуулж байна.

Мандал-Овоогийн ордын анхдагч каолинитын керамик технологийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнг хүснэгт 11-т үзүүлэв.

11-р хүснэгт . Мандал-Овоогийн ордын анхдагч каолинитын керамик технологийн шинж чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүн

Түүхий эд	Шаврын чулуулаг хольцын хэмжээ, %	Уян налархайн тоо, n	Хэвлэлтийн чийг, %		Хатаалтын агшилт, %		
			w_x	w_y	900°C	950°C	1000°C
Анхдагч каолинит	5.76	5.57	22.56	29.14	5.46	-	5.82

Мандал-Овоогийн ордын анхдагч каолинитын чулуулаг хольц 5.6 % буюу чулуулаг хольц багатай, баяжмалын гарц 91.9%, уян налархайн тоо 6.89 байгаа нь аргуун шаврын ангилалд багтаж байна. Мөн анхдагч каолинитын харьцангуй чийг 22.56%, үнэмлэхүй чийг 29.14%, харин баяжуулсны дараа харьцангуй чийг 23.13%, үнэмлэхүй чийг 30.09% байна. Эндээс харахад анхдагч шавар нь хольцын агууламж болон уян налархай чанар багатай байгаагаас үүдэн уян налархай зуурмагын ажлын чийглэг бага байна.

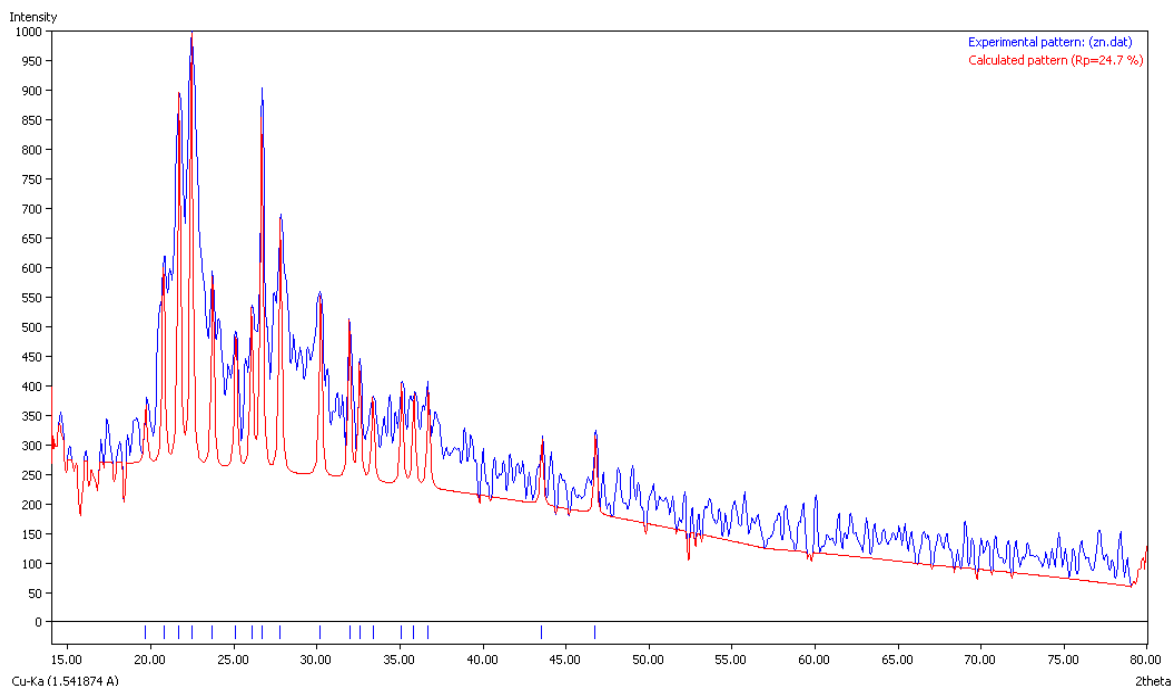
Хэвлэлтийн зохистой чийглэг нь шаврын эрдэс зүйн найрлага болон ширхэглэлийн бүрэлдэхүүнээс ихээхэн хамаардаг байна. Анхдагч каолинитын хатаалтын агшилт 900°C-т 5.46 %, 1000°C-т 5.82 % байв.

3.1.2 Байгалийн цеолитын судалгаа

Өргөний цеолитын орд газраас авч ирсэн ногоон болон цагаан өнгөтэй эх дээжний эрдсийн найрлагыг тодорхойлов. Цаашид 1 ба 2-р дээж хэмээн нэрлэн явна.

Эрдсийн найрлагыг ШУТИС-ийн материал судлалын лабораторийн “Crystal Impact, Winplotr 2012” төхөөрөмж дээр хийж үр дүнг “Match” программаар боловсруулсан үр днг 23-р зургаар үзүүллээ.

Зураг 23-с харахад диффрактограмм дээр клиноптилолит эрдсийн талст бүтцийн 020 хавтгайгаас ойсон $d = 0.880$ нм, 0.894 нм эрчим дээр, кристалл торын тэгш хэм нь $C2/m$, $a = 17.63$, $b = 17.94$, $c = 7.40$ шугамууд дээр тод ялгарсан байна.



23-р зураг. Дээж-1 дифрактограммын бичлэг

Зураг 23-с харахад дифрактограмм дээр клиноптилолит эрдсийн талст бүтцийн 020 хавтгайгаас ойсон $d = 0.880$ нм, 0.894 нм эрчим дээр, кристалл торын тэгш хэм нь $C2/m$, $a=17.63$, $b=17.94$, $c = 7.40$ шугамууд дээр тод ялгарсан байна.

12-р хүснэгтээр Өргөний ордын 1-р дээжний үр дүнг үзүүлэв.

12-р хүснэгт. Цеолитын 1-р дээжний эрдсийн найрлага тодорхойлсон үр дүн

Эрдсийн нэр	Химийн томьёо	Кристалл торын тэгш хэм, торын параметр (А)
Анортит	$Ca(AlSi_2O_8)$	Моноклин, $P(-1)2$, $a=8.17$, $b=12.87$, $c=14.17$
кварц	SiO_2	гексагональ, $P3_22_1$, $a=4.91$, $c=5.70$
	$Na[AlSi_3O_8]$	
клиноптилолит	$(Na, K, Ca)_{4.05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	В моноклин, $C2/m$, $a=17.63$, $b=17.94$, $c=7.40$
	$(Na, K, Ca)_{4.05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$(Na, K, Ca)_{4.05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$(Na, K, Ca)_{4.05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	Триклин, $C-1$, $a=8.13$, $b=12.78$, $c=7.15$
	$Na[AlSi_3O_8]$	

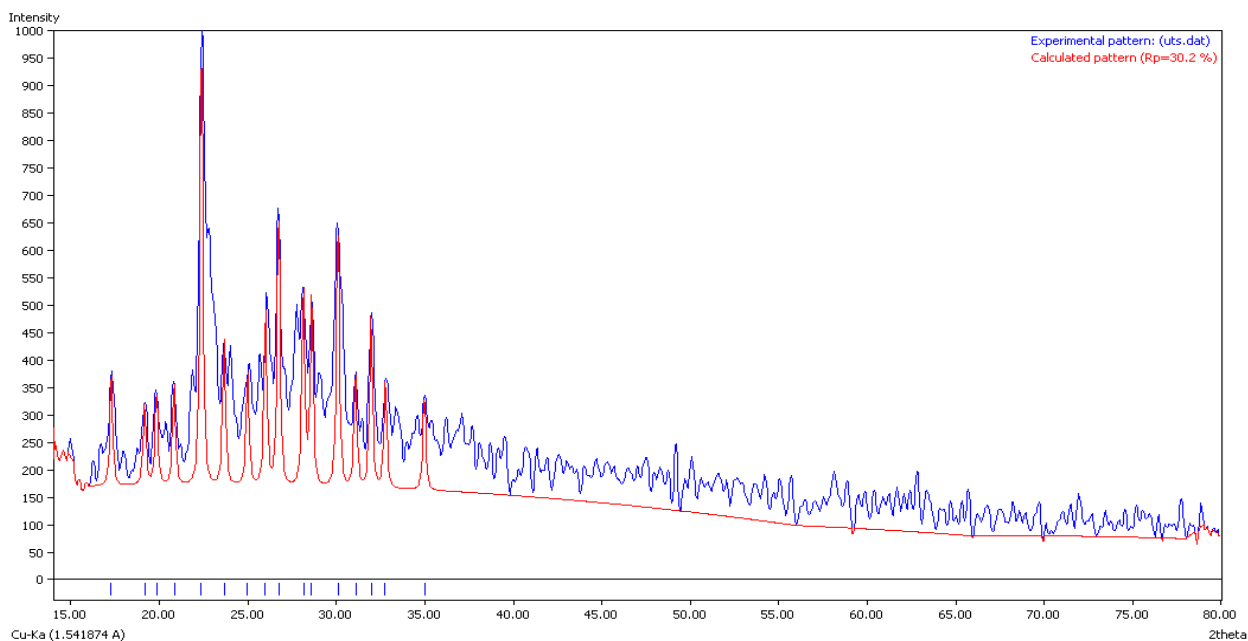
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Ca(AlSi_2O_8)$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Ca(AlSi_2O_8)$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	

13-р хүснэгт. Цеолитын 1-р дээжний эрдсийн найрлага

Эрдсийн нэр	Химийн томъёо	Масс, %
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	39.75
Клиноптилолит	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	35.58
Анортит	$Ca(AlSi_2O_8)$	18.83
кварц	SiO_2	5.82

Өргөний ордын 1-р дээжинд цеолитын клиноптилолит эрдэс зонхилж байгаа нь харагдаж байна. Мөн дифрактограммын бичлэг дээр клиноптилолит эрдсээс гадна кристалл торын тэгш хэм нь $a=4.91$, $c=5.70$ шугамууд дээр кварц, $a=8.17$, $b=12.87$, $c=14.17$ шугамууд дээр хээрийн жоншоос тогтож байгаа нь харагдаж байна.

Өргөний ордын цеолитын 2-р дээжний эрдсийн найрлага тодорхойлсон үр дүнг зураг 24, хүснэгт 14 ба 15-д үзүүллээ.



24-р зураг. Цеолитын 1-р дээжний дифрактограммын бичлэг

14-р хүснэгт. Цеолитын 2-р дээжний эрдсийн найрлага тодорхойлсон үр дүн

Эрдсийн нэр	Химийн томьёо	Кристалл торын тэгш хэм, торын параметр (А)
Анортит	$Ca(AlSi_2O_8)$	
кварц	SiO_2	гексагональ, $P3_22_1$, $a=4.91$, $c=5.70$
	$Na[AlSi_3O_8]$	
клиноптилолит	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	β -моноклин, $C2/m$, $a=17.63$, $b=17.94$, $c=7.40$
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	Триклин, $C-1$, $a=8.13$, $b=12.78$, $c=7.15$
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6,2}Si_{29,8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Ca(AlSi_2O_8)$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	

	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	
	$Ca(AlSi_2O_8)$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	
	$Na[AlSi_3O_8]$	

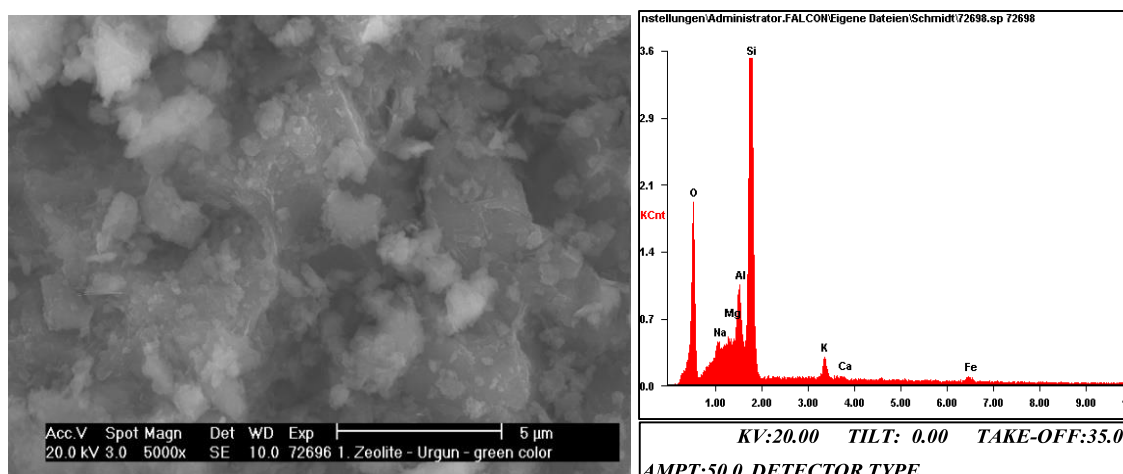
15-р хүснэгт. Цеолитын 2-р дээжний эрдсийн найрлага

Эрдсийн нэр	Химийн томъёо	Масс, %
Клиноптилолит	$(Na, K, Ca)_{4,05}Al_{6.2}Si_{29.8}O_{72} \times 32H_2O$	60.09
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	24.24
кварц	SiO_2	9.74
Анортит	$Ca(AlSi_2O_8)$	5.92

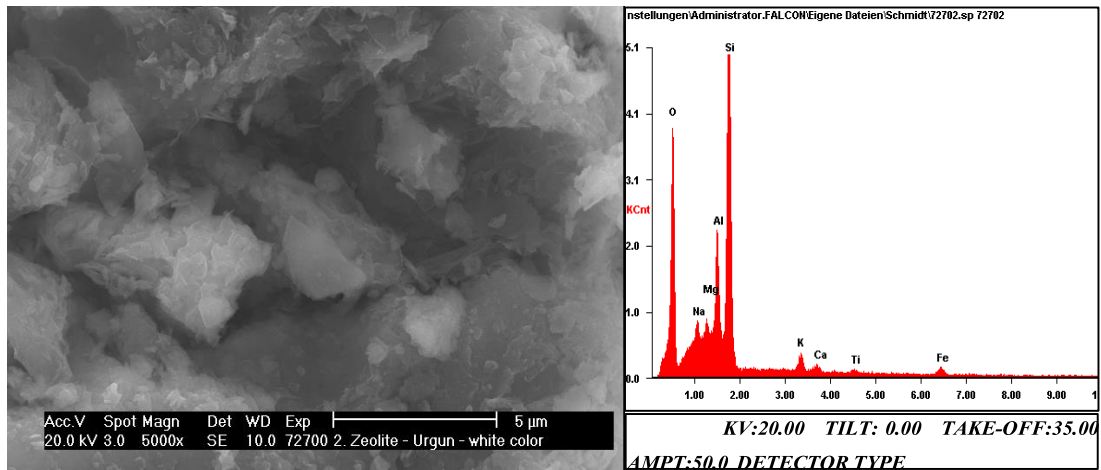
24-р зургаас харахад дифрактограмм дээр клиноптилолит эрдсийн талст бүтцийн 020 хавтгайгаас ойлсон $d = 0.880$ нм, 0.894 нм эрчим дээр, кристалл торын тэгш хэм нь $C2/m$, $a=17.63$, $b=17.94$, $c=7.40$ шугамууд дээр тод ялгарсан байна.

2-р дээж нь мөн клиноптилолит эрдэсээс тогтсон болохыг харуулж байна. Мөн дифрактограммын бичлэг дээр клиноптилолит эрдэсээс гадна кристалл торын тэгш хэм нь $a = 4.91$, $c = 5.70$ шугамууд дээр кварц, $a= 8.13$, $b= 12.78$, $c= 7.15$ шугамууд дээр хээрийн жоншоос тогтсон нь харагдаж байна.

1 ба 2-р дээжний цеолитын SEM болон EDEX шинжилгээний үр дүнг 25-р ба 26-р зурагт үзүүлээ.



25-р зураг. Цеолитын 1-р дээжний SEM, EDEX шинжилгээний үр дүн

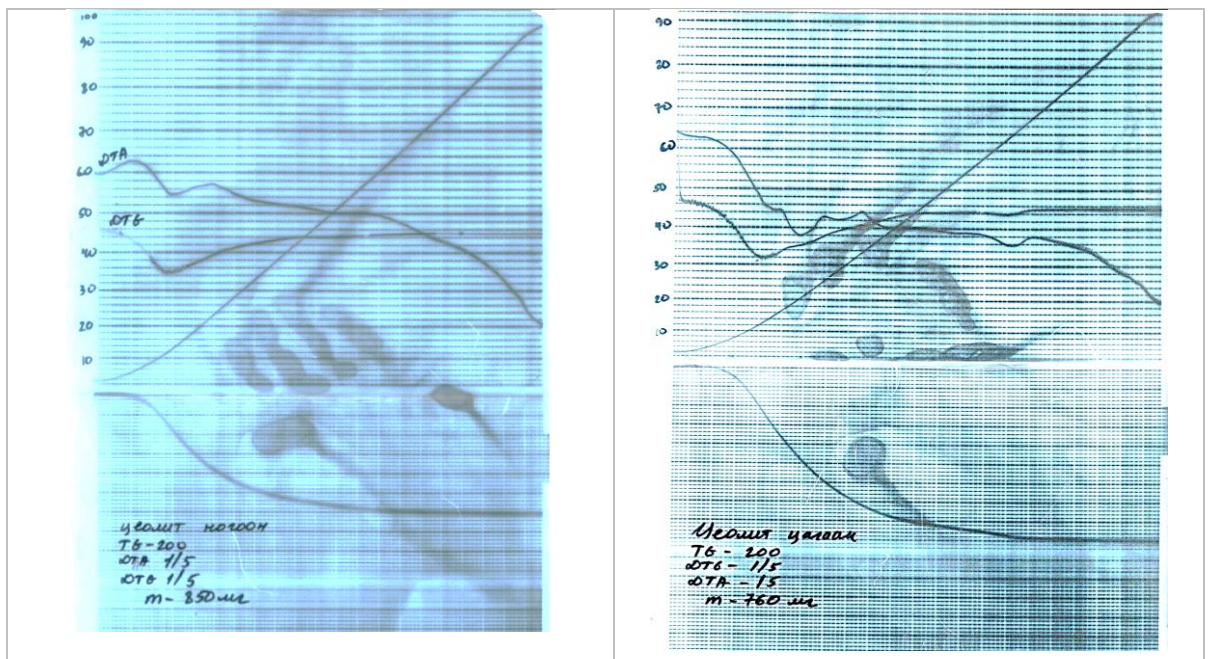


26-р зураг. Цеолитын 2-р дээжний SEM, EDEX шинжилгээний үр дүн

Байгалийн цеолитын талстын хэмжээ нь 10-50 мкм байдаг. Тэгвэл Өргөний ордын цеолитын SEM-с харахад клиноптилолитын талстын хэмжээ нь 5-10 мкм буюу жижиг талсттай байна. Харин EDEX шинжилгээнээс харахад Al -1.6% , K- 1.1% , Si -27.6%, циркон- 69.6% агуулагдаж байна. 2-р дээжний цеолитын SEM-с харахад клиноптилолитын талстын хэмжээ нь мөн адил 5-10 мкм буюу жижиг талсттай байна. EDEX шинжилгээнээс харахад хөнгөнцагаан 17%, цахиур 7.2%, барий 7%, манган 5.4%, кальци 0.7%, төмөр 6.1%, зэрэг элементүүд илэрсэн ба цахиурлаг болох нь харагдаж байна.

Дулааны задлан шинжилгээний үр дүн

Туршилтанд ашигласан 1 ба 2-р дээжний дериватограммыг 27–р болон 28-р зурагт үзүүлэв.



27-р зураг. Цеолитын 1-р дээжний дериватограммын TG ба DTG муруй

28-р зураг. Цеолитын 2-р дээжний дериватограммын TG ба DTG муруй

Дээрх зургуудаас үзэхэд дериватограмм дээр 30-400°C-ийн температурын мужид эрчим сайтай эндоэффект ажиглагдаж байна.

Эдгээр эндоэффектын максимум 135-140°C мужид байна. Эндоэффектүүд нь цеолит дахь усны ууршилтаас үүссэн болох нь дериватограммын TG ба DTG муруйнуудаас харагдаж байна.

Дериватограмм дээрх 140°C орчимд эрчим сайтай нэг эндоэффект тэмдэглэгдсэн байгаа нь клинотилолитын төрлийн эрдсүүд байгааг харуулж байна. Эндоэффектүүд нь цеолит дахь усны ууршилтаас үүссэн болох нь дериватограммын TG ба DTG пикүүдээс харагдаж байна.

Цеолитын дериватограммын судалгаанаас үзэхэд дегидратацийн процесс 30°C–400°C-ийн температурын мужид эрчимтэй ажиглагдаж 10.73% -ийн жингийн хорогдолтой байна.

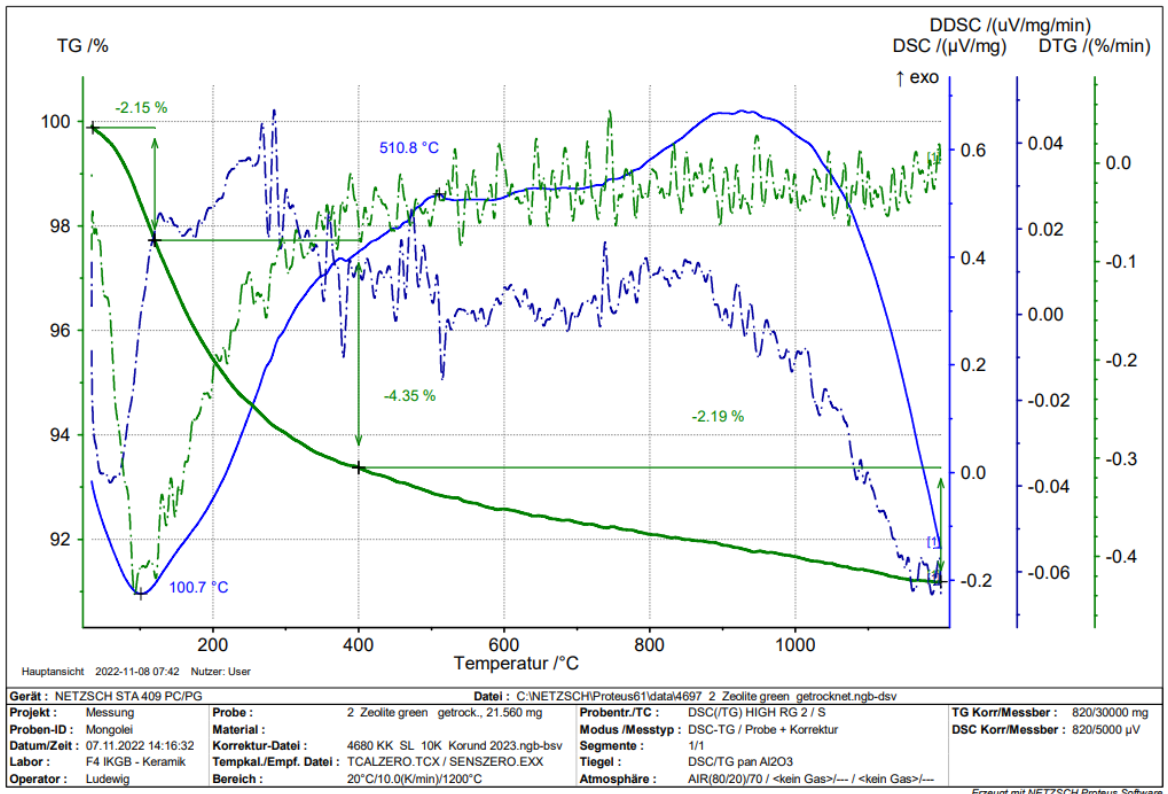
Цеолит нь өөртөө их хэмжээний ус агуулдаг учир ус алдалтын хэмжээгээр агуулгыг тодорхойлж болно гэж үздэг.

Цеолитод агуулагдах усны хэмжээг тодорхойлсон үр дүнг 16-р хүснэгтээр үзүүлээ.

16-р хүснэгт. Цеолитын усны хэмжээ

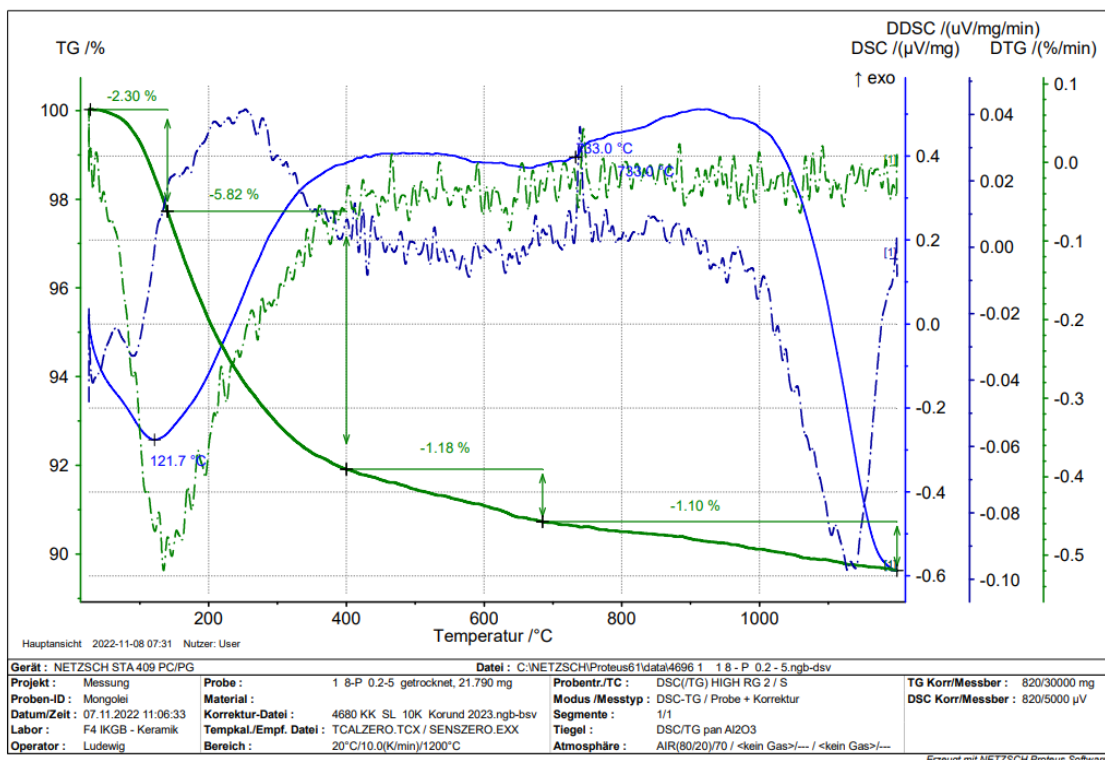
№	Нэр	Эзлэх хувь, %		
		Шавар,	Цеолит	Ус алдалт
1	1-р дээж	14.21	78.53	8
2	2-р дээж	11.47	85.39	9.1

16-р хүснэгтээс харахад шаварлаг хольц багатай дээжийн ус алдалт их байгаа нь цеолит нүх сүвэндээ их хэмжээний ус агуулж байдагтай холбоотой юм. Мөн дээрх хоёр цеолитыг Германы Керамик, галд тэсвэртэй материал ба композит материалын институтын лабораторийн NETZSCH STA-409 маркийн багажийг ашиглан шинжилж ОХУ-ын ДРОН-2 маркийн багаж дээр хийсэн судалгааны үр дүнтэй харьцуулан үзүүлэв.

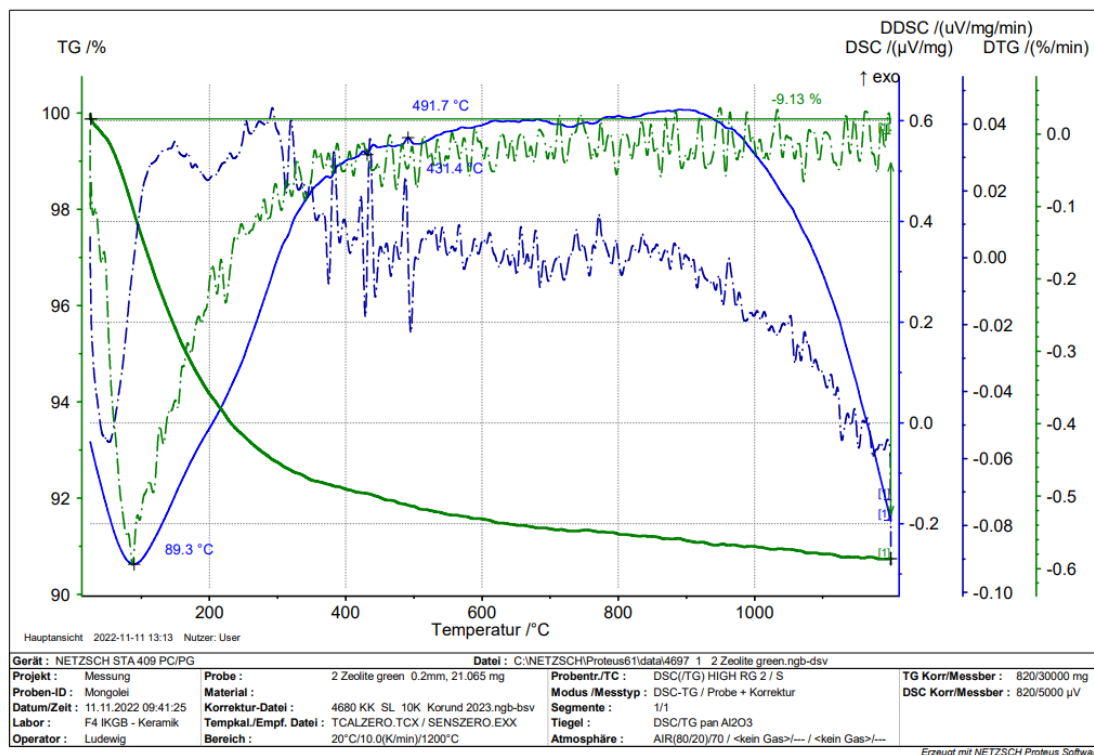


29-р зураг. Цеолитын 1-р дээжний дериватограммын TG ба DSC муруй

Дээрх зургаас харахад 1-р дээжний цеолитын жингийн хорогдол 120°C дээр 2.15%, 120-400°C хүртэл 4.35%, 400-1000°C хүртэл 2.19% -ийн хорогдолтой байгаа нь харагдаж байна. Мөн нийт жингийн хорогдол нь 8.69% байгаа нь дээрх үр дүнтэй тохирч байна.



30-р зураг. Өргөний цеолитын 2-р дээжний дериватограммын TG ба DSC муруй



31-р зураг. Өргөний Цеолитын 1-р дээжний 0.2 мм ширхэглэлтэй дээжийн дериватограммын TG ба DSC муруй

Өргөний цеолитыг хацарт бутлуураар бутлан 0.08, 0.2, 0.3, 0.45, 0.9, 2.0 мм-ийн шигшүүрээр шигшиж ангилсан. Цеолит нь ширхэглэлээсээ хамаараад

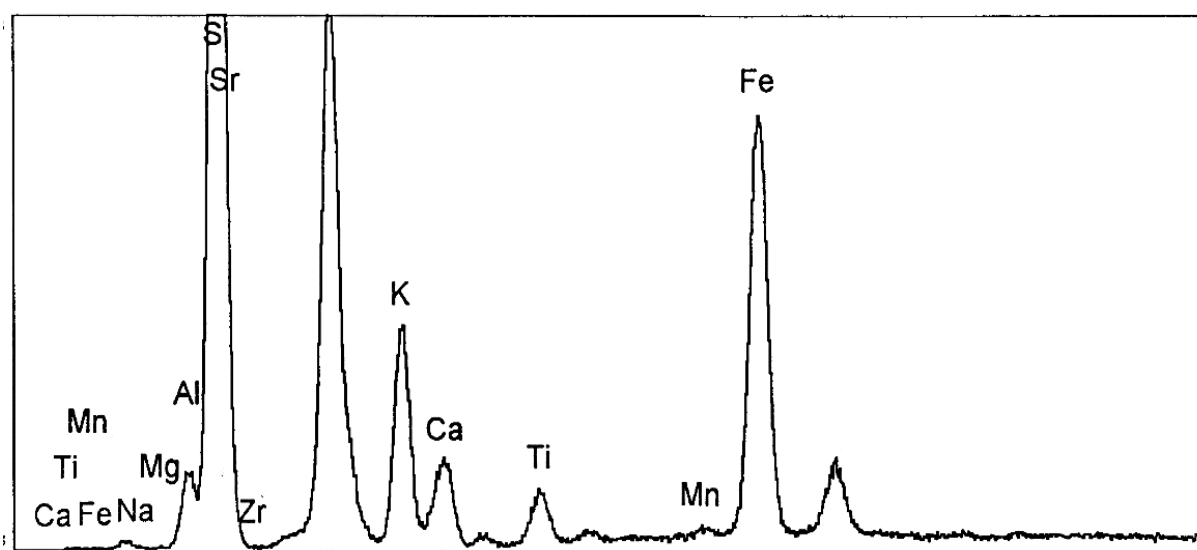
химийн идэвхжүүлэлтэнд харилцан адилгүй орох бөгөөд эдгээрээс дундчлаж 0.45 мм -ийн шигшүүрээс гаргасан дээжийг сонгон авлаа.

Шингээгчийн ширхэглэлийн хэмжээ нь 0.5 мм -ээс томгүй байвал элемент шингээлтийн процесст тохиромжтой гэж үздэг байна [69].

Цеолитын янз бүрийн ширхэглэлтэй хэсгүүд дэхь клиноптилолит эрдсийн агуулга нь ширхэглэлийн хэмжээ багатай хэсэгт харьцангуйгаар их байна. Гэвч хэт жижиглэлт нь талст бүтцийн эвдрэлд хүргэдгийг анхаарах хэрэгтэй.

Түүхий эдийн химийн найрлага тодорхойлох судалгаа

Өргөний 1-р дээжний рентгенфлуоресценцийн спектрийн шинжилгээний үр дүнг 32-р зураг болон 17-р хүснэгтээр үзүүлээ.



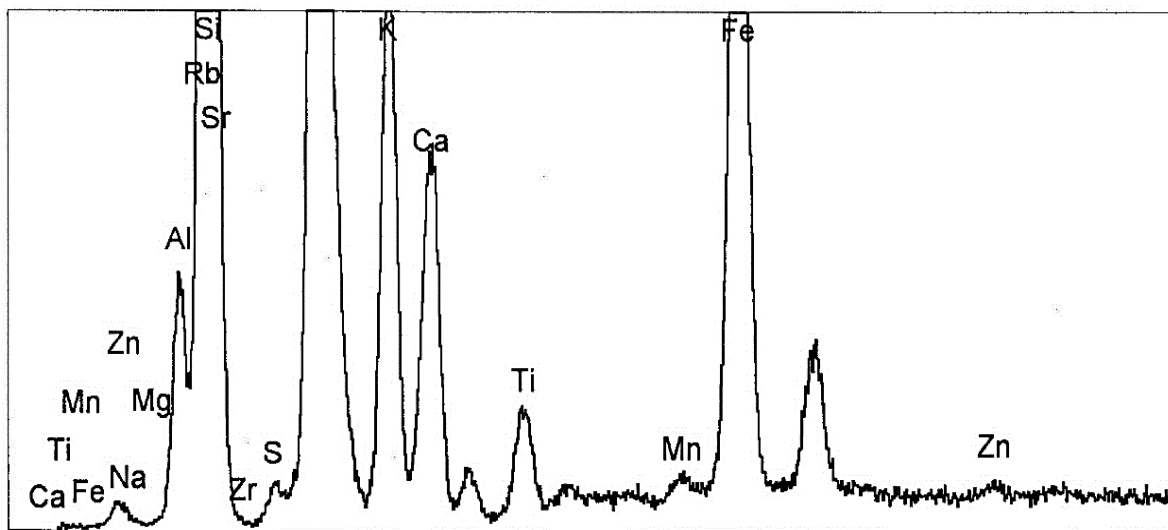
32-р зураг. Цеолитын 1-р дээжний рентгенфлуоресценцийн спектр

17-р хүснэгт. Цеолитын 1-р дээжний рентгенфлуоресценцийн үр дүн

Элемент	Масс, %	Оксид	Масс, %
Na	0.308	Na_2O	0.41
Mg	0.515	MgO	0.85
Al	4.832	Al_2O_3	9.13
Si	39.085	SiO_2	83.61
K	2.157	K_2O	2.59
Ca	0.593	CaO	0.82
Fe	1.355	Fe_2O_3	1.93
Ti	0.278	TiO_2	0.46
Mn	0.019	Mn_2O_3	0.02
Sr	0.083	SrO	0.09
Zr	0.026	ZrO_2	0.03
O	50.749	-	-

Дээрх 17-р хүснэгтээс харахад 1-р дээжинд SiO_2 - 83.61%, Al_2O_3 -9.13%, K_2O -2.598%, Fe_2O_3 -1.937%, MgO -0.855%, CaO -0.829% ба Na_2O -0.416% тус тус агуулагдаж байна. Өргөний ордын цеолитын Si/Al харьцаа 9.52 байгаа нь энэ ордын цеолит нь цахиурлаг цеолитын бүлэгт орж байна.

Өргөний 2-р дээжний рентгенфлуоресценцийн спектрийн шинжилгээний үр дүнг 33-р зураг ба 18-р хүснэгтээр үзүүллээ.



33-р зураг. Цеолитын 2-р дээжний рентгенфлуоресценцийн спектр
18-р хүснэгт. Цеолитын 2-р дээжний рентгенфлуоресценцийн үр дүн

Элемент	Масс %	Оксид	Масс, %
Na	1.785	Na_2O	2.406
Mg	0.450	MgO	0.746
Al	7.134	Al_2O_3	13.480
Si	35.472	SiO_2	75.881
S	0.132	SO_3	0.329
K	2.406	K_2O	2.898
Ca	1.246	CaO	1.743
Ti	0.254	TiO_2	0.424
Mn	0.032	Mn_2O_3	0.046
Fe	1.232	Fe_2O_3	1.762
Zn	0.014	ZnO	0.017
Rb	0.016	Rb_2O	0.018
Sr	0.168	SrO	0.199
Zr	0.039	ZrO_2	0.052
O	49.621	-	-

Цеолитын 2-р эх дээжинд SiO_2 -75.881%, Al_2O_3 - 13.48%, K_2O - 2.898%, Na_2O - 2.406%, Fe_2O_3 -1.762%, MgO -0.046%, CaO -1.743%, TiO_2 -0.046%, SrO -0.199%, ZrO_2 -0.052%, Mn_2O_3 -0.046% тус тус агуулагдаж байна.

19-р хүснэгт. Өргөний ордын 1 ба 2-р дээжний химийн найрлагыг харьцуулсан байдал

Цеолит	Элемент, %														
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Mn_2O_3	SrO	ZrO_2	ZnO	Rb_2O	п.п.п	SiO_2/Al_2O_3
2-р дээж	75.88	0.42	13.5	1.77	1.74	0.75	2.41	2.89	0.05	0.19	0.05	0.02	0.02	5.5	5.6
1-р дээж	83.61	0.46	9.13	1.94	0.83	0.86	0.42	2.59	0.03	0.09	0.04	-	-	8.1	9.2

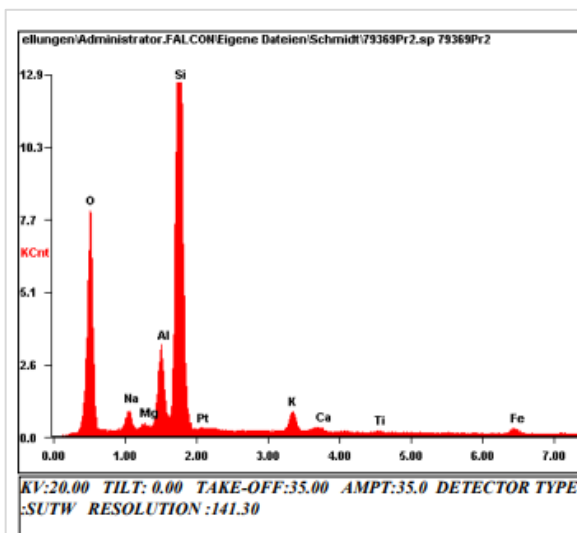
Өргөний ордын цеолит нь их хэмжээний 5.5-8.1% ус агуулж байна. 2-дээжний SiO_2/Al_2O_3 харьцаа 5.63 байгаа нь энэ ордын дээж цахиурлаг цеолитын бүлэгт орж байна. Мөн энэ ордын цеолитод клиноптилолитийн эрдэс зонхилсон болохыг харуулж байна [73].

Цахиурлаг цеолит нь өндөр температур даадаг, хүчил шүлтэнд тэсвэртэй онцлогтой юм. Харин 1-р дээжний хувьд SiO_2/Al_2O_3 -ын харьцаа нь маш өндөр гарсан бөгөөд цаашид дахин нягтлах шаардлагатай гэж үзлээ.

Г.Готтарди болон Э.Галли нарын үзэж байгаагаар цеолитын эрдсийн Si/Al харьцаа нь 4-с дээш байх тохиолдолд клиноптилолитийн эрдэс зонхилдог бөгөөд энэ нь дулааны тэсвэрлэлт сайтай байна [74].

Химийн найрлага тодорхойлох судалгаа хийсэн 2 дээжинд кали, натри, кальцийн ислийн агууламж нь өндөр байгаа дээр үндэслэн түүнд кали-натрийн хээрийн жонш хэлбэрээр байна гэж үзлээ.

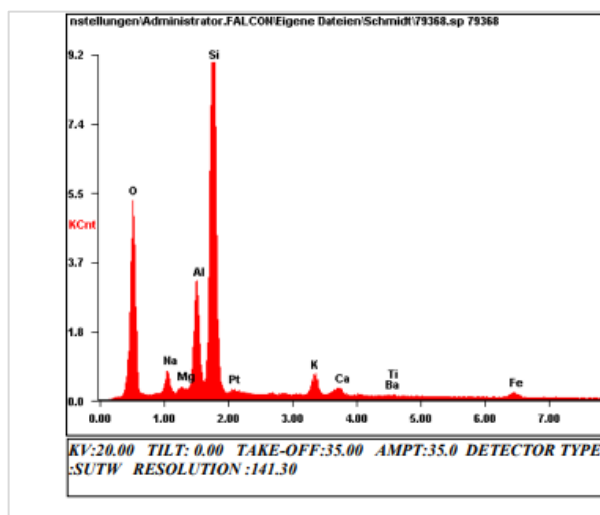
Дээрх тодорхойлсон химийн найрлагыг ХБНГУ-ын Фрайбергийн уул уурхайн академийн Керамик, галд тэсвэртэй материал ба композит материалын институтын лабораторт EDAX mit Genesis Software, Fa.Amtek XL30 багажин дээр давтан хийлгэж үр дүнг дараах 34-р зургаар үзүүлэв.



Element	Wt %	Mol %
Na ₂ O	03.05	03.15
MgO	00.61	00.96
Al ₂ O ₃	10.11	06.35
SiO ₂	80.68	85.98
K ₂ O	02.52	01.71
CaO	00.66	00.75
TiO ₂	00.36	00.29
Fe ₂ O ₃	02.00	00.80

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Probe 2 (Bild 79369)



Element	Wt %	Mol %
Na ₂ O	03.81	04.04
MgO	00.62	01.01
Al ₂ O ₃	15.47	09.97
SiO ₂	73.37	80.25
K ₂ O	02.86	01.99
CaO	01.32	01.55
BaO	00.21	00.09
TiO ₂	00.31	00.26
Fe ₂ O ₃	02.03	00.84

EDAX ZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC
TABLE : DEFAULT

Probe 1 (Bild 79368)

34-р зураг. 1-р дээжний SEM-EDAX-ийн шинжилгээний үр дүн
20-р хүснэгт. 1-р дээжний SEM-EDAX-ийн шинжилгээний үр дүн

№	Цеолит	XRF		SEM-EDAX		XRF		SEM-EDAX	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃		
1	1-р Дээж	83.61	9.13	80.68	10.11	9.2	7.9		
2	2-р Дээж	75.88	13.5	73.37	15.47	5.6	4.7		

Дээрх нэгтгэсэн хүснэгтээс харахад рентгенфлуоресценцийн спектрийн үр дүн SEM-EDAX шинжилгээний үр дүнгүүд хоорондоо ойролцоо гарсан бөгөөд дээж-1-ийн SiO₂/Al₂O₃ харьцаа нь 4.7-7.9 гэж гарч байгаа нь маш өндөр үзүүлэлт бөгөөд дээжинд агуулагдах шаврын хэмжээ 14.21% -ийн өндөр цахиурлаг элсэрхэг шавар агуулж байсан болов уу гэж үзлээ.

Өргөний ордын цеолитод агуулагдах хүнд, хортой элементүүдийн хэмжээг Thermo Scientific Niton XL3p XRF анализатор тодорхойлсон үр дүнг 21-р хүснэгтээр үзүүлээ.

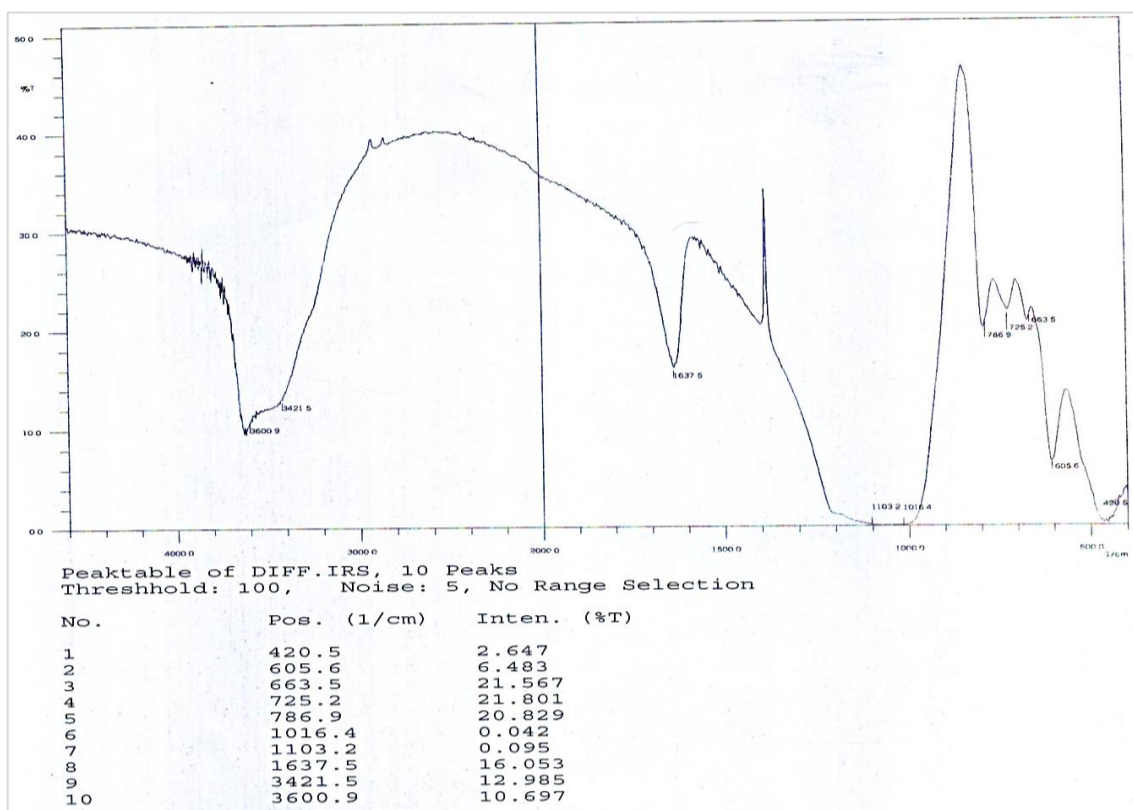
21-р хүснэгт. Цеолитод агуулагдах хүнд, хортой элементүүдийн хэмжээ

ppm	<i>Ba</i>	<i>Be</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Pb</i>	<i>Sr</i>	<i>V</i>	<i>As</i>	<i>Zn</i>
1-р Дээж	514	<5.0	<1.0	<5.0	<5.0	<5.0	36.3	<5.0	<5.0	378	6.5	<5.0	18
2-р Дээж	521	<5.0	<1.0	<5.0	12	<5.0	127	<5.0	6.63	417	19	<5.0	43
	<i>Bi</i>	<i>La</i>	<i>Li</i>	<i>Ni</i>	<i>P</i>	<i>Sb</i>	<i>Se</i>	<i>Ti</i>	<i>Y</i>	<i>Zr</i>	-	-	-
1-р Дээж	10.9	25	5.62	<5.0	193	<10.0	<5.0	1189	6.5	134			
2-р Дээж	10.0	26.6	21	<5.0	289	<10.0	<5.0	2378	17	154	-	-	-

1 ба 2-р дээжинд *Co*, *Zn*, *Cu* зэрэг микро элемент агуулагдаж байхаас гадна *Cd*, *Pb*, *Sr*, *Ba*, *V*, *Cr* зэрэг хүнд металл мянганы мг/м³ агуулагдаж байгалийн цеолитын зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байна.

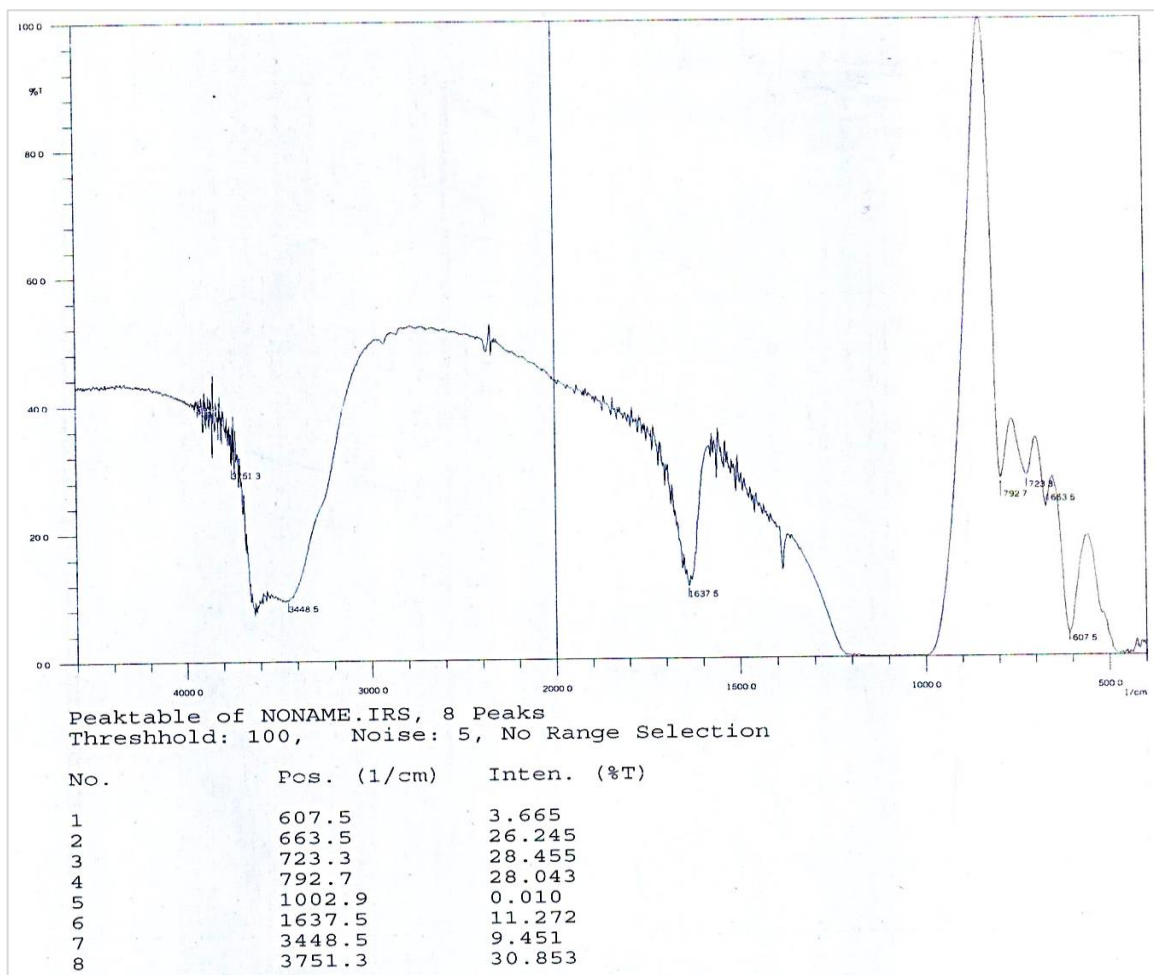
Нил улаан туяаны спектроскопын судалгаа

Судалгаанд ашигласан цеолитын нил улаан туяаны спектроскопын судалгааг 35 ба 36-р зурагт үзүүлэв.



35-р зураг. Өргөний ордын 1-р дээжний нил улаан туяаны спектрограмм

Зургаас харахад цеолитын спектрограммууд хоорондоо төстэй 420-1638 см^{-1} долгионы мужид эрчим сайтай шингээлтүүд ажиглагдаж, $\text{Si} - \text{O}$ холбооны деформацийн хэлбэлзэл 605 см^{-1} , $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$ холбооны деформацийн хэлбэлзэл 664-787 нм^{-1} валентын хэлбэлзлийн 1638 см^{-1} шингээлтийн өргөн нь клиноптилолит эрдэс болохыг харуулж байна.

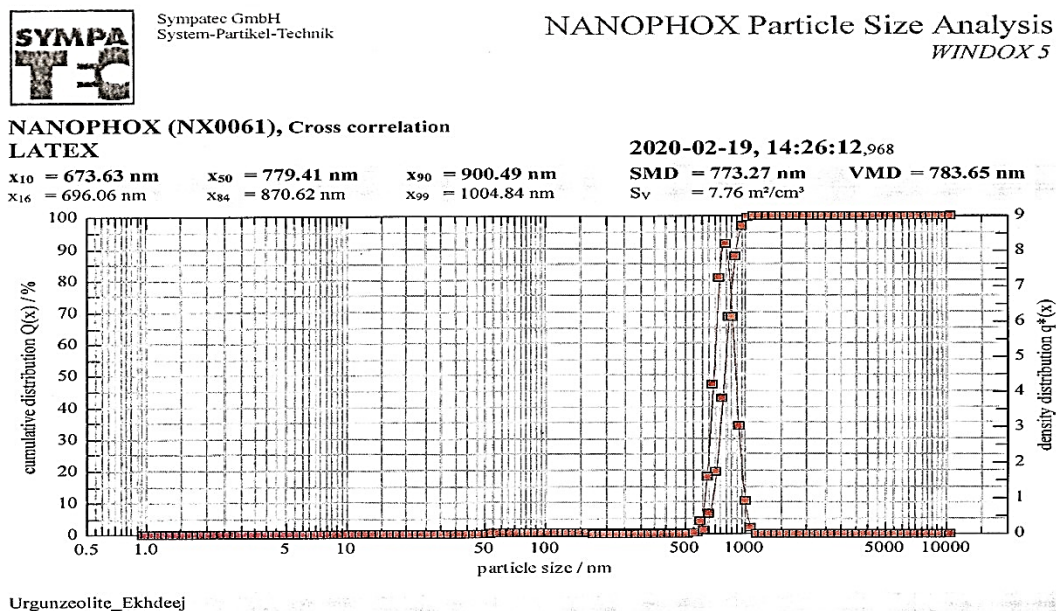


36-р зураг. Өргөний ордын 2-р дээжийг нил улаан туяаны спектрограмм

36-р зургаас харахад цеолитын спектрограммууд хоорондоо төстэй 600-1638 см^{-1} долгионы мужид эрчим сайтай шингээлтүүд ажиглагдаж, $\text{Si} - \text{O}$ холбооны деформацийн хэлбэлзэл 607 нм^{-1} , $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$ холбооны деформацийн хэлбэлзэл 723-793 см^{-1} валентын хэлбэлзлийн 1003 см^{-1} шингээлтийн өргөн нь клиноптилолит эрдэс болохыг харуулж байна.

Цеолитын мөхлөгийн ширхэглэлийн хэмжээ

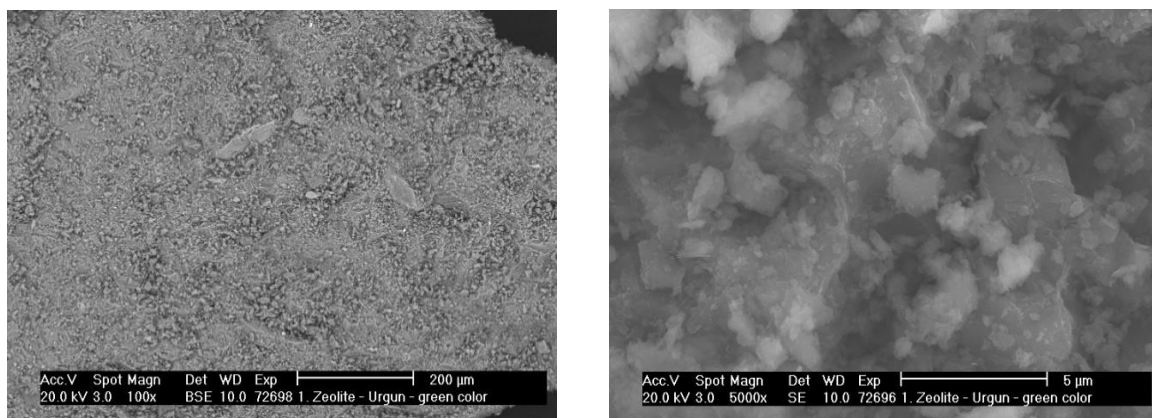
Цеолитын мөхлөгийн ширхэглэлийн хэмжээг тодорхойлсон үр дүнг дараах 37-р зургаар үзүүлэв.



37-р зураг. Байгалийн цеолитын мөхлөгийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарал

Шинжилгээний дүнгээс ажиглахад байгалийн цеолитын ширхэглэл нь хамгийн багадаа 673 нм (0.673 мкм) болохыг тогтоов.

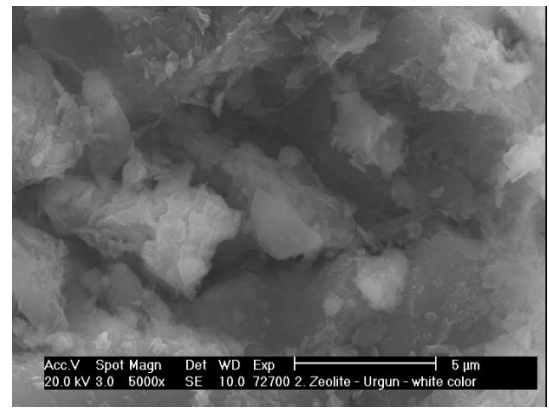
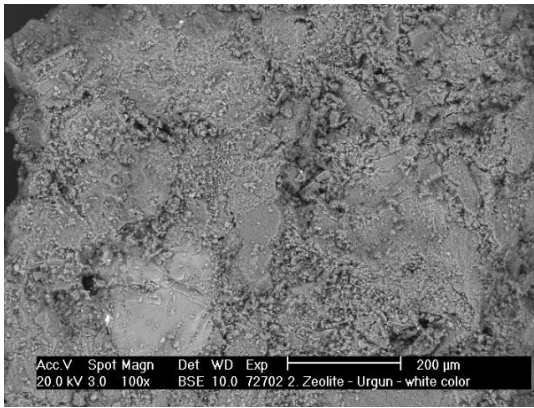
Дараах 38-р зурагт 1-р дээжний SEM-ийн зургийг үзүүлээ.



38-р зураг. 1-р дээжний SEM-ийн зураг

38-р зурагт 1-р дээжний SEM-ийн зургаас харахад цеолитын эрдэс нь 1-5 мкм-ийн жижиг талсттай харин кварцийн том хэмжээтэй мөхлөгүүд байгаа нь харагдаж байна.

39-р зурагт 2-р дээжний SEM-ийн зургийг үзүүлээ.



39-р зураг. 2-р дээжний SEM-ийн зураг

39-р зургаас харахад 2-р дээжний цеолитын эрдэс нь мөн 5 мкм-с бага хэмжээтэй жижиг талсттай харин кварцийн том хэмжээтэй мөхлөгүүдтэй байгаа нь харагдаж байна.

3.1.3 Байгалийн цеолитын физик, механик туршилтын үр дүн

Байгалийн изоморф солилцоогоор SiO_2/Al_2O_3 -ын харьцаанд тоон өөрчлөлт орох бөгөөд цеолитын оронт торын бүтэц, химийн найрлага өөрчлөгдөж физик-химийн шинж чанарт нөлөөлнө. Цеолит нь байгальд цайвар ногоон, бүдэг ногоон, бор саарал өнгөтэй тохиолддог бөгөөд цеолитын өнгө нь түүнд агуулагдах катионуудтай нэгдсэн усан ислийн тоон хэмжээнээс хамаардаг байна. Жишээ нь никелийн хольцтой цеолитод нэг молекул ус байхад өнгө нь ягаавтар, 6 молекул ус нэгдэхэд ногоон өнгөтэй болж хувирдаг.

Өргөний ордын цеолитын сүвэрхэг шинж чанарыг тодорхойлсон үр дүнг 22-р хүснэгтээр үзүүлээ.

22-р хүснэгт. Сүвэрхэг шинж чанар тодорхойлсон дүн

Дээж	Пикнометрийн нягт г/см ³	Гидростатик нягт г/см ³	Сүвэрхэг чанар, %
/1-р дээж/	2.42	1.46	39.66
/2-р дээж/	2.28	1.40	38.59

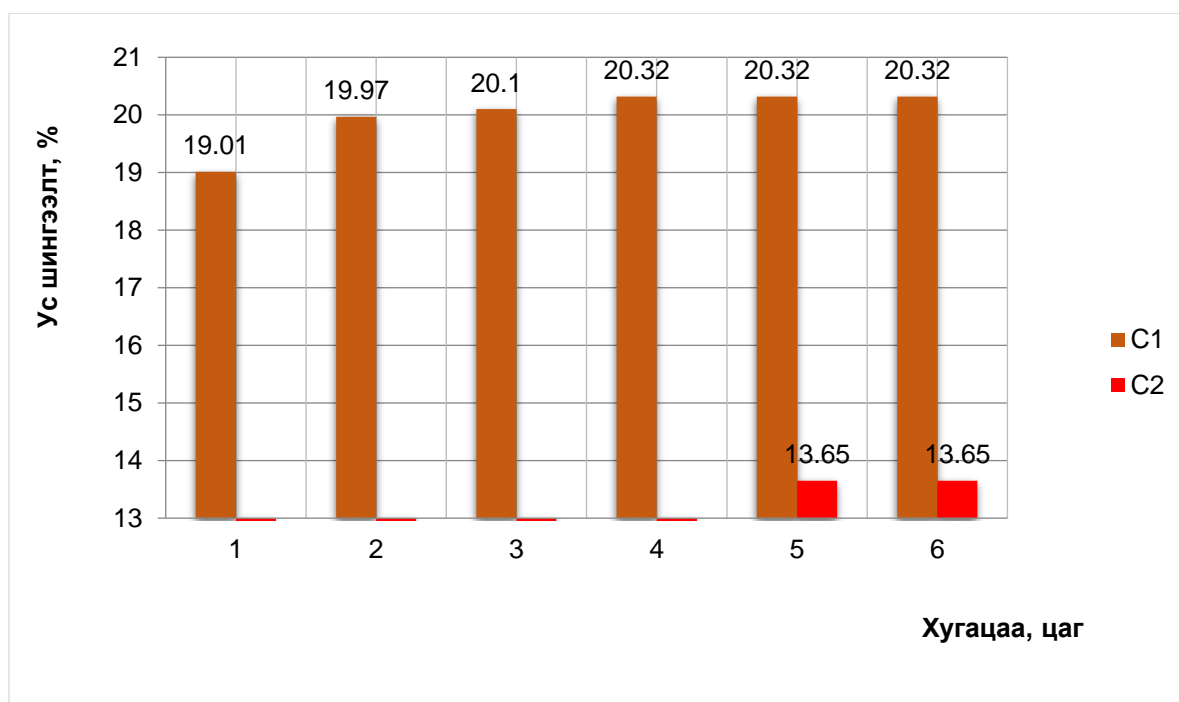
Сийрэгжилт нь чулуулгийн сүвэрхэг чанарыг илэрхийлдэг үзүүлэлт гэж судлаачид үздэг. Сүвэрхэг чанар их байх тусам адсорбцлолтын багтаамж төдий

чинээ их байдаг. Сийрэгжилтийг тодорхойлохын тулд нягт ба гидростатик нягтыг тодорхойлов. Үүний үр дүнд Өргөний ордын 1-р дээж нь 39.66% , 2-р дээж нь 38.59% сүвэрхэгжилттэй байна.

Цеолитын ус шингээлтийг тодорхойлсон дүнг 23-р хүснэгт ба 40-р зургаар үзүүлээ.

23-р хүснэгт. Ус шингээлт тодорхойлсон дүн

№	Дээжний жин, г	1 цаг	2 цаг	3 цаг	4 цаг	5 цаг	6 цаг	Дундаж
		Ус шингээлт, %						
1	1-р дээж	19.01	19.97	20.1	20.32	20.32	20.32	20.00
2	2-р дээж	8.53	10.77	11.8	12.67	13.65	13.65	11.84



40-р зураг. Цеолитын ус шингээлт

Туршилтанд 1 ба 2-р дээжийг усанд 1-6 цаг байлгаж цаг тутамд хэмжилт авсан. Туршилтаас харахад цеолит нь 5 цагийн дараа аажимаар ус шингээлт нь тогтворжиж эхэлсэн.

Цеолитын ус шингээлтийг чулуулгийн ширхэглэлээс хамааруулж тодорхойлсон үр дүнг 24-р хүснэгтээр үзүүлэв.

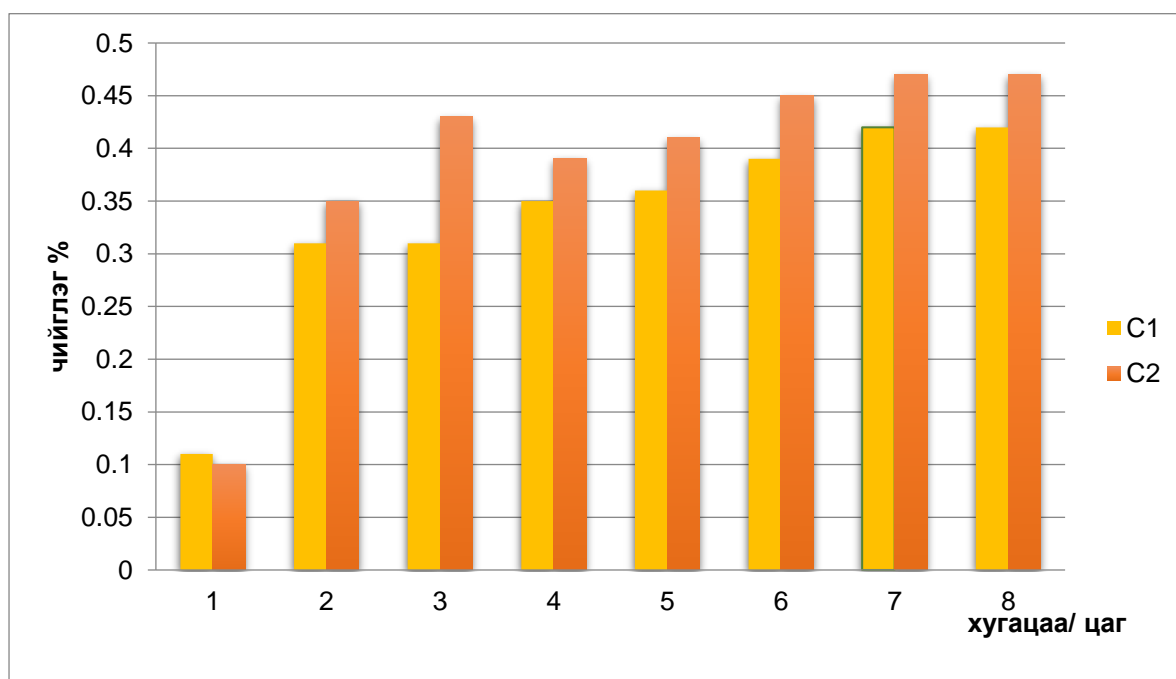
24-р хүснэгт. Цеолитын ус шингээлтийг чулуулгийн ширхэглэлээс хамааруулж тодорхойлсон үр дүн

Хугацаа	Цеолит	Ширхэглэл, мм		
		2.0<d<1.25	1.25<d<1.0	1.0<d<0.8
Усанд	1-р дээж	14.68	18.45	20.32
	2-р дээж	11.87	12.14	13.65
Усны ууранд	1-р дээж	1.60	1.99	2.23
	2-р дээж	1.54	1.71	1.95

Цеолитын чийглэгийг тодорхойлсон үр дүнг 25-р хүснэгт болон 41-р зургаар үзүүлээ.

25-р хүснэгт. Чийглэг тодорхойлсон дүн

№	Дээжний ангилал	Чийглэг, %							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-р дээж	0.11	0.31	0.31	0.35	0.36	0.39	0.42	0.42
2	2-р дээж	0.10	0.35	0.43	0.39	0.41	0.45	0.47	0.47



41-р зураг. Чийглэг тодорхойлсон үр дүн

Туршилтаас харахад 2 дээжний жин 8 цагийн дараа тогтворжсон нь харагдаж байна.

Цеолитын физик механикийн туршилтын үр дүнг 26-р хүснэгтээр үзүүлээ.

26-р хүснэгт. Цеолитын физик механик туршилтын үр дүн

Үзүүлэлт	Туршилтын үр дүн	
	1-р дээж	2-р дээж
Нягт, г/см ³	2.42	2.28
Гидростатик нягт, г/см ³	1.46	1.40
Сүвэрхэгжилт, %	39.7	38.6
Ус шингээлт, %	20.0	11.8
Чийглэг, %	0.42	0.47
Хувийн гадаргуу, г/см ²	4239.8	4348.6

3.1.4 Байгалийн цеолитын технологийн судалгаа

Эрдсийн ион солилцлын багтаамжийг тодорхойлсон үр дүн

Цеолитын ион солилцлын багтаамж нь түүний адсорбцлох шинж чанарыг тодорхойлдог нэг чухал үзүүлэлт юм.

Ион солилцол нь хими-физик процесс бөгөөд энэхүү процессын үед ижил цэнэг бүхий ионуудын халалцал хатуу фазаас шингэн фаз руу мөн эсрэг чиглэлд явагддаг байна. Цеолитын талст орон торын бүтэц дэх цахиурын дөрвөн валенттай ион (Si^{4-})-той хөнгөнцагааны гурван валенттай ион (Al^{3+}) ион изоморф халалцалд орсоноор талстын гадаргуу дээр хасах цэнэг бий болсоноор энэхүү хасах цэнэгийн үйлчлэлээр нэмэх цэнэгтэй K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ионууд татагдан талстын хөндийд орж суудаг байна.

Ингэж цеолитын талст орон торын хөндийд орж суусан ионууд нь хөрсөн дэх хасах цэнэгтэй ионуудаар амархан солигдох үзэгдлийг ион солилцох багтаамж гэнэ. Хий шингэн фазад байгаа ионуудыг салгах, ялгахад цеолитын ион солилцолын багтаамж, солилцолын ионы хэмжээг тогтоох нь чухал үзүүлэлт болдог.

Энэхүү судалгааны ажилд Өргөний ордын цеолитын дээжүүдийн ионы төрөл, багтаамжийг статик нөхцөлд тодорхойлсон ба үр дүнг 25-р хүснэгтээр үзүүлээ.

27-р хүснэгт. Өргөний цеолитын ион солилцлын багтаамжийг тодорхойлсон үр дүн

№	Дээжний төрөл	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ион солилцлын багтаамж, мг-экв/г	Төрөл
1	1-р дээж	0.59	0.37	0.35	0.1	1.41	Na > K > Ca > Mg
2	2-р дээж	0.55	0.31	0.4	0.08	1.34	Na > Ca > K > Mg

Дээрх хүснэгт 25-т үзүүлсэн үр дүнгээс харахад 1-р дээжний ион солилцлын багтаамж нь 1.41 мг-экв/г байсан бол 2-р дээжний ион солилцлын багтаамж нь 1.34 мг-экв/г байна.

В.Инглезаркис нарын тодорхойлсноор байгалийн цеолитын эрдсийн ион солилцлын багтаамж нь түүнд агуулагдах эрдсийн найрлагаас хамааран 1.2-5.2 мг-экв/г-ийн хооронд хэлбэлздэг байна [75].

Эрдсийн дулааны тогтворжилтыг тодорхойлсон үр дүн

Цеолитын эрдсийн дулааны тогтворжилтыг 20°C-800°C-ийн температурын хязгаарт тодорхойлоход цеолитын дээж нь дөрвөн эндотерм эффект үзүүллээ (хүснэгт 28).

28-р хүснэгт. Цеолитын дулааны тогтворжилтыг тодорхойлох үеийн массын алдагдал, %

Дээж	T _{max} (°C)	Массын алдагдал (%)				R ₈₀₀ , %
		I	II	III	IV	
		20°C -100°C	100°C -260°C	260°C -520°C	520°C -800°C	
1-р дээж	37	5.6	2.9	1.9	0.6	89.0
2-р дээж	47	4.6	3.2	2.1	1.5	88.6

Цеолитын гадаргуугийн ус алдагдсаны үр дүн 20°C-100°C-ийн температурын хязгаарт задралын эхний үе шат эхэлж байна.

Халаалтын хурд нь 1-р дээжний хувьд 37°C байсан ба 2-р дээжний хурдыг 47°C-ийн алхамтайгаар халаасан. 100°C-800°C-ийн температурын хязгаарт клиноптилолитын эрдэст агуулагдаж буй усны десорбцийн үр дүнд бий болсон байна.

Цеолитын эрдэст чийг, талст орон торын сувгын хөндийд агуулагдах ус болон талст ус гэсэн 3 төрлийн ус агуулагдаж байдгийг тогтоосон байна [76].

50°C-200°C-ийн температурын хооронд талст орон торын сувгын хөндийд агуулагдах ус алдагддаг бол 200°C-ийн температурт талст ус алдагддаг болохыг тогтоосон байна [77].

Цеолитын эрдсийн Si/Al -ийн харьцаа 4-өөс их байх тохиолдолд клиноптилолитийн эрдсийн талст орон торын нэг нэгжид ($Na + K$) атомын тоо нь кальцийн атомын тооноос давамгайлдаг болохыг тогтоосон байна [78].

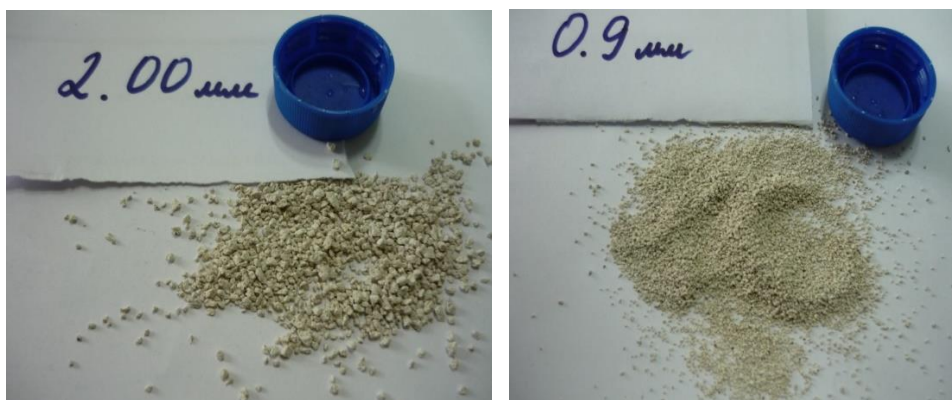
Дээж-1-д Si/Al -ийн харьцаа нь 7.9 (Моль/моль) байсан ба $\frac{(Na^{+}+K^{+})}{Ca^{2+}}=4.25$ байна. Харин дээж-2-т Si/Al -ийн харьцаа нь 4.7 (Моль/моль) байсан ба $\frac{(Na^{+}+K^{+})}{Ca^{2+}}=3.04$ байна.

Өргөний ордын 1 ба 2-р дээж 700°C-ийн температур хүртэл дулааны тогтворжилттой байна. Энэ нь тэдгээрийн Si/Al -ийн харьцаа 4-өөс дээш байгаатай холбоотой байна.

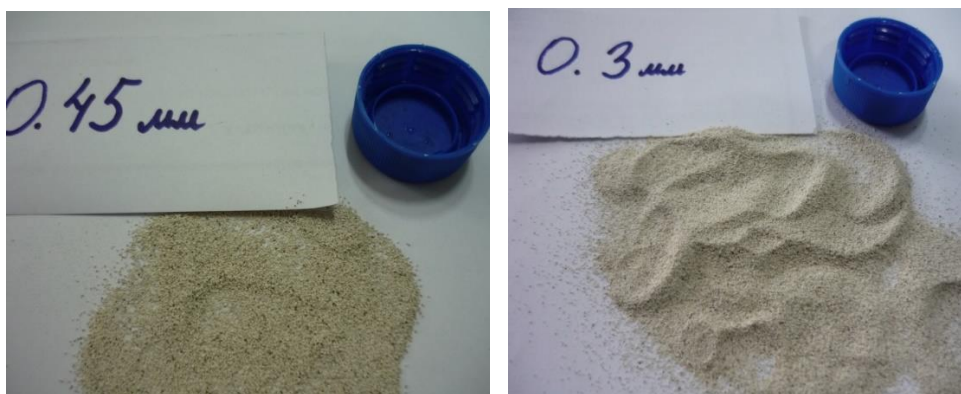
3.2 Керамик мембран гарган авах судалгааны ажлын үр дүн

3.2.1 Керамик мембранд ашиглах цеолитын оновчтой ширхэглэлийг тодорхойлох судалгааны үр дүн

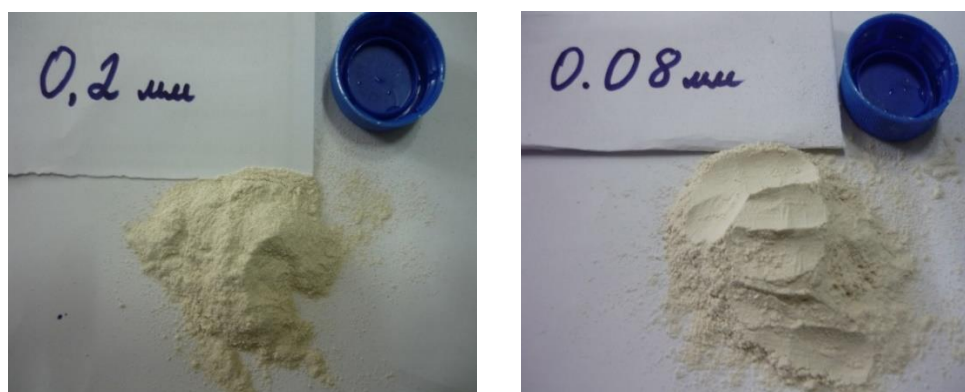
2-р дээжийг хацарт бутлуураар бутлан 0.08, 0.2, 0.3, 0.45, 0.9, 2.0 мм -ийн шигшүүрээр шигшиж ангилсан (42-44-р зураг үзнэ үү).



42-р зураг. 2.0 болон 0.9 мм -ийн ширхэглэлтэй цеолит



43-р зураг. 0.45 болон 0.3 мм -ийн ширхэгэлэлтэй цеолит



44-р зураг. 0.45 болон 0.3 мм -ийн ширхэгэлэлтэй цеолит

Цеолит нь ширхэглэлээсээ хамаараад химийн идэвхжүүлэлтэнд харилцан адилгүй орох бөгөөд эдгээрээс 0.45 мм -ийн шигшүүрээс нэвтэрсэн дээжний шингээлт нь хамгийн өндөр байсан учраас цаашдын судалгаанд энэхүү фракцийг авч ашигласан болно.

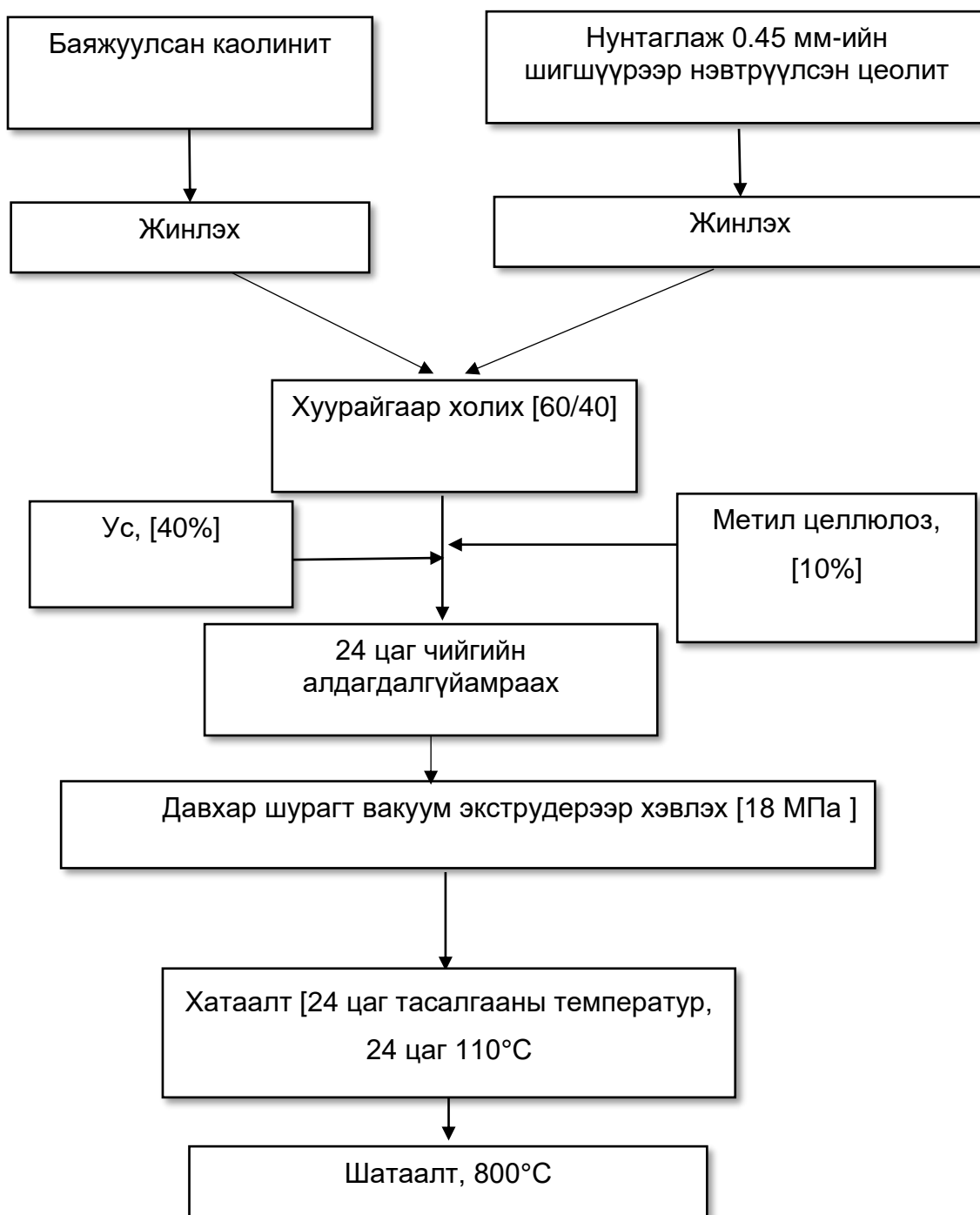
3.2.2 Керамик мембраны гарган авах технологи

Мандал-Овоогийн баяжуулсан каолинит, цеолитыг ашиглан керамик мембран гарган авах массын найрлагыг 29-р хүснэгтээр үзүүллээ.

29-р хүснэгт. Керамик мембраны массын найрлага

Түүхий эд	Цеолит	Каолин	Нийт	Холбогч, %	Ус, %
Жин, кг	3.6	2.2	5.8	0.58	2.32
Массад эзлэх хувь, %	62.07	37.93	100	10	40

Цеолит-каолин мембраныг дараах бүдүүвчийн дагуу гарган авлаа.



45-р зураг. Мембран гарган авах технологийн бүдүүвч

Мембраныг хэвлэхдээ хольцыг барьцалдуулагчаар хуурай массын жингийн 10%-д метилцеллюлоз (Сигма-Алдрих, АНУ), жингийн 40% нэрмэл усыг нэмж зуурмаг бэлтгэсэн.

Хольцыг албадмал эргэлттэй зуурагчаар 30 минут холиод чийгийг жигдрүүлэхийн тулд чийг алдагдуулахгүй битүүмжлэлтэй саванд 24 цаг хадгалсны дараа тасалгааны температурт давхар шурагтай вакуум экструдерээр (KTE-50S, Kosentech O. LTD., Солонгос) 18 МПа-аар шахаж хэвлэсэн.



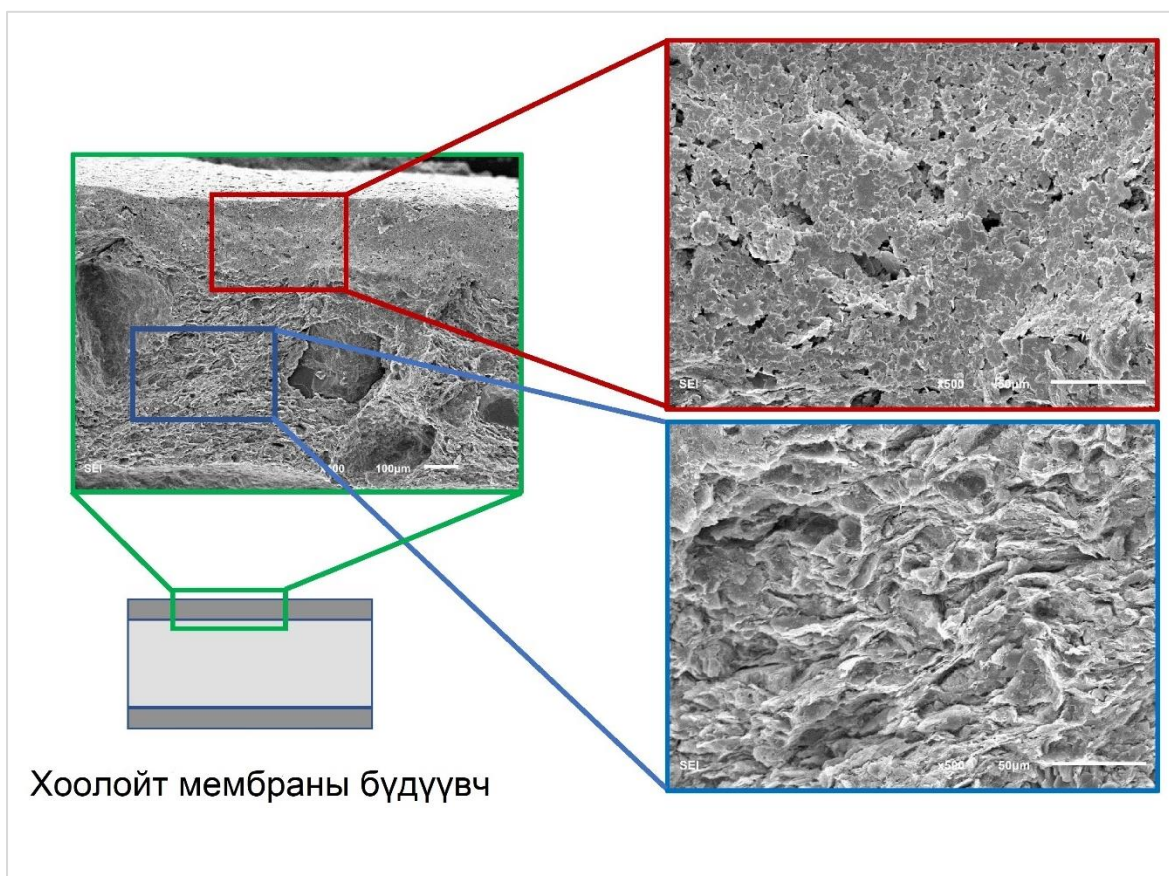
46-р зураг. KTE-50S маркийн экструдерээр хэвлэсэн мембран

Хэвлэсэн мембраныг 24 цагийн турш өнхрүүлэн хөдөлгөж хатаадаг төхөөрөмж дээр сэврээгээд хатаах шүүгээнд 110°C-ийн температурт агаарын хуурай болтол хатаасан болно (47-р зургийг үзнэ үү).



47-р зураг. Хэвлэсэн мембраныг тасалгааны температурт хөдөлгөөнт байдлаар жигд хатааж буй байдал

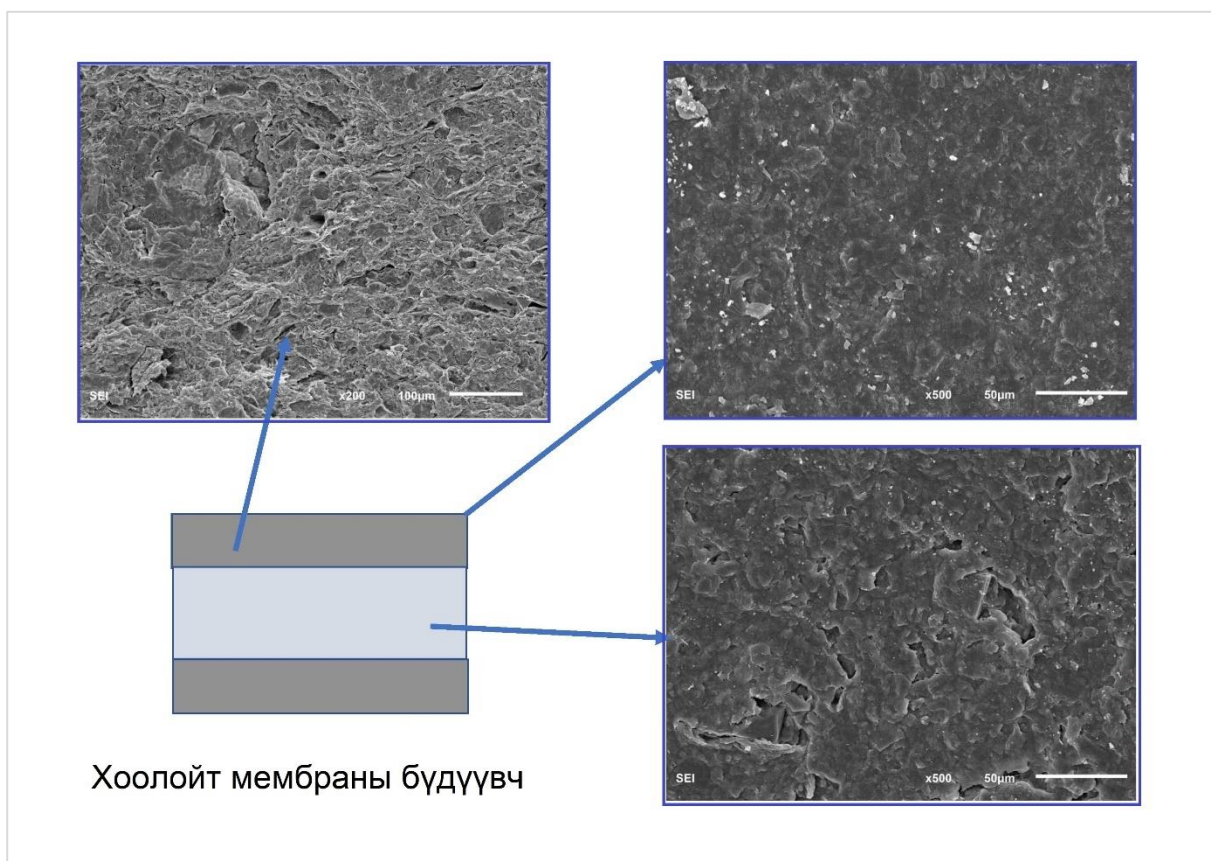
Мембраныг 800°C-ийн температурт шатаасны дараах гадаргууийн морфологи болон хөндлөн огтлолын зургийг SEM-ийн аргаар авсаныг 49-р зурагт үзүүлэв.



48-р зураг. 800°C-ийн температурт шатааж гарган авсан мембраны SEM-ийн зураг

48-р зургаар үзүүлсэн мембран нь нэлээд барзгар гадаргуутай, томоохон хэмжээтэй нүх сүв нь жигд тархсан байгаа нь харагдаж байна. 800°C-ийн температурт 1 цаг бариулан шатаахад цеолитын эрдсийн дегидратаци хүчтэй явагдсанаар үүсэх нүх сүвийн хэмжээ томорсон байна гэж үзлээ.

Мембраныг 1000°C-ийн температурт шатаасны дараах гадаргууийн морфологи болон хөндлөн огтлолын зургийг SEM-ийн аргаар авсаныг 49-р зурагт үзүүлэв.



49-р зураг. 1000°C -ийн температурт шатаан гарган авсан мембраны SEM-ийн зураг

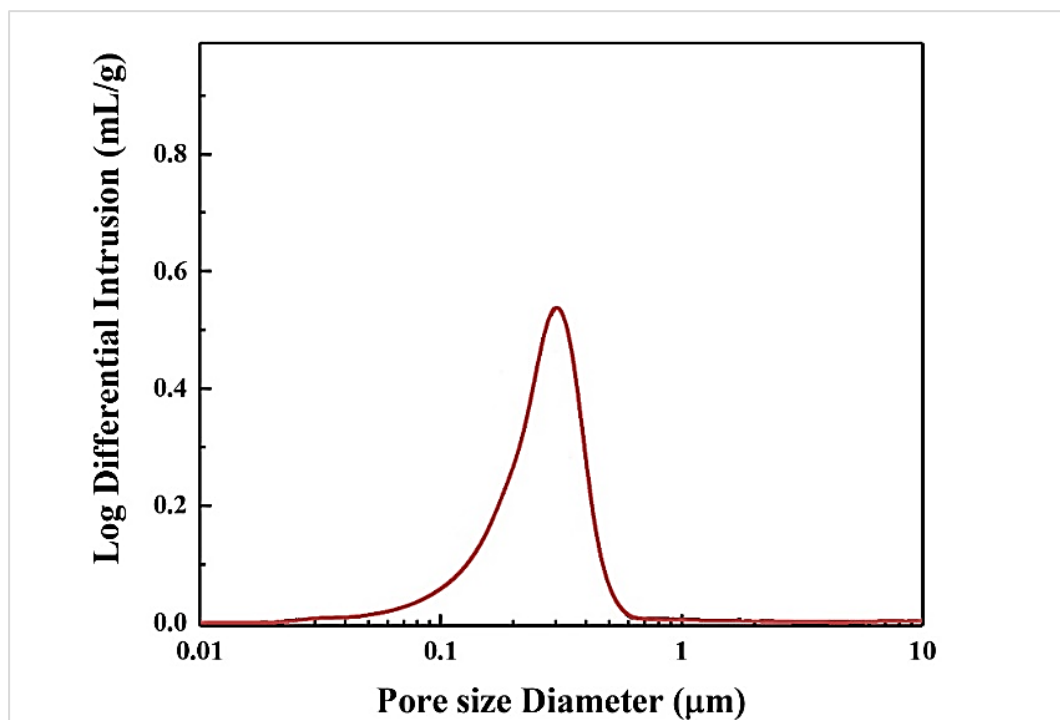
Тэгвэл 49-р зургаас харахад 1000°C -ийн температурт шатааж гарган авсан мембраны гадаргуу нь хайлмагжин нягтарч нүх сүвийн хэмжээ багасахын зэрэгцээ нээлттэй нүх сүвийн хэмжээ буурсан нь харагдаж байна. Энэ нь клиноптилолитын эрдэсээс тогтсон цеолит $500\text{-}700^{\circ}\text{C}$ -ийн температурт дулааны тогтворжилт сайтай боловч түүнээс дээш тэсвэрлэлт муутай гэсэн судалгааны үр дүнг бататгаж байна [46].



50-р зураг. 800°C -ийн температурт шатааж гарган авсан керамик мембран

800°C-ийн температурт шатаан гарган авсан мембраны эзэлхүүний цул нь 1.46 г/см³ байсан бол нүх сүвийн хэмжээ нь 41.52%, шахалтын бат бэх нь 35 МПа байна.

800°C-ийн температурт 1 цаг бариулан шатаасан мембраны нүх сүвийн хэмжээг тодорхойлсон үр дүнг 51-р зургаар үзүүлээ.



51-р зураг. 800°C-ийн температурт шатаасан
керамик мембраны нүх сүвийн хэмжээ

Нүх сүвийн тархалтын үр дүнгээс үзэхэд цеолитон нэмэлттэй мембраны нүхний дундаж диаметр 0.218 µm байна. Энэ төрлийн мембрануудыг микрофилтрацид ашиглах боломжтой нь харагдаж байна.

3.3 Цеолитын идэвхжүүлэлтийн судалгаа

Механохимийн идэвхжүүлэлтийг цеолитын үндсэн эрдсийн бүтцийг эвдэлгүйгээр шингээх чадварыг нь сайжруулах зорилгоор дараах идэвхжүүлэлтийг хийв.

Үүнд:

- Цеолитын эрдсийг механик аргаар боловсруулах,
- Хүчлийн аргаар идэвхжүүлэх,

Туршилтуудыг лабораторийн нөхцөлд явуулав.

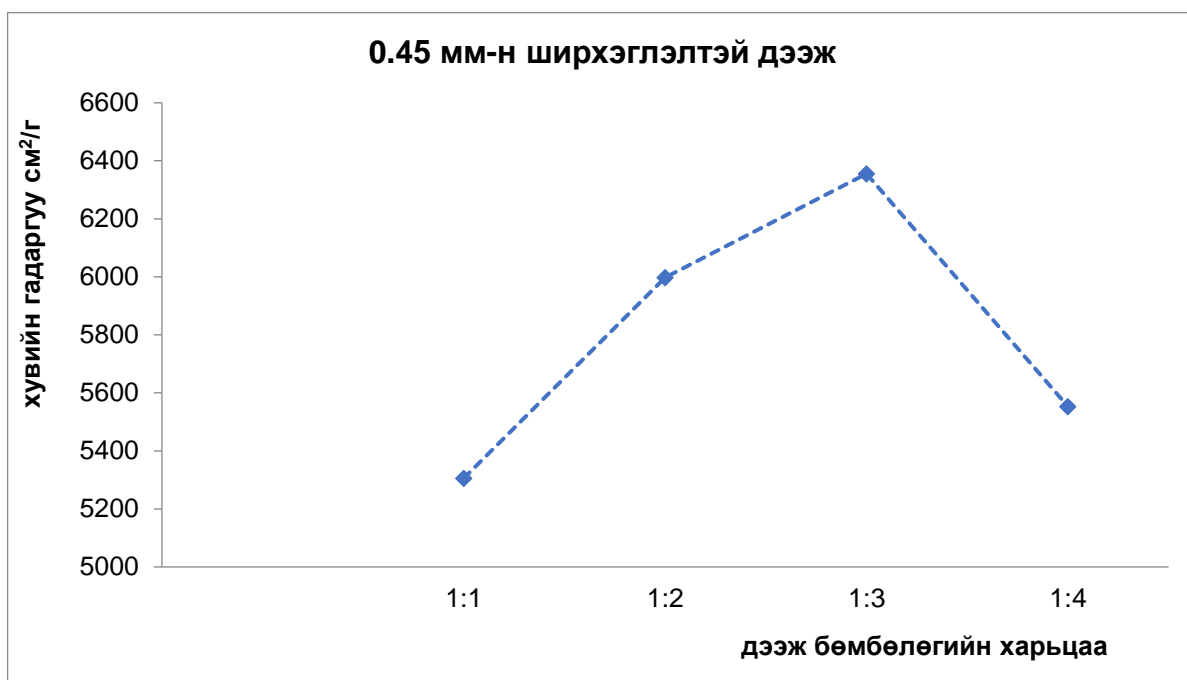
3.3.1 Механохимийн идэвхжүүлэлтийн судалгаа

1. Массын горим тогтоох

Цеолитыг механохимийн идэвхжүүлэлтэнд оруулахын тулд ХБНГУ-ын *Fritsch* фирмийн *Pulverisette-5* гариган тээрмийг ашигласан. *Pulverisette-5* гариган тээрмийн ачаалах ширхэглэл <5 мм, хэмжээ нь <40 мл, нунтаглалтыг хэмжээ <1 мкм бөгөөд 100-800 эрг/мин-н хүчин чадалтай бөгөөд

Дээж болон корундан бөмбөлөгний харьцаа 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 байхаар тус бүр 0.45 мм-ийн шигшүүрээр нэвтрүүлсэн дээжийг 45 минут, 180 эрг/минут давтамжтайгаар идэвхжүүлсэн (29-р зураг) болно.

Дээж корундан бөмбөлөгийн харьцааг 1:1-р авч идэвхжүүлсэн цеолитын хувийн гадаргуу нь 5306.3 см²/г, 1:2 харьцаатай цеолитынх 5998.2 см²/г, 1:3 харьцаагаар авч идэвжүүлсний дараа 6355,44 см²/г, байсан ба 1:4 харьцаагаар авч идэвжүүлсэн дээжний хувийн гадаргуу нь 5553.3 см²/г болж буурч байсан.



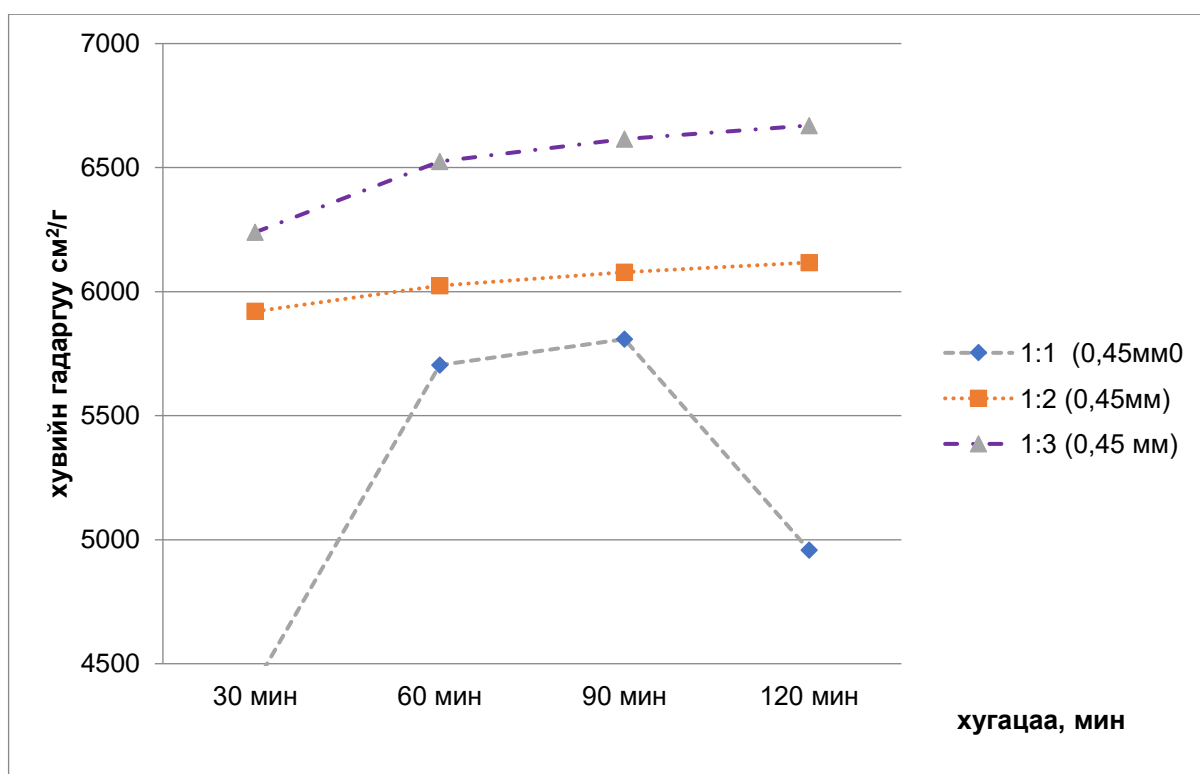
52-р зураг. Идэвхжүүлсэн цеолитын хувийн гадаргууд бөмбөлөг дээжний харьцааны нөлөө

Уг 52-р зургийн үр дүнгээс харахад механохимийн идэвхжүүлэлтэнд оруулахад хамгийн тохиромжтой харьцаа 1:3 болох нь тогтоогдож байна.

2. Хугацааны горим тогтоох

Цеолитыг идэвхжүүлсний дараа 0.45 мм-ийн ширхэглэлтэй дээж, бөмбөлөгийн харьцааг 1:1, 1:2, 1:3-р авч хугацааг 30, 60, 90, 120 минутанд тус бүр 180 эрг/минут давтамжтайгаар идэвхжүүлсэн. 0.30 мм-ийн ширхэглэлтэй

дээжийг 1:2 харьцаатайгаар харьцуулалт хийхээр 30, 60, 90, 120 минутын хугацаанд 180 эрг/минут давтамжтайгаар идэвхжүүлсэн.



53-р зураг. Хугацааны оновчтой харьцаа тогтоох

Дээрх 53-р зургаас харахад 0.45 мм-ийн ширхэглэлтэй дээж 1:1 харьцаатайгаар авч 60 мин идэвхжүүлсэн дээжний хувийн гадаргуу 5703.71 см²/г, 1:2 харьцаатай дээж 6024.57 см²/г, 1:3 харьцаатай дээж 6524.67 см²/г байна. Дээжүүдийг 90 мин идэвхжүүлэхэд 5808.35 см²/г 1:2 харьцаатай дээж 6078.19 см²/г, 1:3 харьцаатай дээж 6614.63 см²/г байсан бөгөөд 120 мин идэвхжүүлсэн дээжний хувийн гадаргуу нь хэт өсөхгүй байгаа учир цаг хэмнэх зорилгоор 0.45 мм-ийн ширхэглэлтэй дээжний 1:3 харьцаатай 60 мин идэвхжүүлэх нь тохиромжтой байна гэж үзлээ.

3.3.2 Цеолитын химийн идэвхжүүлэлт

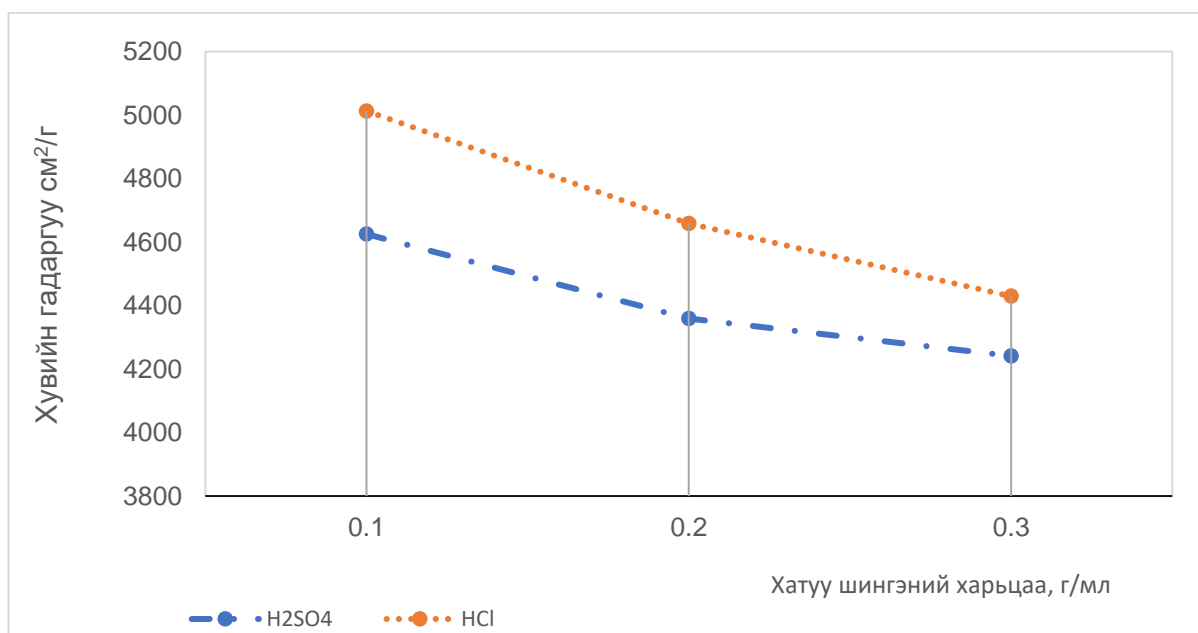
Байгалийн цеолитыг химийн идэвхжүүлэлтэнд оруулахдаа давсны болон хүхрийн хүчлийг авч ашиглалаа. Ашигласан бодисын цэвэршилт, олон улсын бүртгэлийн дугаарыг дараах 30-р хүснэгтээр үзүүллээ.

30-р хүснэгт. Хүхрийн болон давсны хүчлийн мэдээлэл

Хор аюулын тэмдэглэгээ	Олон улсын нэр	Химийн бодисын нэр	Химийн томъёо	Cas дугаар	Аюулын ангилал	Цэвэршилт
	Sulfuric acid	Хүхрийн хүчил	H_2SO_4	7664-93-9	8	93-98%
	Hydrogen chloride	Давсны хүчил	HCl	7647-01-0	8	36%

1. Цеолитын массын зохистой харьцааг тогтоох

Байгалийн цеолитыг хүхрийн болон давсны хүчлээр идэвхжүүлэн хувийн гадаргууг тодорхойлсон үр дүнг 54-р зургаар үзүүллээ.



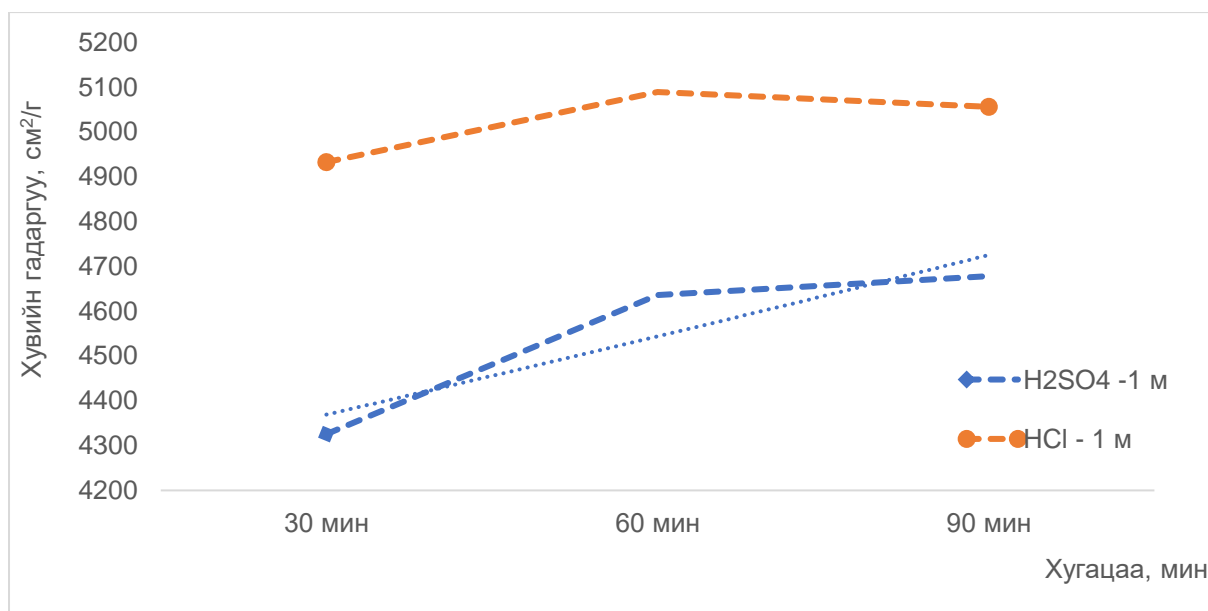
54-р зураг. Давсны ба хүхрийн хүчлийн идэвхжүүлэлтэнд орсон дээжийн хатуу шингэний харьцаа болон хувийн гадаргуугийн хамаарал

Дээрх 54-р зургаас харахад 0.45-ийн шигшүүрээр нэвтрүүлсэн дээжийг хатуу шингэний харьцааг 0.1 г/мл-р авч 1 молийн концентрацитай хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлэхэд цеолитын хувийн гадаргуу 4625.1 см²/г, 0.2 г/мл авахад 4328.8 см²/г, 0.3 г/мл-р авахад 4241.2 см²/г байна. Эндээс үзэхэд хатуу шингэний харьцааг 0.1 г/мл-р авч идэвхжүүлэхэд цеолитын хувийн гадаргуу хамгийн өндөр үзүүлэлттэй байгаа нь харагдаж байна.

Мөн цеолитын 0.45 мм -ийн шигшүүрээр нэвтрүүлсэн дээжийг хатуу шингэний харьцааг 0.1 г/мл-р авч 1 молийн концентрацитай давсны хүчлээр

идэвхжүүлэхэд хувийн гадаргуу нь 5012.8 см²/г буюу хамгийн өндөр үзүүлэлт үзүүлсэн байна. Иймд хүхрийн ба давсны хүчлээр химийн идэвхжүүлэлтэнд оруулах дээжний хатуу шингэний оновчтой харьцаа нь 0.1 г/мл гэж үзлээ.

Дээжийг давсны болон хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлэх оновчтой хугацааг тодорхойлсон үр дүнг дараах 55-р зургаар үзүүллээ.

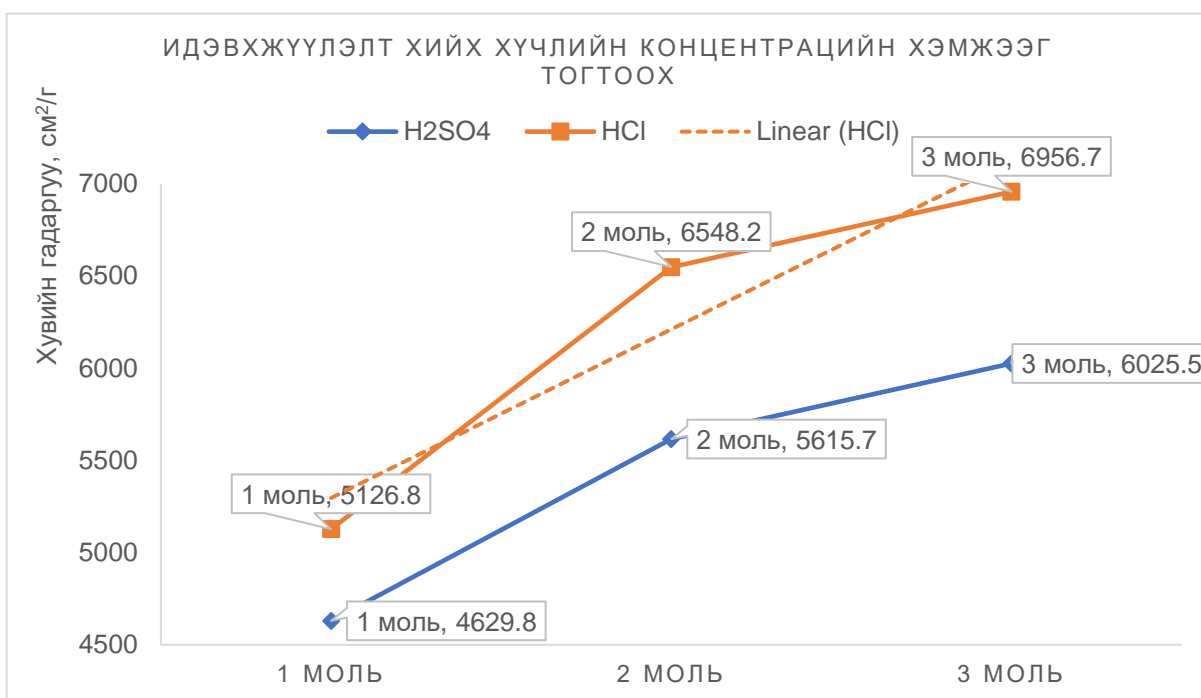


55-р зураг. Дээжний давсны болон хүхрийн хүчлийн идэвхжүүлэлтийн хугацаа ба хувийн гадаргуугийн хамаарал

53-р зургаас үзэхэд хүхрийн хүчлээр 30 минут дээжний хувийн гадаргуу 4325.6 см²/г, 60 минут идэвхжүүлсэн дээжний хувийн гадаргуу 4635.9 см²/г, 90 минут идэвхжүүлсэн дээжний хувийн гадаргуу 4678.3 см²/г болсон байна.

Харин 1 моль давсны хүчлээр 30 минут идэвхжүүлсэн цеолитын хувийн гадаргуу 4932.8 см²/г байсан бол 60 минут идэвхжүүлэхэд хувийн гадаргуу нь өсөж 5089.3 см²/г болсон байна. Гэтэл 90 минут идэвхжүүлэлтэнд оруулахад хувийн гадаргуу 5056.6 см²/г буюу буцаад буурах байдал ажиглагдав. Эндээс цеолитыг 60 минут буюу 1 цаг хүчлээр идэвхжүүлэх нь оновчтой болох нь харагдаж байна.

0.45 мм -ийн шигшүүрээр нэвтрүүлсэн цеолитыг хатуу шингэний харьцааг 0.1 г/мл авч 60 минут 1 моль, 2 моль, 3 молийн концентрацитай хүхрийн хүчил ба давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн үр дүнг зураг 56-т үзүүллээ.



1

56-р зураг. Давсны хүчил ба хүхрийн хүчлийн концентраци, хувийн гадаргуугийн хоорондын хамаарал

Энд 1 молийн хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитын хувийн гадаргуу 4629.8 см²/г, 2 молийн хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитынх 5615.7 см²/гр, 3 молийн хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитынх 6025.5 см²/г байсан бол 1 молийн концентрацитай давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитын хувийн гадаргуу 5126.8 см²/гр, 2 молийн давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитынх 6548.2 см²/г, 3 молийн давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитынх 6956.7 см²/г тус тус байна.

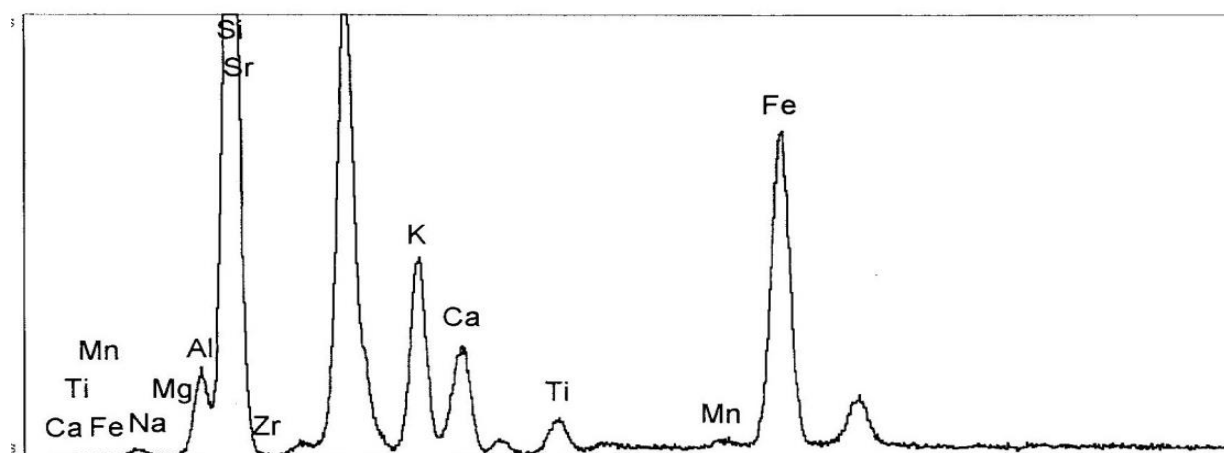
Эндээс 3 молийн коцентрацитай хүчлээр үйлчлэхэд хамгийн сайн үр дүн гарч байгаа боловч эдийн засгийн үүднээс авч үзвэл 2 молийн концентрацитай хүчлээр идэвхжүүлэхэд хангалттай хэмжээнд модификацид орж байна гэж үзлээ.

Идэвхжүүлэлт хийсэн дээжийн химийн найрлага тодорхойлсон үр дүн

Туршилтанд Өргөний ордын 2-р дээжийг хүчлийн болон механик идэвхжүүлэлт, хосломол идэвхжүүлэлтийг хийж гарсан үр дүнг оруулав. Хүчлийн идэвхжүүлэлтийг хийхдээ HCl, H₂SO₄ хүчлийн 1, 2, 3М-ийн концентрацитай 30, 60, 90 минутын хугацаатай, 1:1, 1:2, 1:3 харьцаатай 60, 90 минут, мөн хосломол

идэвхжүүлэлт нь *HCl* хүчлийн 2М-ийн, 1:3 харьцаатай 60, 90 мин идэвхжүүлсэн дээжийн химийн үр дүнг 57-р зургаар үзүүлэв.

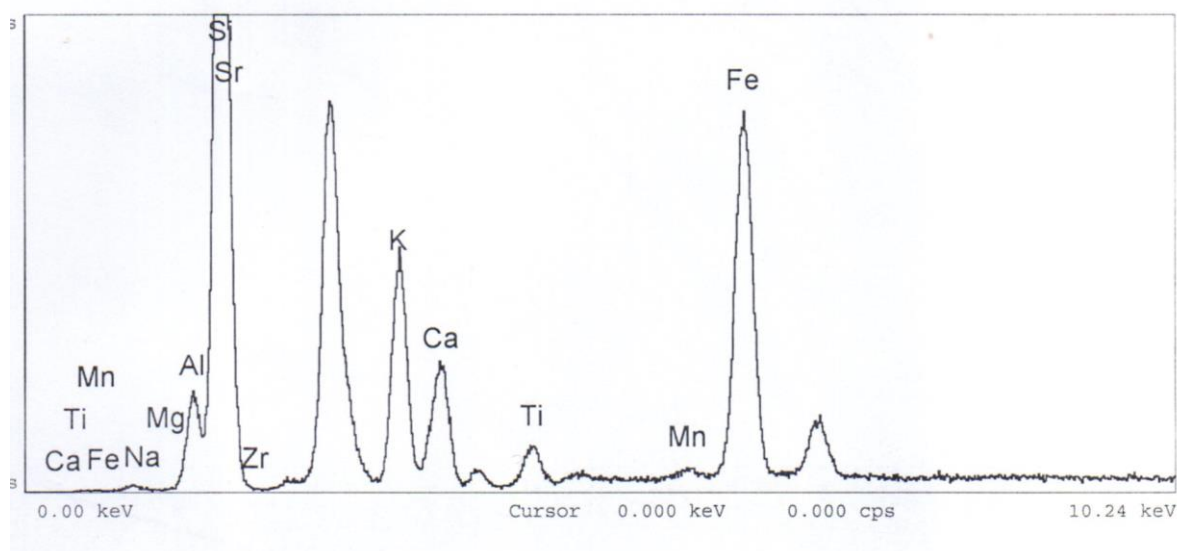
Механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний судалгааны үр дүн



57-р зураг. 2-р дээжний (1:3 харьцаатай 60 мин) механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний рентгенфлуоресценцийн спектр

31-р хүснэгт. 2-р дээжний (1:3 харьцаатай 60 мин) механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	оксид	Масс
<i>Na</i>	0.165	<i>Na₂O</i>	0.22
<i>Mg</i>	0.457	<i>MgO</i>	0.76
<i>Al</i>	7.233	<i>Al₂O₃</i>	12.66
<i>Si</i>	36.431	<i>SiO₂</i>	77.93
<i>K</i>	2.620	<i>K₂O</i>	3.16
<i>Ca</i>	1.083	<i>CaO</i>	1.51
<i>Ti</i>	0.285	<i>TiO₂</i>	0.47
<i>Mn</i>	0.032	<i>Mn₂O₃</i>	0.05
<i>Fe</i>	1.417	<i>Fe₂O₃</i>	2.03
<i>Sr</i>	0.137	<i>SrO</i>	0.16
<i>Zr</i>	0.029	<i>ZrO₂</i>	0.04
<i>O</i>	50.111	-	-



58-р зураг. 2-р дээжний (1:3 харьцаатай 90 мин) механохимийн идэвхжүүлэлт дээжний рентгенфлуоресценцийн спектр

32-р хүснэгт. 2-р дээжний (1:3 харьцаатай, 90 мин) механохимийн идэвхжүүлсэн дээжний рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	оксид	Масс
<i>Na</i>	-	<i>Na₂O</i>	-
<i>Mg</i>	0.460	<i>MgO</i>	0.762
<i>Al</i>	7.536	<i>Al₂O₃</i>	14.240
<i>Si</i>	36.216	<i>SiO₂</i>	77.473
<i>K</i>	2.723	<i>K₂O</i>	3.280
<i>Ca</i>	1.038	<i>CaO</i>	1.452
<i>Ti</i>	0.277	<i>TiO₂</i>	0.462
<i>Mn</i>	0.034	<i>Mn₂O₃</i>	0.049
<i>Fe</i>	1.461	<i>Fe₂O₃</i>	2.089
<i>Sr</i>	0.129	<i>SrO</i>	0.152
<i>Zr</i>	0.029	<i>ZrO₂</i>	0.039
<i>O</i>	50.097	-	-

Дээрх 32-р хүснэгтээс харахад 1:3 харьцаатай дээжинд агуулагдах *SiO₂*-77.93%, *Al₂O₃*-12.667%, *K₂O*-3.156%, *Fe₂O₃*-2.026%, *MgO*-0.759%, *CaO*-1.515%, *TiO₂*-0.475%, *Na₂O* -0.223%, *SrO*-0.162%, *ZrO₂*-0.039%, *Mn₂O₃*-0.047% агуулагдаж байна.

Дээж бөмбөлөгийн харьцаа 1:3 харьцаатай 60 минут идэвхжүүлсэн дээжийн SiO_2 – 77.93%, Al_2O_3 - 13.66% болж агуулга нь өссөн харагдаж байна.

Механохимийн идэвхжүүлэлтийн харьцуулсан үр дүнг 33-р хүснэгтээр үзүүлээ.

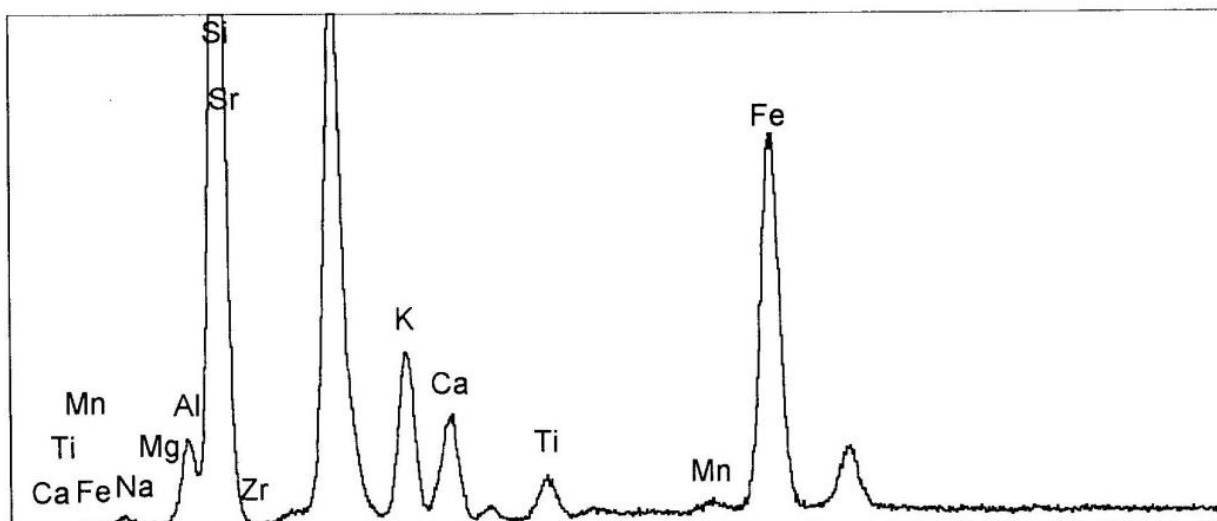
33-р хүснэгт. Механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний харьцуулсан үр дүн

№	Элемент	Цеолитын идэвхжүүлэлт (2-р дээж) ,%							
		Байгалийн	Механохимийн		Оксидын хувь,% 60 мин		SiO_2/Al_2O_3		
			F=1:3, t=60 мин	F=1:3, t=90 мин	Өсөлт	бууралт	Байгалийн	F=1:3, t=60 мин	F=1:3, t=90 мин
1	Na_2O	2.406	0.223	-	-	90.7	5.63	5.70	5.44
2	MgO	0.746	0.759	0.762	1.74	-			
3	Al_2O_3	13.480	13.667	14.240	1.37	-			
4	SiO_2	75.881	77.933	77.473	2.63	-			
5	K_2O	2.898	3.156	3.280	8.17	-			
6	CaO	1.743	1.515	1.452	-	13.08			
7	Fe_2O_3	1.762	2.026	2.089	13.03	-			
8	TiO_2	0.424	0.475	0.462	10.73	-			
9	Mn_2O_3	0.046	0.047	0.049	2.13	-			
10	SrO	0.199	0.162	0.152	-	18.59			
11	ZrO_2	0.052	0.039	0.039	-	25			

Механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний үр дүнгээс үзвэл SiO_2 -ын хэмжээ 2.63% Al_2O_3 -хэмжээ 1.37% дахин өссөн байна.

Хүчлийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний судалгааны үр дүн

Хүчлийн идэвхжүүлэлтийг 2М-ийн давсны хүчил, 2М-ийн хүхрийн хүчлийн идэвхжүүлэлтийг хийж үр дүнг 59-р зургаар үзүүлэв.

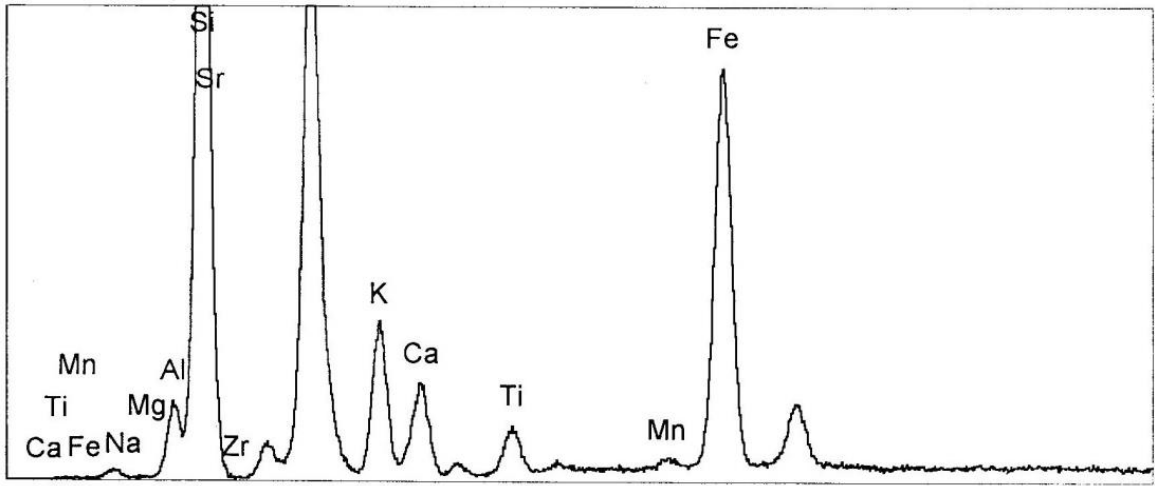


59-р зураг. 2-р дээжний (2 М-ийн HCl-ээр 2 цаг) идэвхижүүлсэн рентгенфлуоресценцийн спектр

34-р хүснэгт. 2-р дээжний (2М-ийн HCl-ээр 2 цаг) идэвхижүүлсэн рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	оксид	Масс
<i>Na</i>	0.000	<i>Na₂O</i>	0.000
<i>Mg</i>	0.460	<i>MgO</i>	0.762
<i>Al</i>	7.536	<i>Al₂O₃</i>	14.240
<i>Si</i>	36.216	<i>SiO₂</i>	77.473
<i>K</i>	2.723	<i>K₂O</i>	3.280
<i>Ca</i>	1.038	<i>CaO</i>	1.452
<i>Ti</i>	0.277	<i>TiO₂</i>	0.462
<i>Mn</i>	0.034	<i>Mn₂O₃</i>	0.049
<i>Fe</i>	1.461	<i>Fe₂O₃</i>	2.089
<i>Sr</i>	0.129	<i>SrO</i>	0.152
<i>Zr</i>	0.029	<i>ZrO₂</i>	0.039
<i>O</i>	50.097	-	-

Дээрх 59-р зураг ба 33-р хүснэгтээс харахад 2 М-ийн HCl-ээр 2 цаг идэвхижүүлсэн дээжинд агуулагдах *SiO₂*- 79.16%, *Al₂O₃*-13.00%, *K₂O*-2.682%, *Fe₂O₃*-2.245%, *MgO*-0.776%, *CaO*-1.352%, *TiO₂*-0.511%, *Na₂O* -0.00%, *SrO*-0.152%, *ZrO₂*-0.039%,*Mn₂O₃*-0.047% агуулагдаж байна.



60-р зураг. 2-р дээжний (2 М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг) рентгенфлуоресценцийн спектр

35-р хүснэгт. 2-р дээжний (2М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг) рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	томъёо	Масс
<i>Na</i>	0.000	Na_2O	0.000
<i>Mg</i>	0.472	MgO	0.782
<i>Al</i>	6.638	Al_2O_3	12.543
<i>Si</i>	37.247	SiO_2	79.678
<i>K</i>	2.046	K_2O	2.464
<i>Ca</i>	0.899	CaO	1.258
<i>Ti</i>	0.332	TiO_2	0.554
<i>Mn</i>	0.036	Mn_2O_3	0.052
<i>Fe</i>	1.730	Fe_2O_3	2.474
<i>Sr</i>	0.128	SrO	0.152
<i>Zr</i>	0.032	ZrO_2	0.043
<i>O</i>	50.440	-	-

Дээрх 56-р зураг ба 32-р хүснэгтээс харахад 2 М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг идэвхижүүлсэн дээжинд агуулагдах SiO_2 - 79.67%, Al_2O_3 -12.543%, K_2O -2.464%, Fe_2O_3 -2.474%, MgO -0.782%, CaO -1.258%, TiO_2 -0.554%, SrO -0.152%, ZrO_2 -0,043%, Mn_2O_3 -0.052% агуулагдаж байна. Мөн SiO_2/Al_2O_3 харьцаа нь идэвхжүүлэлт хийсний дараа 6.35 болж өссөн үзүүлэлт гарсан байна.

Хүчлийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний харьцуулсан үр дүнг 36-р хүснэгтээр үзүүлэв.

36-р хүснэгт. Хүчлийн идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний харьцуулсан үр дүн

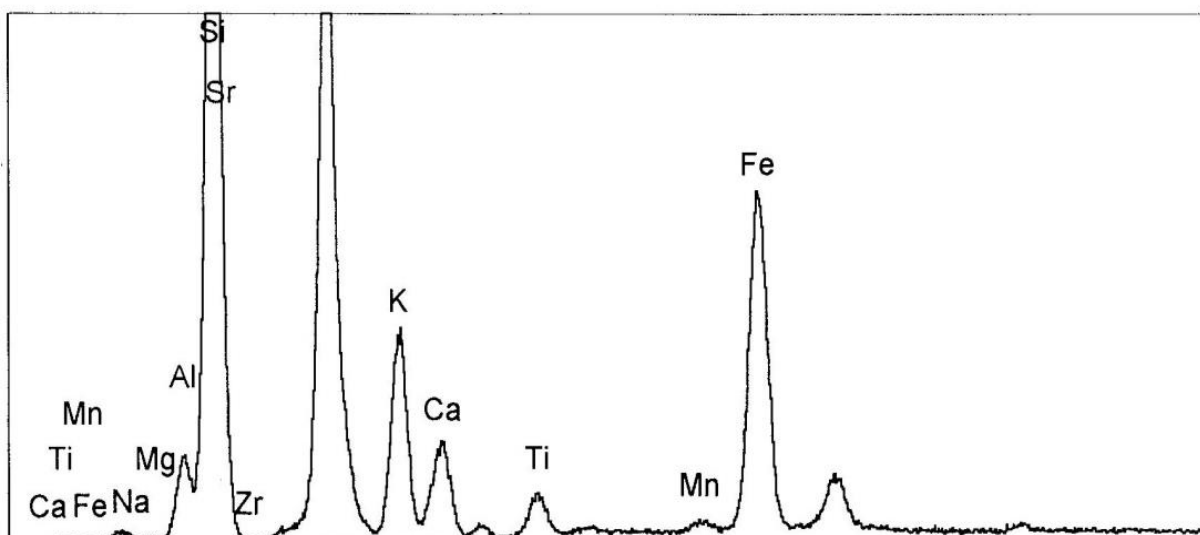
№	Элемент	Байгалийн	Цеолитын идэвхжүүлэлт (2-р дээж) ,%						
			Химийн		Оксидын хувь,% H ₂ SO ₄		SiO ₂ /Al ₂ O ₃		
			2 M, HCl	2 M, H ₂ SO ₄	өсөлт	бууралт	Байга- лийн	HCl	H ₂ SO ₄
1	Na ₂ O	2.406	-	-	-	-	5.63	6.08	6.35
2	MgO	0.746	0.776	0.782	4.60	-			
3	Al ₂ O ₃	13.480	13.005	12.543	-	7.47			
4	SiO ₂	75.881	79.160	79.678	4.76	-			
5	K ₂ O	2.898	2.682	2.464	-	14.97			
6	CaO	1.743	1.352	1.258	-	27.82			
7	Fe ₂ O ₃	1.762	2.245	2.474	28.77	-			
8	TiO ₂	0.424	0.511	0.554	23.46	-			
9	Mn ₂ O ₃	0.046	0.054	0.052	11.54	-			
10	SrO	0.199	0.166	0.152	-	23.62			
11	ZrO ₂	0.052	0.049	0.043	-	17.31			

Химийн идэвхжүүлэлтийн үр дүнгээс үзвэл SiO₂-ын хэмжээ 4.76%, бусад оксид болох Fe₂O₃, MgO, TiO₂, Mn₂O₃ 4.6- 28.77% болж өссөн байна.

Харин Al₂O₃-хэмжээ 1.37%, бусад оксидын хэмжээ K₂O, CaO, SrO, ZrO₂-ын эзлэх хувь 7.47-27.82% болж буурсан буурсан байна. Химийн идэвхжүүлэлтийн үр дүнд SiO₂/Al₂O₃ харьцаа нь 5.63-6.36 болж өссөн нь цахиур өндөртэй цеолитыг сулруулсан хүчлийн уусмалаар үйлчлэхэд катионгүйжих урвал явсантай холбоотой.

Хосломол идэвхжүүлэлт хийсэн дээжний үр дүн

2-р дээжинд (2M-ийн H₂SO₄, 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлт хийсний дараах рентгенфлуоресценцийн шинжилгээний үр дүнг 61-р зураг ба 37-р хүснэгтээр үзүүллээ.



61-р зураг. 2-р дээжний (2 М-ийн H_2SO_4 , 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлтийн рентгенфлуоресценцийн спектр

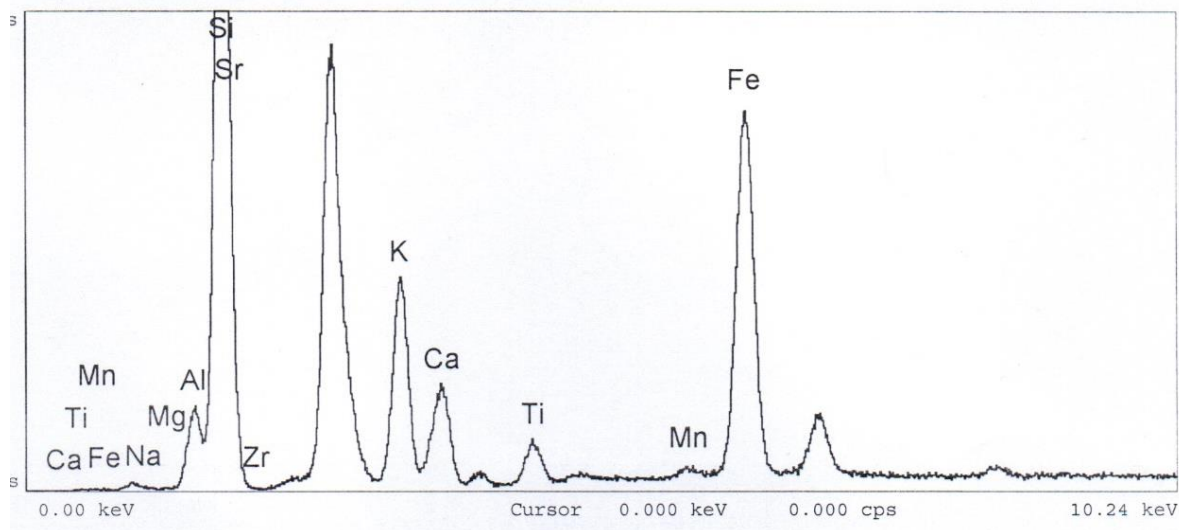
37-р хүснэгт. 2-р дээжний (2 М-ийн H_2SO_4 , 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлтийн рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	оксид	Масс
<i>Na</i>	0.116	<i>Na₂O</i>	0.16
<i>Mg</i>	0.455	<i>MgO</i>	0.76
<i>Al</i>	6.554	<i>Al₂O₃</i>	12.38
<i>Si</i>	37.452	<i>SiO₂</i>	80.12
<i>K</i>	2.409	<i>K₂O</i>	2.90
<i>Ca</i>	0.803	<i>CaO</i>	1.12
<i>Ti</i>	0.257	<i>TiO₂</i>	0.43
<i>Mn</i>	0.027	<i>Mn₂O₃</i>	0.04
<i>Fe</i>	1.347	<i>Fe₂O₃</i>	1.93
<i>Sr</i>	0.113	<i>SrO</i>	0.13
<i>Zr</i>	0.027	<i>ZrO₂</i>	0.04
<i>O</i>	50.441	-	-

Дээрх 58-р зураг ба 37-р хүснэгтээс харахад 2 М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг, 1:3 харьцаатай 1 цаг хосломол идэвхижүүлсэн дээжинд агуулагдах SiO_2 - 80.12%, Al_2O_3 -12.38%, K_2O -2.90%, Fe_2O_3 -1.93%, MgO -0.76%, CaO -1.12%, TiO_2 -0.43%, Na_2O -0.16%, SrO -0.13%, ZrO_2 -0.04%, Mn_2O_3 -0.04% агуулагдаж байна. Мөн

SiO_2/Al_2O_3 харьцаа нь идэвхжүүлэлт хийсний дараа 6. 47 болж өссөн үзүүлэлт гарсан байна.

2-р дээжний (2 М-ийн HCl , 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлтийн рентгенфлуоресценцийн үр дүнг 62-р зураг болон 38-р хүснэгтээр үзүүллээ.



62-р зураг. 2-р дээжний (2 М-ийн HCl , 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлтийн рентгенфлуоресценцийн спектр

38-р хүснэгт. 2-р дээжний (2 М-ийн HCl , 1:3 харьцаатай 1 цаг) хосломол идэвхжүүлэлтийн рентгенфлуоресценцийн үр дүн

элемент	масс	оксид	Масс
<i>Na</i>	0.000	Na_2O	0.000
<i>Mg</i>	0.470	MgO	0.780
<i>Al</i>	6.730	Al_2O_3	12.716
<i>Si</i>	37.004	SiO_2	79.160
<i>K</i>	2.506	K_2O	3.019
<i>Ca</i>	0.917	CaO	1.284
<i>Ti</i>	0.282	TiO_2	0.470
<i>Mn</i>	0.033	Mn_2O_3	0.047
<i>Fe</i>	1.611	Fe_2O_3	2.303
<i>Sr</i>	0.147	SrO	0.173
<i>Zr</i>	0.036	ZrO_2	0.049
<i>O</i>	50.264	-	-

60-р зургаас харахад 2 М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг, 1:3 харьцаатай 1 цаг хосломол идэвхжүүлсэн дээжинд агуулагдах SiO_2 -ын агуулга 80.11%, Al_2O_3 агуулга 12.38% K_2O -2,902%, Fe_2O_3 -1,926, MgO -0.755%, CaO -1.123%, TiO_2 -

0.428%, Na_2O -0.157%, SrO -0.134%, ZrO_2 -0.037%, Mn_2O_3 -0.038 % болж өссөн нь харагдаж байна. Мөн SiO_2/Al_2O_3 харьцаа нь 6.22 болж өссөн байна.

Хосломол идэвхжүүлэлтийн харьцуулсан үр дүнг 39-р хүснэгтээр үзүүллээ.

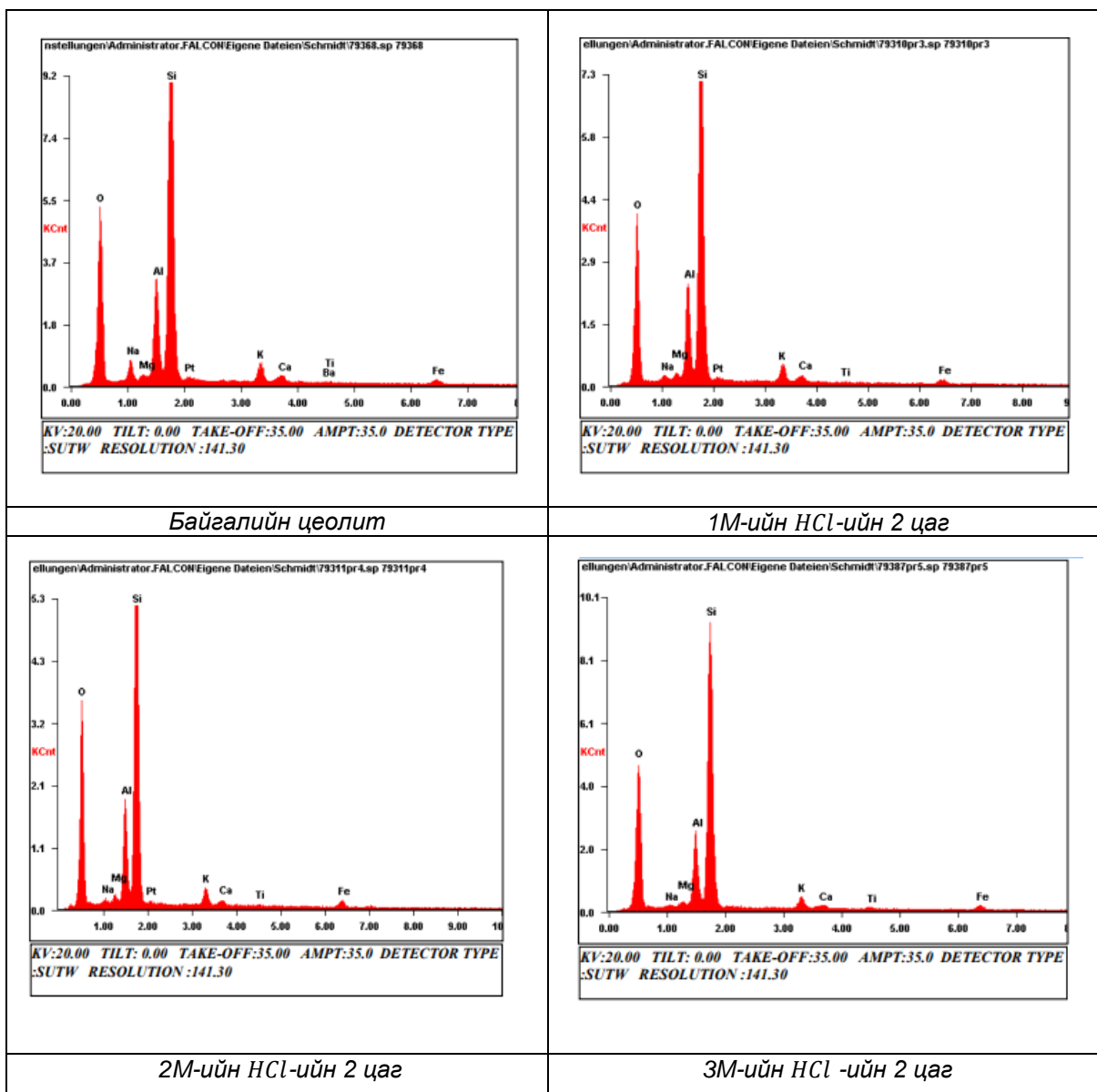
39-р хүснэгт. Хосломол идэвхжүүлэлтийн харьцуулсан үр дүн

№	Элемент	Байгалийн	Цеолитын идэвхжүүлэлт (2-р дээж) ,%						
			Хосломол		Оксидын хувь,% 1:1, H_2SO_4		SiO_2/Al_2O_3		
			2M HCl 1:1 t=60 МИН	2M H_2SO_4 1:1 t=60 МИН	өсөлт	буурал Т	Байгалийн	HCl 1:1	H_2SO_4 1:1
1	Na_2O	2.406	-	0.157	-	93.5	5.63	6.22	6.45
2	MgO	0.746	0.780	0.755	1.21	-			
3	Al_2O_3	13.480	12.716	12.383	-	8.14			
4	SiO_2	75.881	79.160	80.117	5.58	-			
5	K_2O	2.898	3.019	2.902	0.14	-			
6	CaO	1.743	1.284	1.123	-	35.6			
7	Fe_2O_3	1.762	2.303	1.926	9.31	-			
8	TiO_2	0.424	0.470	0.428	0.9	-			
9	Mn_2O_3	0.046	0.047	0.038	-	17.39			
10	SrO	0.199	0.173	0.134	-	32.66			
11	ZrO_2	0.052	0.049	0.037	-	28.85			

Хосломол идэвхжүүлэлтийн үр дүнгээс үзвэл SiO_2 -ын хэмжээ 5.58%, бусад оксид болох Fe_2O_3 , K_2O , MgO , TiO_2 0.9-9.31% болж өссөн байна. Харин Al_2O_3 -хэмжээ 8.14%, бусад оксидын хэмжээ, Na_2O , CaO , Mn_2O_3 , SrO , ZrO_2 -ын эзлэх хувь 17.39- 93.5% болж буурсан байна. Хосломол идэвхжүүлэлтийн үр дүнд SiO_2/Al_2O_3 харьцаа нь 5.63-6.45 болж өссөн үр дүн гарсан байна.

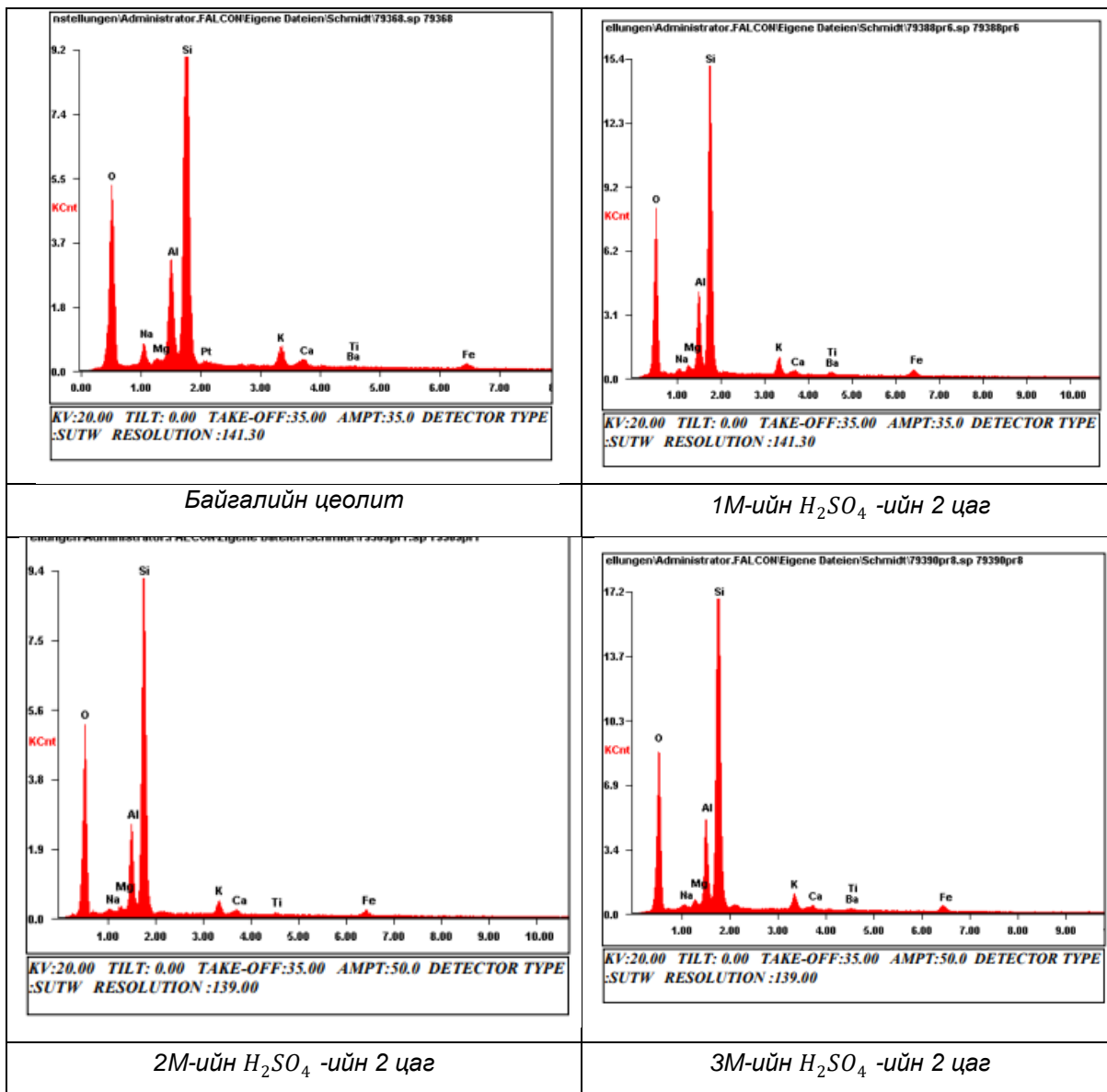
Химийн идэвхжүүлэлтийн үр дүнг орчин үеийн багажны үр дүнтэй харьцуулан судлах үүднээс Германы SEM-EDAX багажин дээр хийсэн үр дүнг 61-р зургаар оруулав.

Идэвхжүүлэлтийг 1М, 2М, 3М-ийн давсны хүчил, 1М, 2М, 3М-ийн хүхрийн хүчлийн 120 минутын идэвхжүүлэлтүүдийн үр дүнг харьцуулсан болно.



63-р зураг. Давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн дээжний SEM-EDAX

1-р дээжний хүхрийн хүчлийн идэвхжүүлэлтийн SEM-EDAX-ийн үр дүнг 61-р зургаар үзүүлэв.



64-р зураг. Хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлсэн дээжний SEM-EDAX

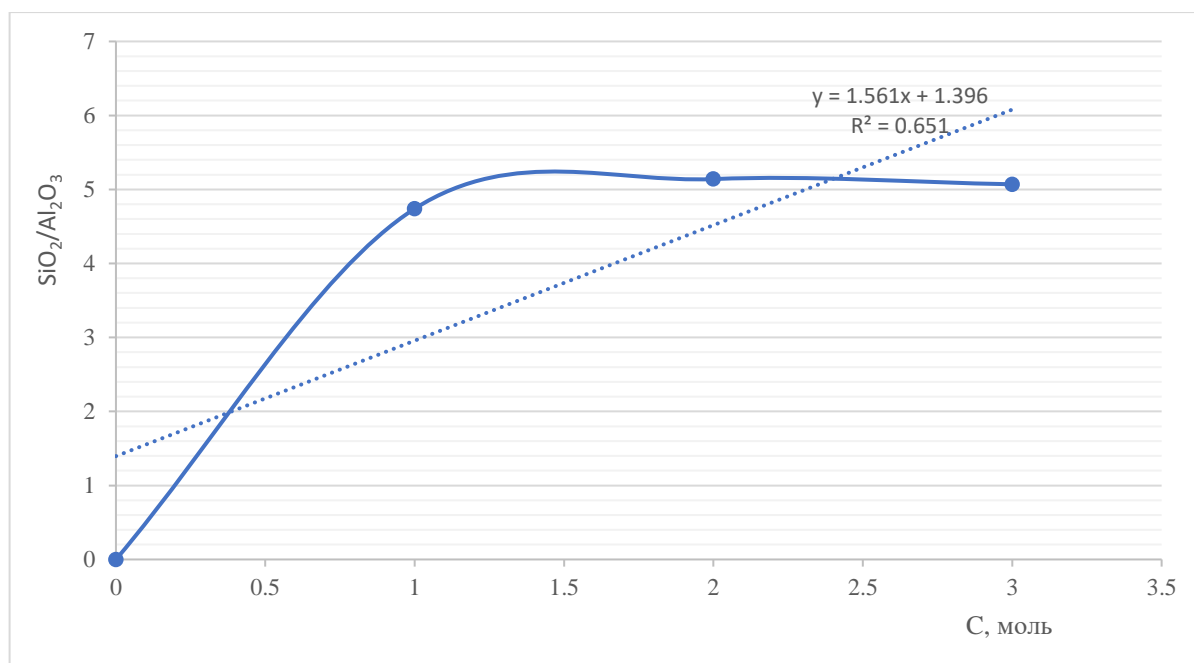
Дээрх химийн идэвхжүүлэлтийн үр дүнг нэгтгэн 40-р хүснэгтээр нэгтгэн үзүүлэв.

40-р хүснэгт. Идэвхжүүлэлтийн үр дүнг нэгтгэн харуулсан байдал

№	Нэр	Цеолит,% (2-р дээж)						
		Байгалийн, Wt, %	HCl			H ₂ SO ₄		
			1M	2M	3M	1M	2M	3M
1	Na ₂ O	3.81	1.03	0.76	0.54	0.99	0.75	0.73
2	MgO	0.62	0.88	1.07	1.03	1.15	0.98	1.25
3	Al ₂ O ₃	15.47	14.95	15.07	15.38	14.94	15.0	14.40

4	SiO_2	73.37	76.86	76.45	76.19	74.75	77.19	76.97
5	K_2O	2.86	2.72	2.49	2.44	3.03	2.22	2.45
6	CaO	1.32	1.16	0.84	0.80	0.74	0.79	0.63
7	Fe_2O_3	2.03	2.12	2.85	2.94	3.51	2.63	2.89
8	TiO_2	0.31	0.27	0.48	0.68	0.89	0.43	0.54
9	BaO	0.21	-	-	-	-		0.15
	SiO_2/Al_2O_3	4.74	5.14	5.07	4.95	5.0	5.14	5.34

Байгалийн цеолитын SiO_2 -73.37%, Al_2O_3 -15.47% агуулгатай байхад давсны хүчлээр идэвхжүүлэхэд 1М HCl хүчлээр идэвхжүүлэхэд SiO_2 -76.86% болж өссөн байхад, Al_2O_3 -14.95% болж буурсан байна. Хүчлийн концентраци болон SiO_2/Al_2O_3 харьцааны хамаарлын графикийг 65-р зургаар үзүүлэв.



65-р зураг. Хүчлийн концентраци болон SiO_2/Al_2O_3 харьцааны хамаарлын график

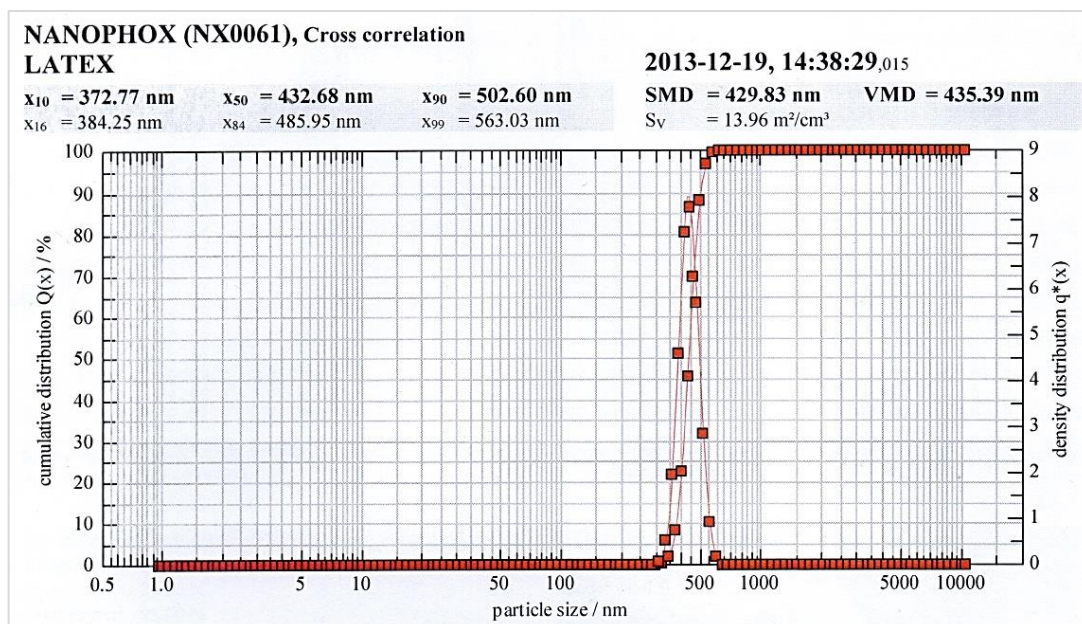
Дээрх 63-р зургаас харахад 1М концентрацитай давсны хүчлээр боловсруулахад хөнгөнцагааныг халах явц хамгийн эрчимтэй явагдсанаар SiO_2/Al_2O_3 харьцаа хамгийн их утганд хүрчээ.

Цеолит агуулсан чулуулгийн дундаж элементийн найрлагыг индуктив хосолсон плазмын атомын ялгаралтын спектрометр (ICP-AES) (SGS Vostok Limited, Чита) ашиглан тодорхойлсон ба 41-р хүснэгтэд үзүүлэв.

41-р хүснэгт. Цеолитын элементийн найрлага

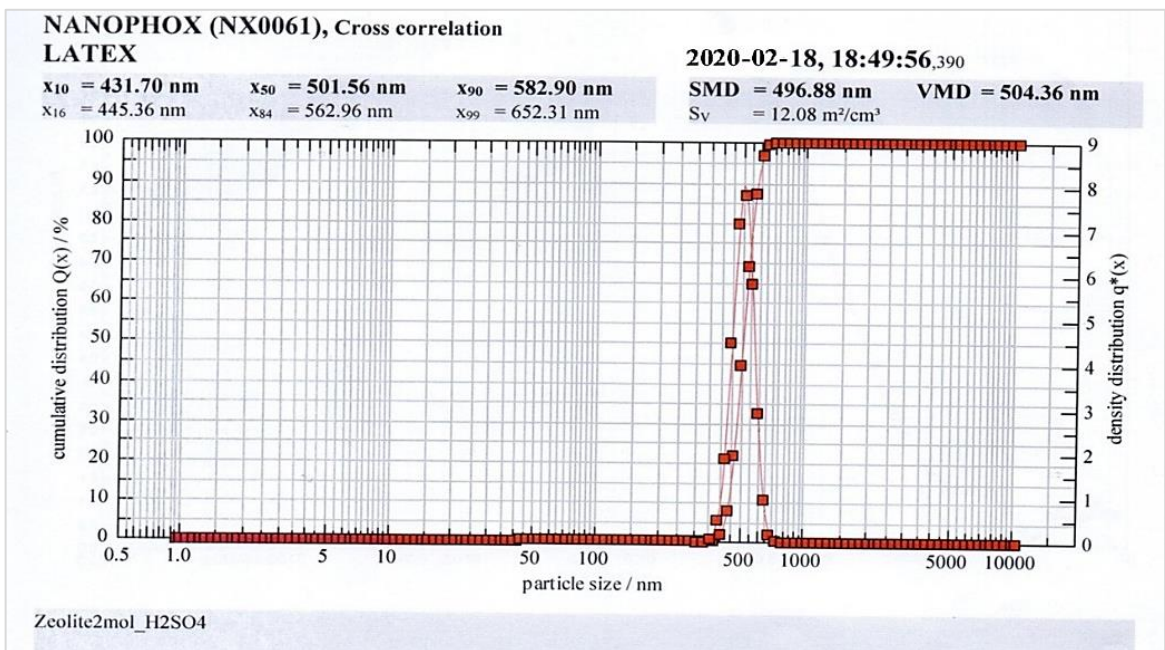
№	Элемент, %	1-р дээж		2-р дээж	
		Байгалийн	Идэвхжүүлсэн	Байгалийн	Идэвхжүүлсэн
1	Na	2.235	2.125	1.785	0.165
2	Mg	0.994	0.814	0.450	0.457
3	Al	6.74	6.70	7.134	7.23
4	Si	35.75	35.71	35.47	36.43
5	K	2.573	2.541	2.41	2.62
6	Ca	0.314	0.281	1.25	1.08
7	Fe	1.797	1.814	1.232	1.417
8	Ti	-	-	0.254	0.285
9	Mn	-	-	0.032	0.032
10	Sr	-	-	0.168	0.137
11	Zr	-	-	0.039	0.029

Дээж бөмбөлгийн хэмжээг 1:1 харьцаатай авч 6 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарлыг 66-р зургаар үзүүлээ.



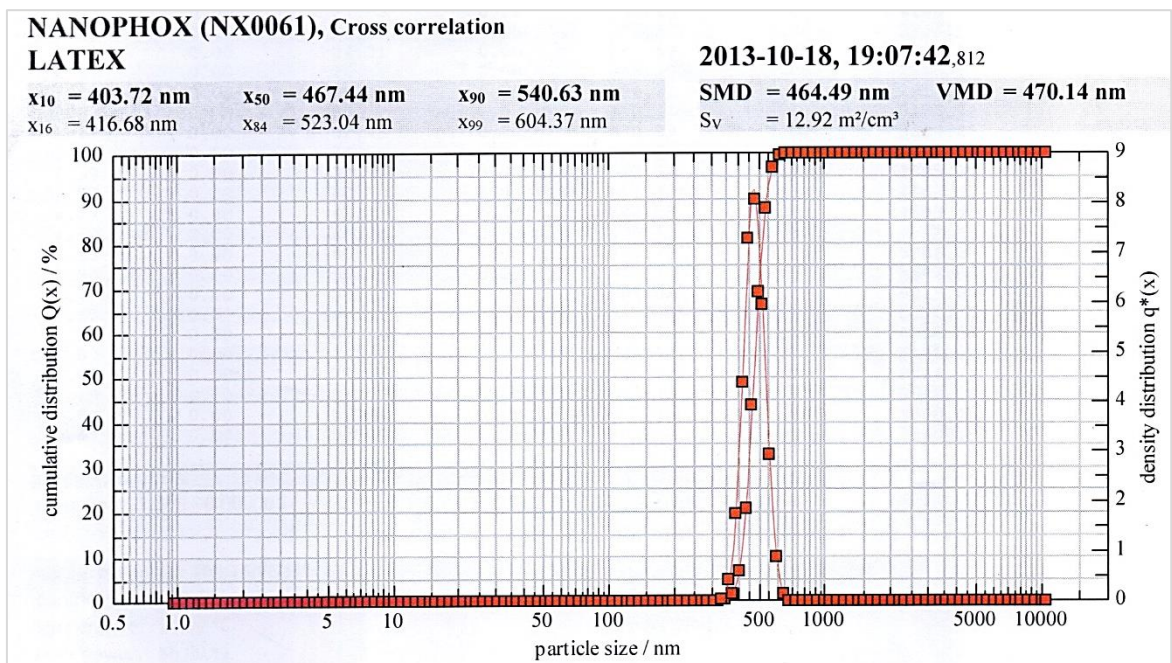
66-р зураг. 1:1 харьцаатай 6 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарал

2М-ийн H_2SO_4 хүчлээр 2 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарлыг 67-р зургаар үзүүлээ.

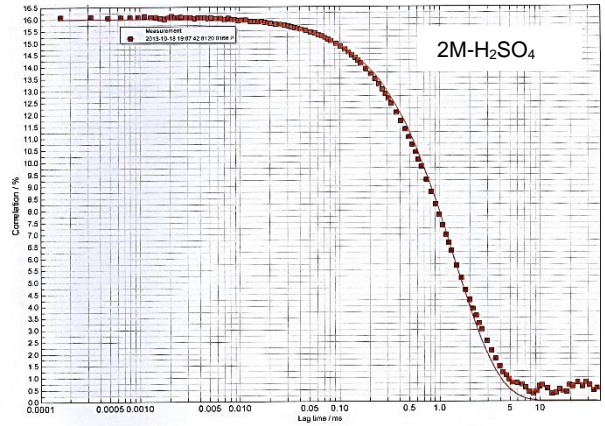
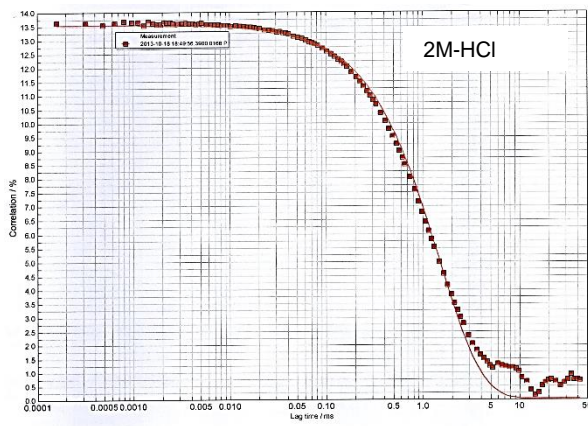


67-р зураг. 2 М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарал

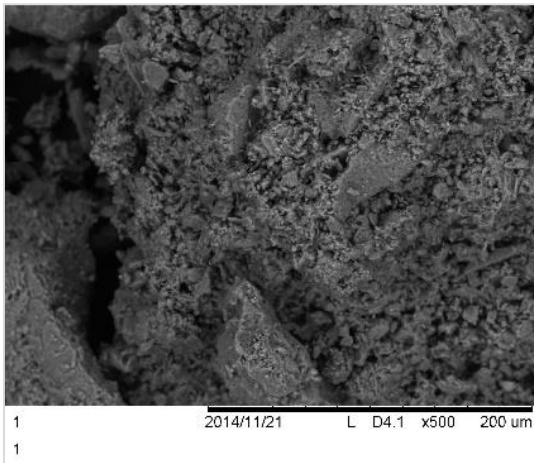
67-р зургаас харахад 2М-ийн H_2SO_4 -ээр 2 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ нь хамгийн бага нь 504 нм (0.504 мкм) болохыг тогтоов.



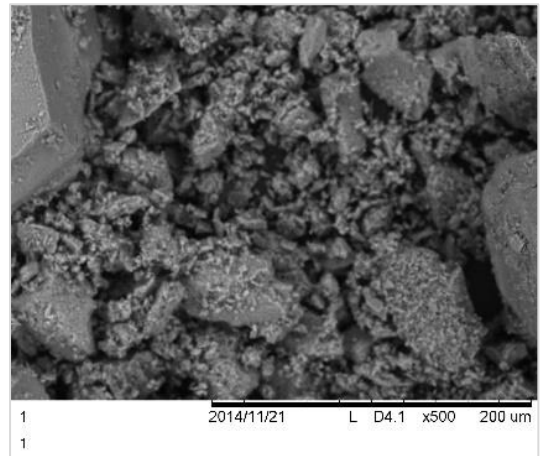
68-р зураг. 3М-ийн H_2SO_4 2 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн хэмжээ болон харьцангуй тархалтын хамаарал



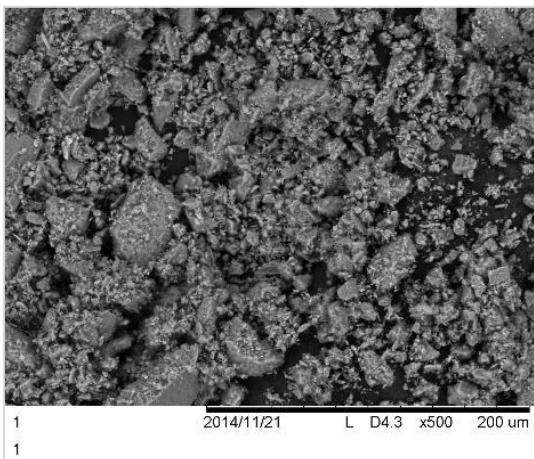
69-р зураг. 2 болон 3M-ийн H₂SO₄ 2 цаг идэвхжүүлсэн дээжийн ширхэглэлийн харьцангуй тархалтын хамаарал



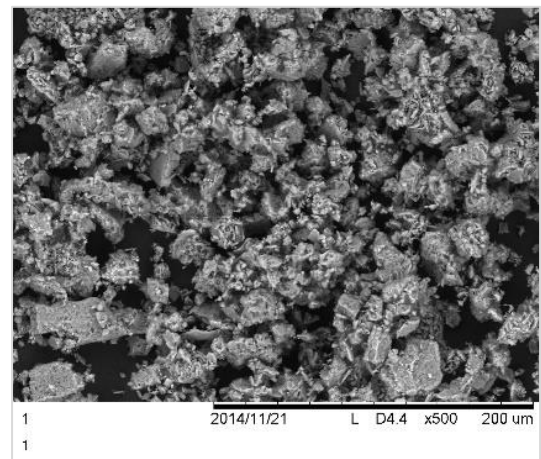
А



Б



В

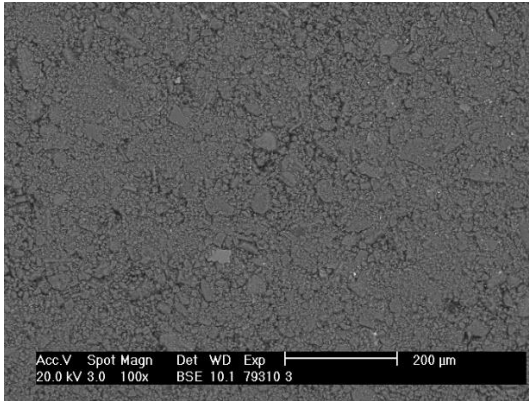


Г

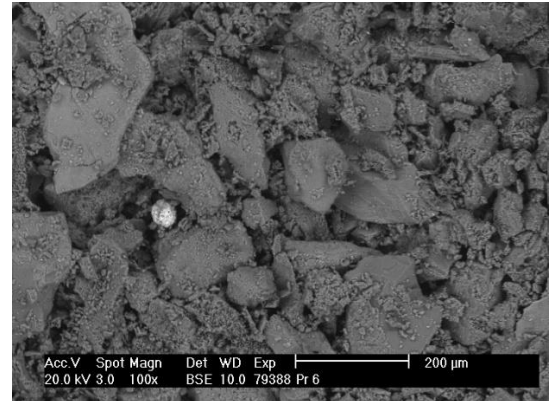
70-р зураг. 2-р дээжний SEM

А-2-р дээжний 2 M-ийн HCl-ээр 2 цаг идэвхжүүлсэн
 Б-2 M-ийн H₂SO₄-ээр 2 цаг идэвхжүүлсэн
 В- 1:3 харьцаатай 60 минутын механохимийн идэвхжүүлэлт хийсэн
 Г- Байгалийн цеолит

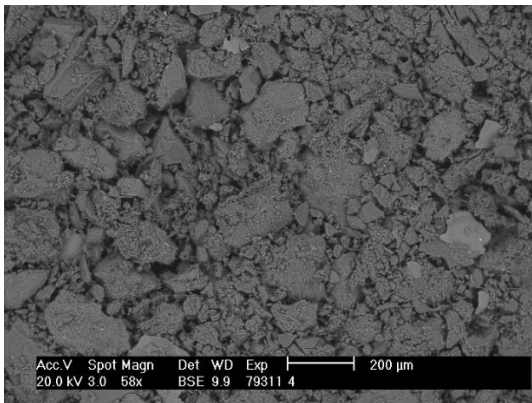
Электрон микроскопын зургаас үзэхэд механохимийн идэвхжүүлэлтэнд оруулсан цеолит нь хэсэг хэсэгээрээ бөөгнөрсөн, тодорхой хэлбэр дүрсгүй болох нь харагдаж байна. Энэ цеолитын аморф бүтэцтэйг давхар баталж байна.



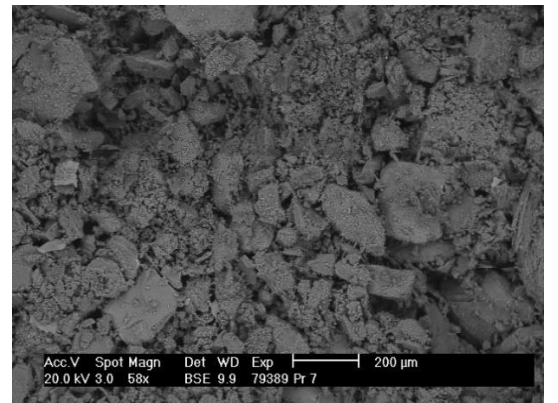
1M HCl



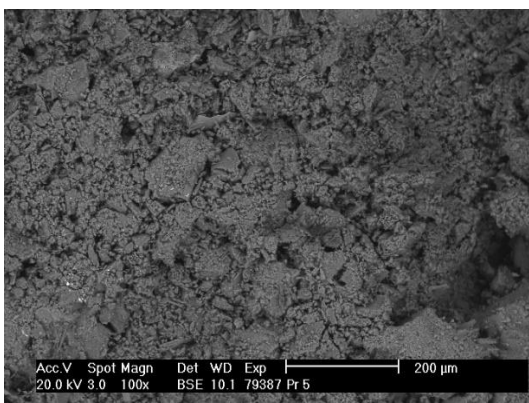
1M H₂SO₄



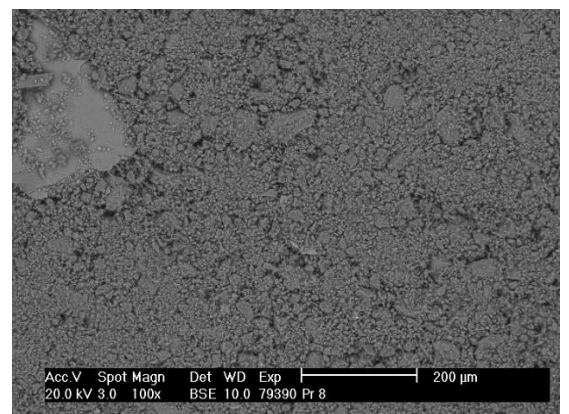
2M HCl



2M H₂SO₄

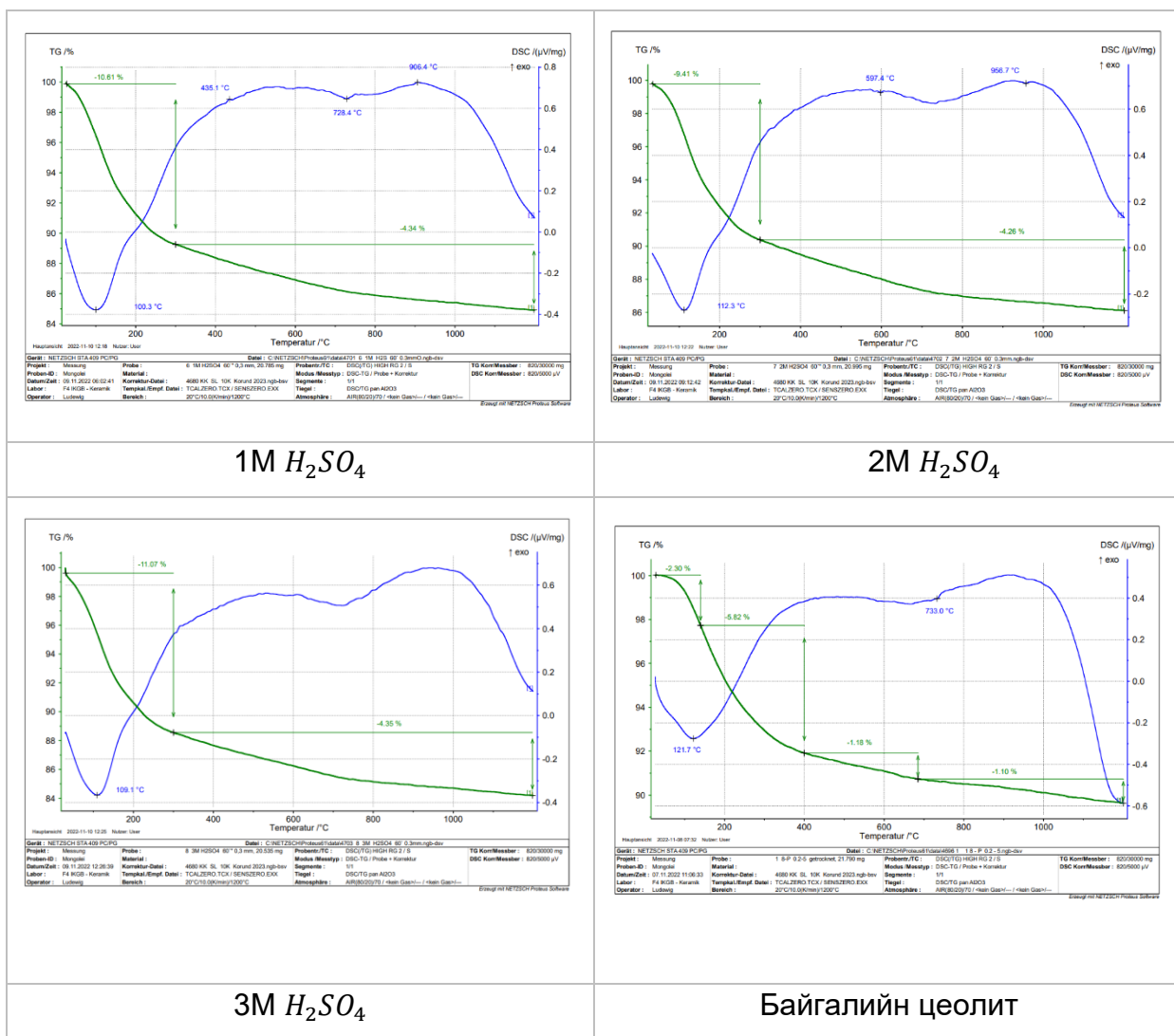


3M HCl



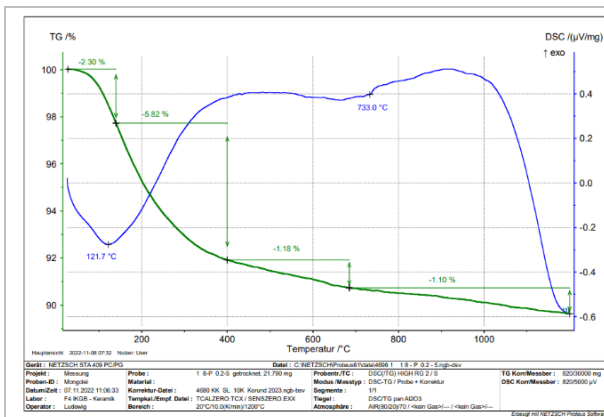
3M H₂SO₄

71-р зураг. Хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитын SEM-ийг харьцуулсан байдал

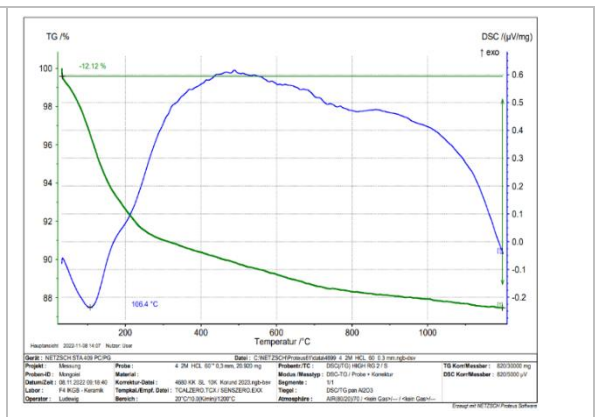


72-р зураг. Хүхрийн хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитын DSC-TG харьцуулсан байдал

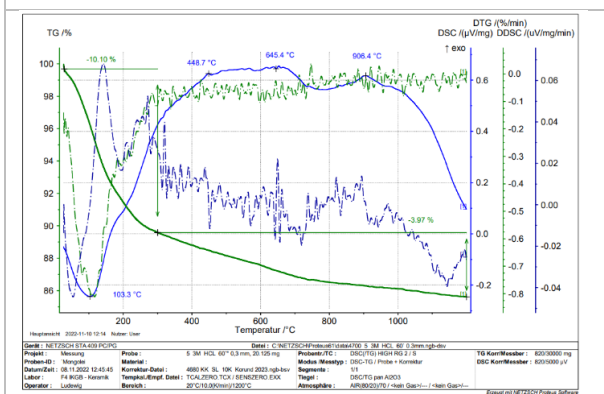
Дээрх 72-р зургаас харахад байгалийн цеолитын усгүйжих процессын эхний үе шат нь 23.5-400°C-т явагдаж 733°C-т явагдаж дуусаж массын нийт алдагдал 10.4% байна. 1M концентрацитай хүхрийн хүчлээр идэвхижүүлсэн дээжний усгүйжих процессын эхний үе шат нь 23.5-300°C-т явагдаж 728.4 °C-т дуусаж массын нийт алдагдал 14.95%, 2M концентрацитай дээжний массын нийт алдагдал 13.67% байсан бол 3 M концентрацитай дээжний массын нийт алдагдал 15.42% тус тус байна. 200°C хүртэл алдагдаж буй ус нь химийн холбоотой бус ус бөгөөд 250-400°C-т химийн холбоот ус нь алдагдах бөгөөд энэ үед клинололитын эрдсийн бүтцэд өөрлөлт гараагүй байна. Энэ нь түүний дулааны тогтворжилт 700°C хүртэл байгаатай холбоотой.



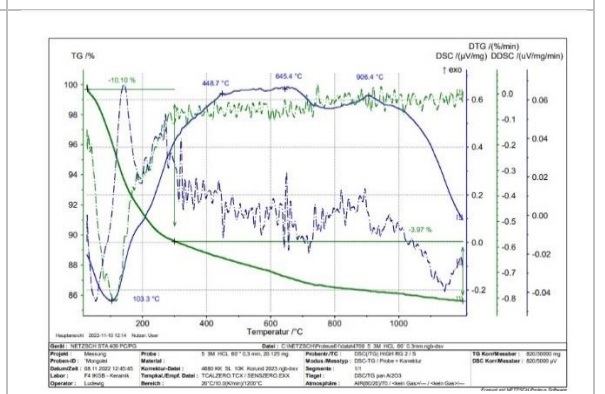
Байгалийн цеолит



1M HCl



2M HCl



3M HCl

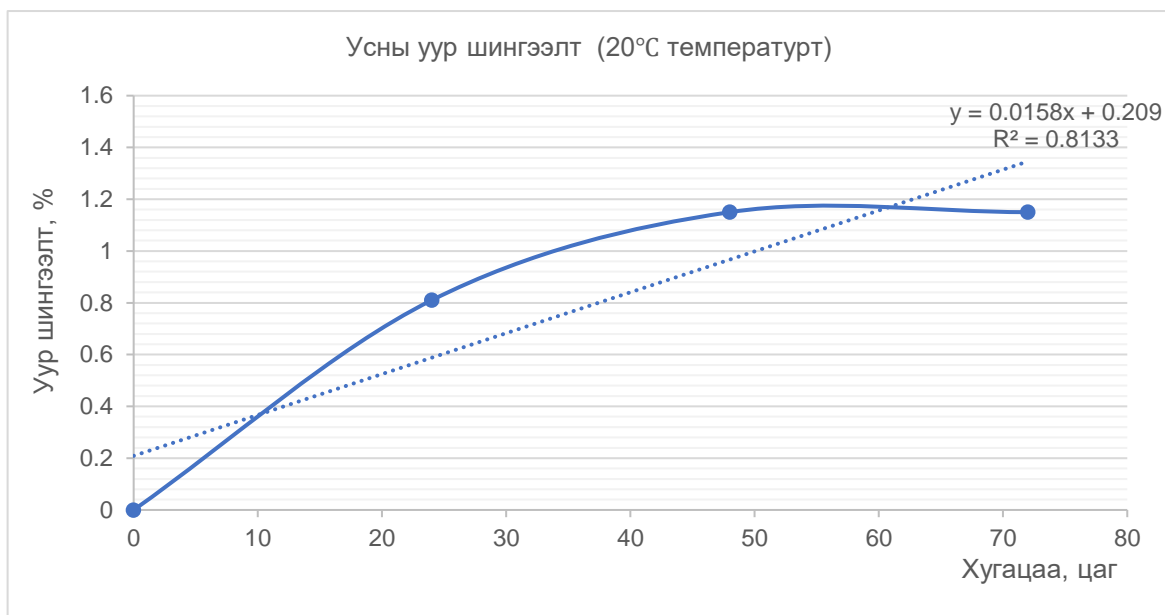
73-р зураг. Давсны хүчлээр идэвхжүүлсэн цеолитын DSC-TG харьцуулсан байдал

Дээрх 73-р зургаас үзэхэд 1M концентрацитай давсны хүчлээр идэвхижүүлсэн дээжний усгүйжих процессын эхний үе нь мөн 22.5-300°C-т явагдаж 645.4-728.5°C-т дуусаж массын нийт алдагдал 12.12%, 2M концентрацитай дээжний массын алдагдал 14.87% байсан бол 3 M концентрацитай дээжний массын алдагдал 14.07% тус тус байна.

Цеолитын нүх сүвийн хэмжээг тодорхойлох

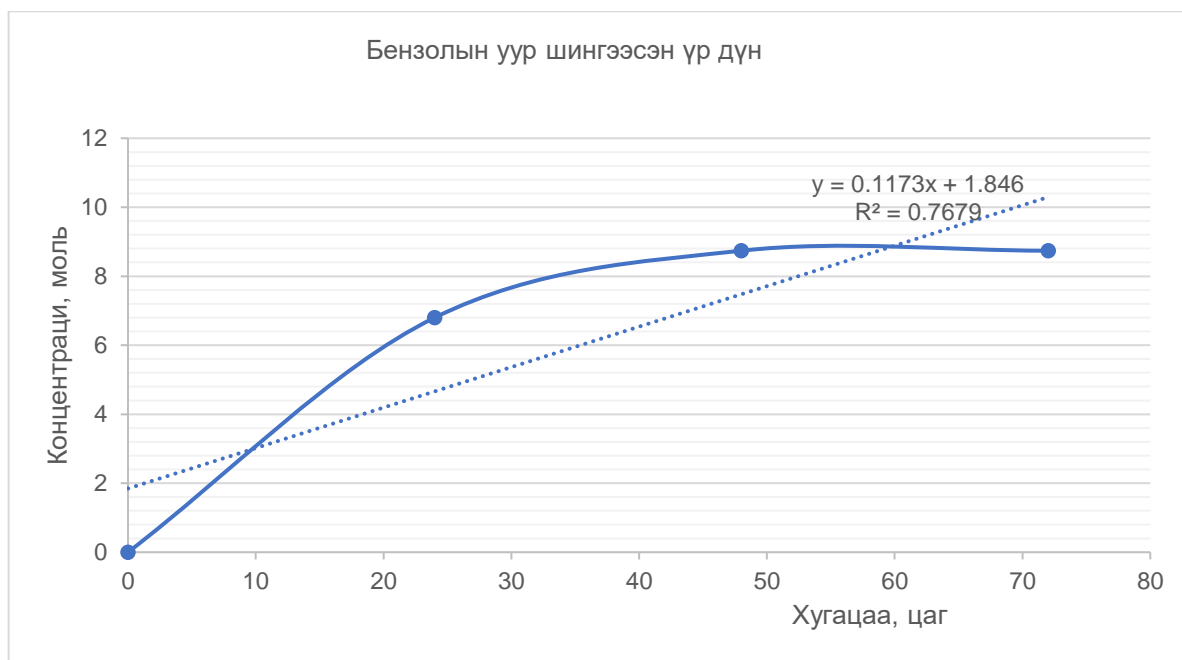
Цеолитын адсорбцлох чадварыг усны уурын адсорбцлолтоор тогтоов. Цеолитын адсорбцлох чадварыг усны уураар тодорхойлж байгаа бөгөөд бидний судалгаа хийсэн цеолит нь микро нүх сүвтэй учир энэ арга нь тохиромжтой юм. Цеолит дээр явах адсорбцийн гол үзэгдлийг эзэлхүүн дүүргэлтийн онолоор тайлбарлаж, шингээгдсэн усны хэмжээг адсорбцлолтын багтаамжийг илэрхийлж чадах юм.

Байгалийн цеолитын уур шингээлтийг тодорхойлсон үр дүнг 73-р зургаар үзүүлээ.

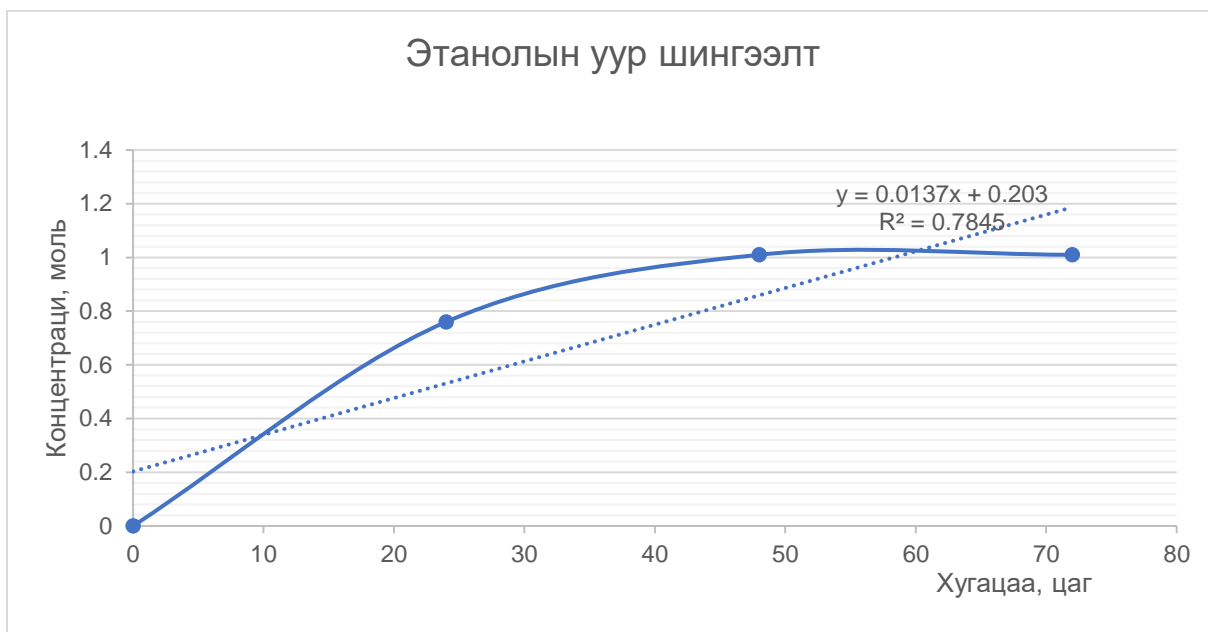


74-р зураг. Байгалийн цеолитын уур шингээлт (20°C)

Хоёрдогч нүх сүвийн систем нь хэт микро сүвнүүдээс үүссэн ба энэ нь цеолитын сорбцлох болон катализд орох шинж чанарт ихээхэн нөлөөлдөг. Байгалийн клиноптилолитын хоёрдогч нүх сүвнүүдийг тодорхойлохын тулд бензолын уурын адсорбцлох шинж чанарыг (өгөгдлүүдийг) ашиглан илэрхийлж болно.



75-р зураг. Байгалийн цеолитын бензолын уур шингээлт



76-р зураг. Байгалийн цеолитын этанолын уур шингээлт

Дээрх үр дүнгээс харахад цеолит нь 1.01% этанолын уурыг шингээсэн байна.

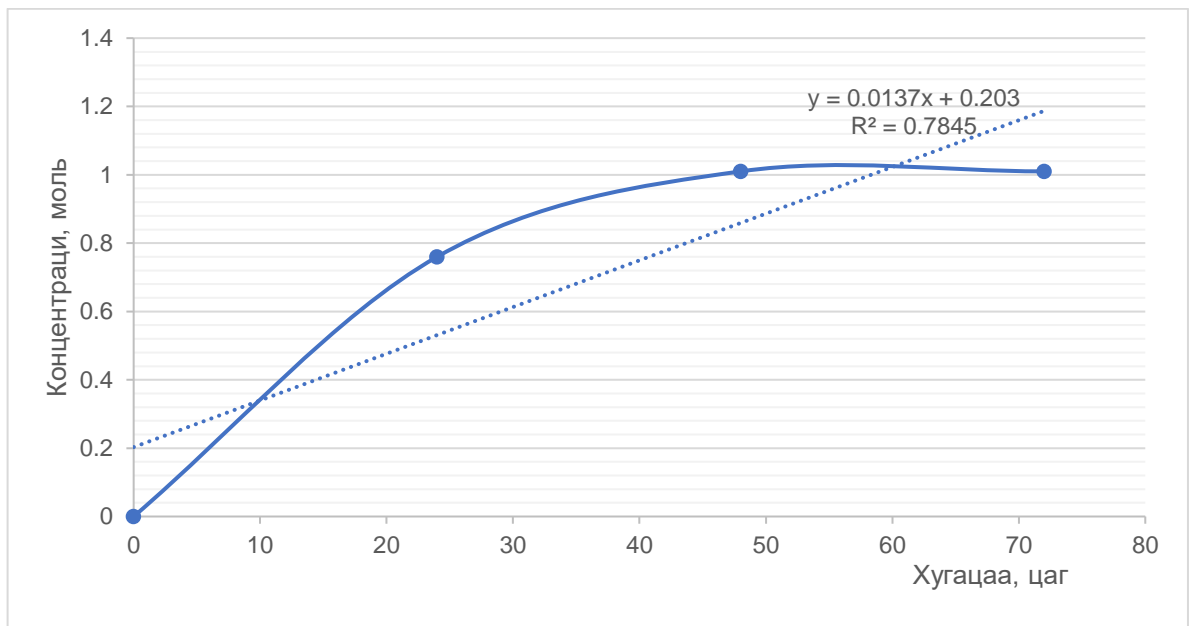
Адсорбцлох чадварыг тодорхойлох арга

Адсорбентуудын хэрэглэгдэх хүрээ нь юуны өмнө түүний сүвэрхэг бүтэц ба гадаргуу дахь хэсгүүдийн шинж чанараас ихээхэн хамаардаг байна. Иймээс цеолитууд, голчлон хэлэхэд клиноптилолит нь өөрийн микро сүвэрхэг бүтэцтэй байдаг нь ихээхэн судлаачдын анхаарлыг татдаг байна.

Клиноптилолит цеолитуудын хувьд а ба с тэнхлэгтэй параллель орших хоёр төрлийн сувагтай байдгаараа онцлогтой юм. (хэвлэлийн тоймоос үзнэ үү) Энэ сувагны нэг нь 8 -н талст (0.40 x 0.55 нм) цагирагаас, нөгөөн нь 10 -н талст (0.40 x 0.72 нм) цагирагаас бүрддэг байна. Микро сүвнүүдтэй цеолитуудын эзэлхүүнийг тодорхойлохдоо энэ микро эзэлхүүнүүдэд саад бэрхшээлгүй нэвтрэх хий ба уурын адсорбцийг судалдаг байна. $d = 2.8\text{Å}$ жижиг хэмжээний усны молекулууд нь саад бэрхшээлгүй клиноптилолитын эзэлхүүнд нэвтрэн ордог байна.

Байгалийн цеолитуудын микро сүвнүүдийн эзэлхүүнийг ойролцоогоор тодорхойлохын тулд усны уурын адсорбцлох хэмжээг $p/p_s = 0.40$ гэж авч болно.

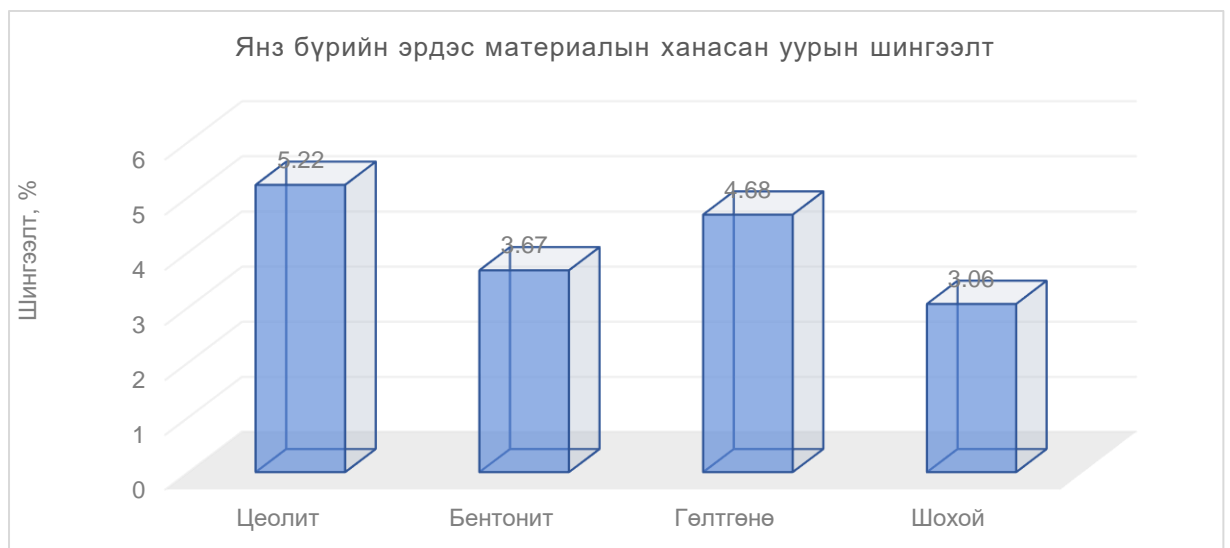
Усны уурын даралтын хэмжээ бага байхад p/p_s , 0.05 усны молекулын адсорбцлох үндсэн төв нь (Ca^{**}, Na, K') ион солилцогч катионууд болдог ба эдгээр катионууд нь сорбентын үндсэн найрлага дахь хөнгөн цагаан-цахиур хүчилтөрөгчийн илүүдэл хасах цэнэгийг нөхдөг.



77-р зураг. Усны уур шингээсэн үр дүн

$p/p=0.05...0.4$ -ын хязгаарт сүвнүүдийг дүүргэх усны молекулын адсорбцлол нь гадаргуй дээрх хүчилтөрөгчийн атом болон өмнө адсорбцлогдсон H_2O -ын молекулуудтай хамт устөрөгчийн холбоо үүсгэн бий болдог байна.

Иймд бид судалгааны ажилдаа ханасан уурын уусмалыг ашиглаж $p/p=0.4$ усны уурын даралтын үед янз бүрийн эрдэс материалын ханасан уурын шингээлтийг тодорхойлсон үр дүнг дараах 76-р зургаар үзүүлэв.



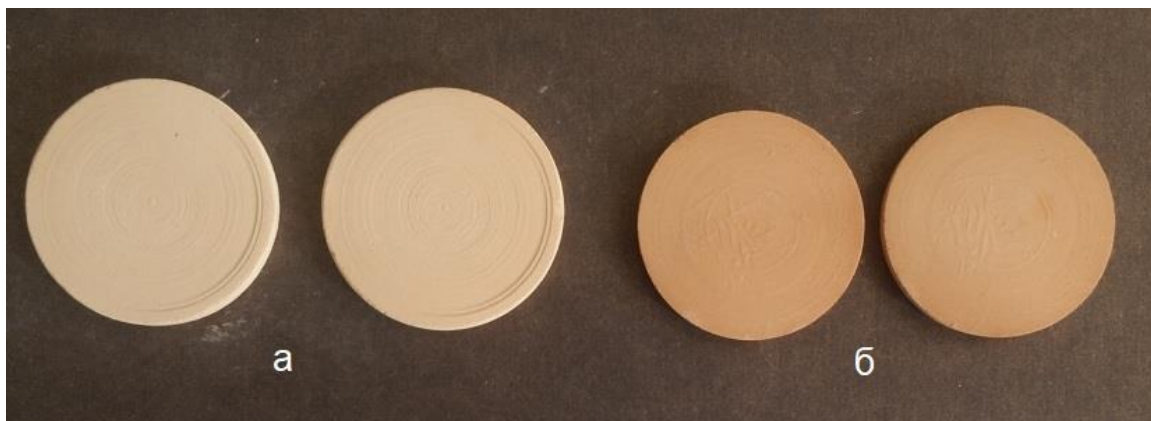
78-р зураг. Цеолит болон зарим нэг эрдэс материалын ханасан уур шингээлт

Энэхүү үр дүнгээс харахад Өргөний клиноптилолитын эрдэс агуулсан цеолит нь хамгийн өндөр шингээлттэй байна.

ДӨРӨВДҮГЭЭР БҮЛЭГ. КЕРАМИК МЕМБРАНЫ ТУРШИЛТЫН ҮР ДҮН

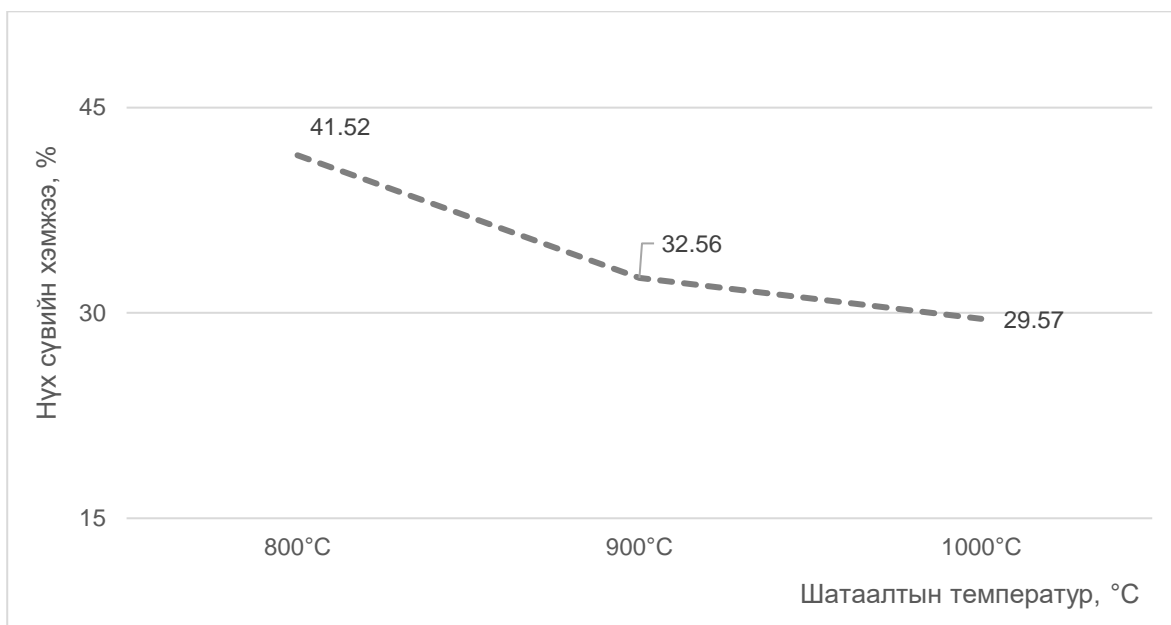
4.1 Лабораторын туршилтын үр дүн

Гарган авсан цеолитон нэмэлттэй керамик мембраны ус нэвтрүүлэлтийг лабораторын нөхцөлд туршихын тулд дискэн хэлбэртэй эдлэл хэвлэн авч ашиглалаа. (79-р зураг үзнэ үү)



79-р зураг. Диск мембран а-800°C-т, б-1000°C-т шатаан гарган авсан

Диск мембраны ус шингээлтийг 800°C, 900°C болон 1000°C -ийн температурт шатаасны дараа тодорхойлсон үр дүнг 78-р зургаар үзүүлээ.

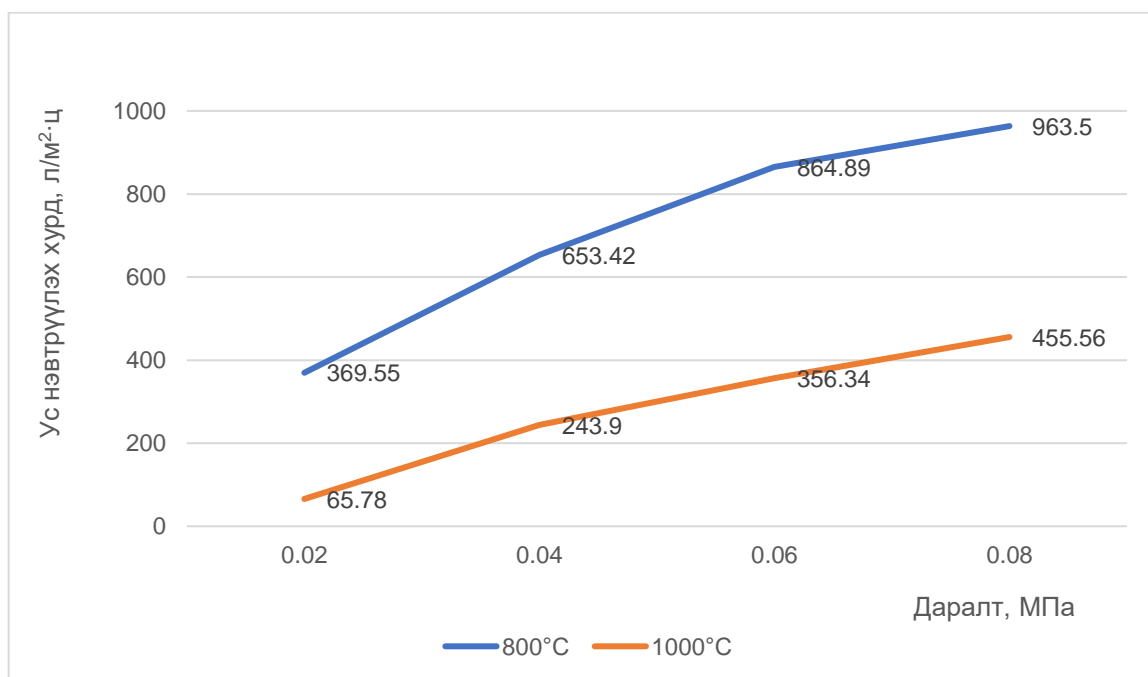


80-р зураг. Диск мембраны нүх сүвийн хэмжээ шатаалтын температурын хамаарал

Шатаалтын температур өсөхөд керамик биетийн нягтаршилт явагдаж нүх сүвийн хэмжээ буурч байгаа нь 80-р зургаас харагдаж байна. Энэ нь мөн

клиноптилолитын эрдэс агуулсан цеолитын дулааны тогтворжилт нь 750°С-с дээш температурт буурч байгаатай холбоотой юм.

Диск мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг 0.02-0.08 МПа даралтанд гүйцэтгэсэн үр дүнг 81-р зургаар үзүүлэв.



81-р зураг. Дискэн мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг тодорхойлсон үр дүн

Дээрх үр дүнгээс харахад 1000°С-ийн температурт шатаасан мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг 800°С-ийн температурт шатаан гарган авсан мембраны ус нэвтрүүлэлтийн хурдтай харьцуулахад буурсан үзүүлэлттэй буюу 800°С-ийнх 0.02 МПа даралтын үед 369.55 л/м²·ц, 0.08 МПа даралтын үед 963.5 л/м²·ц байхад 1000°С-ийнх 65.8 л/м²·ц болон 455.56 л/м²·ц тус тус байгаа нь керамик биетийн нягтралтай холбоотойгоор нүх сүвийн хэмжээ багассантай холбоотой юм.

4.2. Арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усыг шүүсэн туршилтын үр дүн

Гарган авсан цеолит-каолины керамик мембраныг ашиглан “Монгол шивро” ХХК-ны арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усыг шүүх хагас үйлдвэрлэлийн туршилтыг гүйцэтгэсэн болно. “Монгол шевро” ХХК-ны арьс ширний үйлдвэр нь өдөрт 4000 ширхэг ямаа, хонины арьс, 1000 ширхэг үхэр, сарлагийн арьс боловсруулах хүчин чадалтай. Хагас боловсруулсан арьсаа Итали, Испани Турк, Хятадад экспортолж, бэлэн арьсаа дотоодын зах зээлд борлуулдаг.



82-р зураг. Монгол шевро үйлдвэрийн цех ба туршилтын стэнд

Арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал ус нь механик болон органик бохирдуулагч ихтэй учраас ус цэвэршүүлэн шүүх ажлыг дараах дамжлагаар гүйцэтгэлээ. Үүнд:

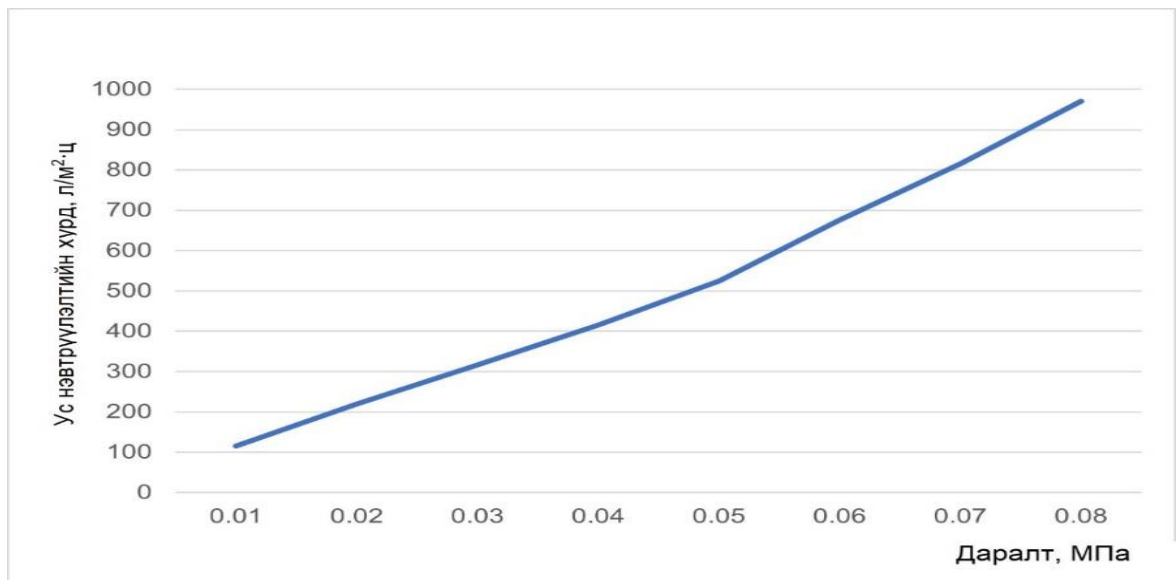
- Усанд агуулагдах том ширхэглэлтэй механик хольцыг седиментацийн аргаар тунадасжуулах,
- Том ширхэглэлтэй хэсгээс салгасны дараа коагуляцид оруулах,
- Үлдэгдэл хэсгийг фильтрээр шүүх,
- Керамик мембраныг ашиглан шүүх,
- Шүүсэн усыг шинжлэх зэрэг багтана.

Туршилт гүйцэтгэсэн бүдүүвчийг дараах зургаар үзүүлээ.



83-р зураг. Ус шүүх туршилтын бүдүүвч ба зураг

Сорьцын цэвэр ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг 0.01-0.08 МПа даралтанд хэмжиж тодорхойлсон үр дүнг 84-р зурагт үзүүлэв.



84-р зураг. Цэвэр ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг тодорхойлсон үр дүн

Туршилтыг 26°C-тай тасалгааны температурт гүйцэтгэхэд 0.01 МПа даралттай үед ус нэвтрүүлэх чадвар 115 л/м²-цаг байсан бол 0.08 МПа даралтын үед 970 л/м²-цаг байв.

Үйлдвэрийн цехийн хаягдал ус авч, усны бохирдол хэт өндөр байсан тул том ширхэглэлтэй механик хольцоос салгасны дараа бохир усыг PAC (полиалюминий хлорид) ашиглан коагуляцийн процессоор урьдчилан цэвэрлэв.

Коагуляци нь усыг цэвэршүүлэх уламжлалт аргуудын нэг юм. Энэ арга нь арьс шир, нэхмэл эдлэл, ноос зэрэг органик бохирдол ихтэй усыг цэвэрлэхэд тохиромжтой. Эдгээр үйлдвэрүүдээс гарах усанд агуулагдах органик бохирдуулагчид нь гол төлөв маш жижиг хэмжээтэй эмульс үүсгэн тогтвортойгоор оршиж байдаг. Үүний шалтгаан нь зарим төрлийн органик бохирдуулагчид нь гадаргуугийн идэвхт бодис байдаг. Гадаргуугийн идэвхт бодисууд нь гидрофоб бүлгээрээ уснаас түлхэгдэж, гидрофил бүлгээрээ ус руу татагдаж молекулын эмх цэгцтэй бүтэц буюу эмульс үүсгэдэг. Үүсэж буй эмульсийн дотоод хэсэгт бусад органик бодисууд нь орж тогтворждог байна.

Ийм жижиг хэмжээтэй эмульс агуулсан бохир усыг шүүх, тунгаах гэх мэт механик арга ашиглан цэвэршүүлэх боломжгүй байдаг. Иймд химийн арга ашиглан эмульсыг ялгах шаардлага тулгардаг бөгөөд эмульсийг ялгахад өргөн ашигладаг аргуудын нэг нь коагуляцийн арга юм. Коагуляцийн аргын үед эмульсыг ялгах зорилгоор нэмэлт урвалж бодис буюу коагулянт ашигладаг. Хамгийн өргөн тархсан коагулянт бол хөнгөнцагаан болон төмрийн уусдаг давсууд, полиэлектролит бодисууд байна.

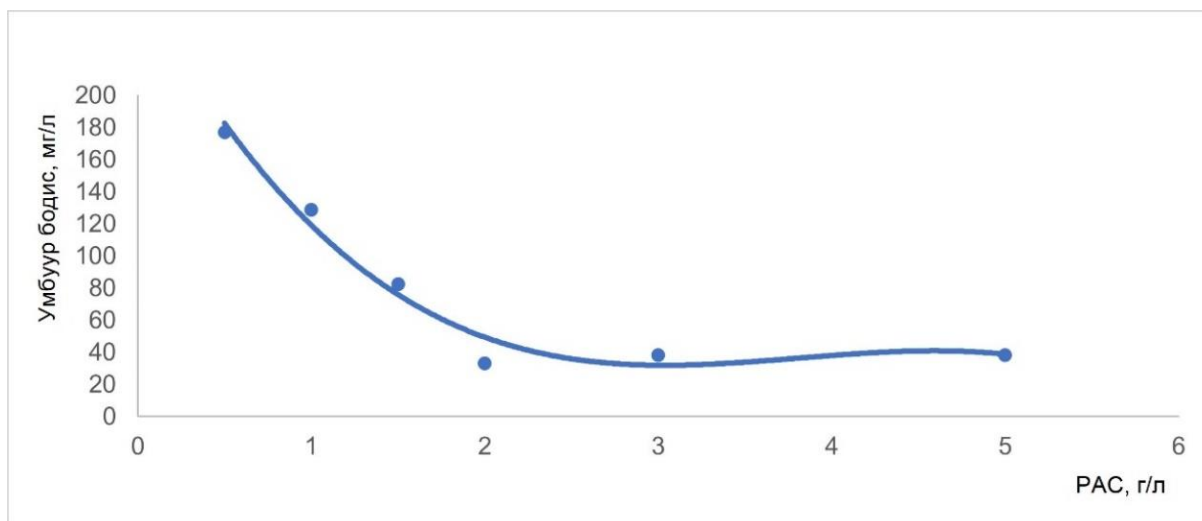
Шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усыг хоёр тунгаагч сав, шинэ тунгаагч бодисоор дамжуулж, зарим умбуур бодис нь бусад урсгалтай холилдож байна. Тунгаагч танкнуудын усан дээр коагуляцийн туршилт хийсэн. Гэвч усны бохирдол, зурамтгай чанар нь хэт өндөр байсан тул коагуляциас үүссэн тунадас гадагшлах боломжгүй болсон.

Иймд хаягдлын ус цэвэрлэх байгууламжийн усыг судалгааны үндсэн объект болгон ашигласан. Үйлдвэрийн усны ачаалал ихтэй тул 0.5-аас 5 г / л-ийн хооронд нэмсэн полиалюминий хлоридын (РАС) хэмжээг өөрчилсөн бөгөөд ингэснээр коагулянтын хэмжээг тодорхойлсон. Бохир усны дээжинд зохих хэмжээгээр давс нэмж, уусгахын тулд 10 минутын турш хутгана. Дээжний рН-ийг 4.3 хүртэл бууруулахын тулд концентрацитай хүхрийн хүчил (96%) нэмсэн. Цэвэршүүлэх усны рН нь нэмсэн РАС-ийн хэмжээнээс шууд хамаардаг. Усанд РАС нэмэхэд гидролиз нь рН <7 болж, РАС өндөр байх тусам рН-ийн утга буурна. Коагуляцийн процессыг дуусгахын тулд рН-ийг 7-8 хооронд байлгах ёстой бөгөөд бид туршилтандаа шатсан шохойг ашиглан саармагжуулах зорилгоор рН = 7.5-ыг сонгосон. Коагуляци хийсний дараа дээжийг тунадасжуулж, дараа нь шүүлтүүр дарагчаар шүүнэ. Дараах хүснэгтэд РАС (полиалюминий хлорид) ба шохойн хэрэгцээ, цэвэршүүлсэн усны үндсэн өгөгдлүүдийг үзүүлэв.

42-р хүснэгт. РАС (полиалюминий хлорид) ба шохойн хэрэгцээ, цэвэршүүлсэн усны үндсэн өгөгдлүүдийг

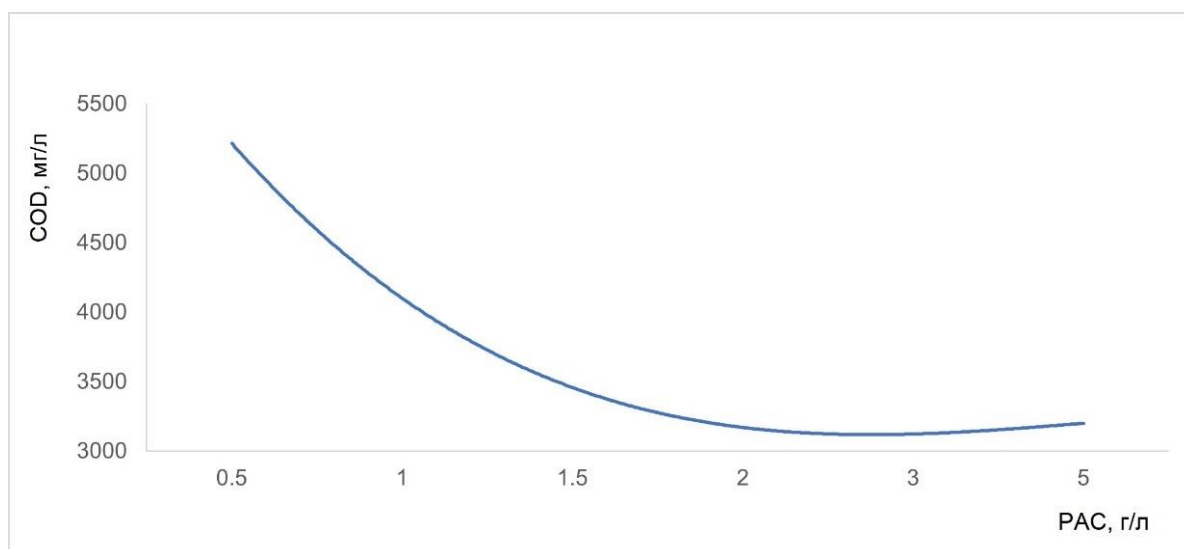
№	Дээж	Үзүүлэлтүүд						
		рН	Дамжуулалт, мС/см	Умбуур бодис, мг/л	COD, мг/л	Сульфид, мг/л	Уусдаг давс, мг/л	Хром, мг/л
1	0.4 г шохой, 0.5 г РАС	6.77	7960	176.90	5187	6.1	13410	0.84
2	0.4 г шохой, 1 г РАС	6.65	7730	128.75	4194	15.4	13636	3.58
3	0.4 г шохой, 1.5 г РАС	6.94	7670	82.5	3369	3.6	13968	0.38
4	0.4 г шохой, 2 г РАС	6.55	7910	32.96	3163	0	14960	1.2
5	0.4 г шохой, 3 г РАС	6.94	7650	38.11	3176	6.6	13386	0
6	0.4 г шохой, 5 г РАС	7.17	7690	38.16	3180	0	13132	0
7	Мембранаар шүүсэн	6.95	8390	11.21	1719	0	15376	0.02
8	Бохир ус	11.10	6820	515	6877	163.2	9960	0.08
9	рН=4.3	6.32	7370	350	6400	0	14720	0.04
10	Ерөнхий коагуляци	6.81	8270	250	3582	0	15132	0.08

Бохир усанд агуулагдах умбуур бодисын агууламж 515 мг/л байсан бол усыг цэвэрлэсний дараа 11.21 мг/л хүртэл буурсан байна.



85-р зураг. Умбуур бодисын хэмжээнд PAC-ийн нөлөө

Химийн хүчилтөрөгчийн хэрэгцээ бохир усанд 6877 мг/л байсан бол цэвэршүүлсний дараа 1719 мг/л болж буурсан байна.



86-р зураг. Химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгчийн хэмжээнд PAC-ийн үзүүлэх нөлөө

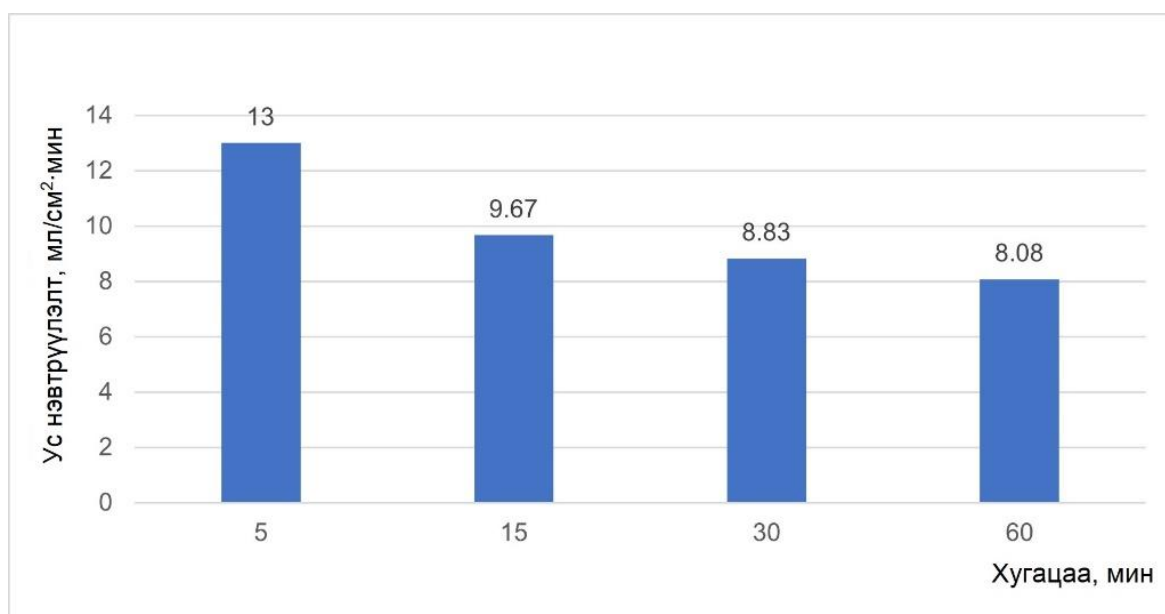
86-р зургаас үзэхэд PAC (полиалюминий хлорид) хэмжээ нэмэгдэхэд химийн хэрэгцээ хүчилтөрөгчийн хэмжээ буурч, PAC-ийн 2 г/л-д хамгийн бага байгааг харж болно.

Дараах 87-р зурагт үйлдвэрийн бохир усыг коагуляци, фильтр болон керамик мембранаар шүүж цэвэршүүлсэний дараа гарсан үр дүнг үзүүлээ.



87-р зураг. А- Ерөнхий коагуляцийн дараа, Б-Анхны ус, В-Керамик мембранаар шүүсний дараа

Бохир усыг шүүх үед 86-р зурагт үзүүлсэн шиг ус нэвтрүүлэх чанар буурч байна.



88-р зураг. Мембраны ус нэвтрүүлэлт

Дээрх үр дүнгүүдээс харахад мембран нь шүүх үйл явц нь ерөнхийдөө керамик мембранд тавигддаг шаардлагыг хангаж байна гэж үзлээ. Шүүх процессыг илүү сайн явуулахын тулд материалын нүх сүвний тархалтыг оновчтой болгох шаардлагатай байна.

ЕРӨНХИЙ ДҮГНЭЛТ

Байгалийн цеолитын шингээлтийг нэмэгдүүлэхийн тулд хүчлийн болон механик идэвхжүүлэлтийг хийж гүйцэтгэсэн. Цеолитын дээжинд механохимийн идэвхжүүлэлт хийхэд дээж бөмбөлгийн харьцааг 1:3-р авч 90 мин идэвхижүүлэхэд хувийн гадаргуу нь байгалийн цеолитынх 4348.6 см²/г байснаас 6669.84 см²/г болж өссөн байна. Цеолитын дээжинд химийн идэвхжүүлэлт хийхдээ 1, 2 болон 3 молийн концентрацитай хүхрийн болон давсны хүчил авч 60 мин идэвхижүүлэхэд мөн дээжний хувийн гадаргуу 6956.7 см²/г болж өссөн үзүүлэлттэй байна.

Керамик мембранд ашиглах түүхий эдийн оновчтой найрлага, шинж чанарыг тогтоож ус цэвэршүүлэх мембраныг гарган авлаа.

Ус шүүх керамик мембраныг Өргөний ордын цеолит болон Мандал-Овоогийн каолинитыг ашиглан гарган авлаа. Өргөний байгалийн цеолитыг бутлан 0.45 мм ширхэглэлтэй фракцийг сонгон авч ашигласан. Мандал-Овоогийн анхдагч каолинит нь хольцтой байсан тул баяжуулан авч хэрэглэсэн болно. Керамик мембраныг экструдерийн аргаар хоолой хэлбэртэй хэвлэн 800°С-ийн температурт шатааж гарган авч ус нэвтрүүлэлтийн хурдыг лабораторийн нөхцөлд болон хагас үйлдвэрлэлийн туршилтаар тодорхойлсон.

Цеолитон нэмэлттэй мембраныг арьс ширний үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлэхэд ашиглахын тулд усыг урьдчилан седиментаци болон усыг PAC (полиалюминий хлорид) ашиглан коагуляцийн процессоор урьдчилан бэлтгээд шүүхэд умбуур бодисын хэмжээ 515 мг/л байсан бөгөөд усыг хэд хэдэн үе шаттайгаар цэвэршүүлж, эцэст нь цеолит-каолин мембранаар шүүсний дараа 11.21 мг/л хүртэл буурсан байна.

Цеолитон нэмэлттэй мембраныг микрофилтрацид ашиглах боломжтой гэж үзлээ.

ЗӨВЛӨМЖ

Керамик мембран технологи нь зарчмын хувьд бүх шингэн фазыг салгадаг тул, ялангуяа ус цэвэршүүлэхэд шинэ технологи болон өргөн хэрэглэгдэж байна.

Керамик мембран нь бохир усыг тасралтгүй урсгалтайгаар шүүх зарчим дээр үндэслэнэ. Ус нь тодорхой хурдтайгаар нэг ба олон хоолойт мембраны үе давхаргууд руу нэвчин шүүгддэг. Керамик мембраны идэвхтэй үе нь ассиметр (тэгш хэмтэй) бүтэцтэй байдаг. Макро сүвэрхэг үе нь механик хольцыг салгадаг бол идэвхтэй үе нь микрошүүлтүүр, ультрашүүлтүүр, наношүүлтүүрын хязгаарт (10-0.1, 0.001μм) шүүн салган цэвэршүүлдэг.

Керамик мембран шүүлтүүрийг төрөл бүрийн салбарт хэрэглэж байна. Жишээлбэл ус цэвэршүүлэх, орон нутгийг цэвэр усаар хангах, зөөврийн усаар хангах, ультра цэвэр усны технологи, айл өрхийн хэрэглээний усыг цэвэршүүлэх зэрэг ус цэвэрлэгээнд хэрэглэж байна.

Мөн томоохон хотуудын бохир ус цэвэршүүлэх технологи, үйлдвэрлэлийн бохир усыг дахин боловсруулах технологи, нефьт ба газрын тосоор бохирдсон усны тосыг салгах, цэвэршүүлэх технологи, өндөр температурт усыг цэвэршүүлэх зэрэг бохир ус цэвэршүүлэхэд хэрэглэж байна.

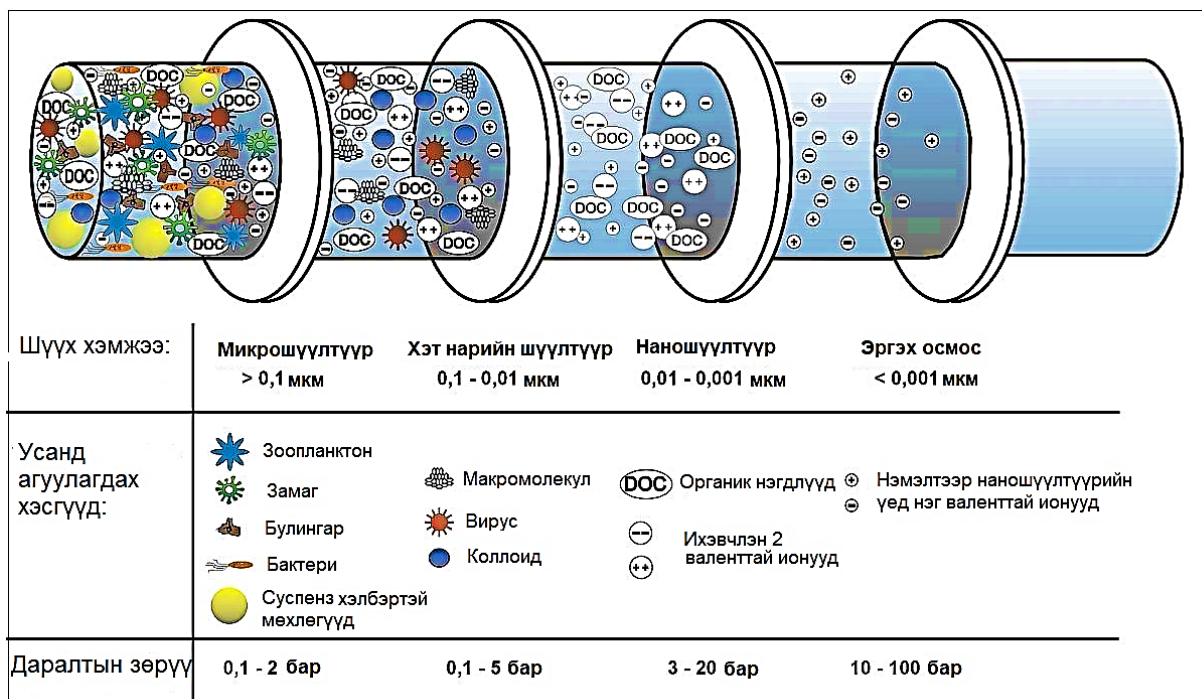
Керамик мембран шүүлтүүрийг өндөр температурт тоосноос салгах, агаараас хүчилтөрөгч болон азотыг ялгах зэрэг хий цэвэршүүлэхэд хэрэглэж байна.

Цаашилбал антибиотик гарган авах технологи, витамин гарган авах технологи, амино хүчил гарган авах технологи, органик хүчил гарган авах технологи, ургамлын гаралтай эмчилгээний технологи, гемодиализийн мембран технологи зэрэг биологи, эмийн салбарт керамик мембран шүүлтүүрийг хэрэглэж байна.

Керамик мембран шүүлтүүрийг хоол, ундааны салбар бас хэрэглэж байгаа бөгөөд жишээлбэл глюкоз боловсруулах технологи, спиртийн үйлдвэрлэлд, цай ба ундааны цэвэршүүлэх технологид, цайны гүн боловсруулалтанд, шар буурцгийн гүн боловсруулахад, сүүн бүтээгдэхүүнийг цэвэршүүлэхэд, цуу болон дарсны ариутгалд хэрэглэж байна.

Мембраныг хамгийн өргөн утгаар нь хоёр фазыг бие биенээсээ тусгаарлаж, өөр өөр химийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тээвэрлэхэд өөр өөр эсэргүүцэл үзүүлдэг завсрын үе гэж ойлгож болно. Өөрөөр хэлбэл мембран гэдэг

нь уусмалд агуулагдах зарим хэсгүүдийг нэвтрүүлээд зарим хэсгүүдийг шүүж авч үлддэг шүүгүүр материал юм.

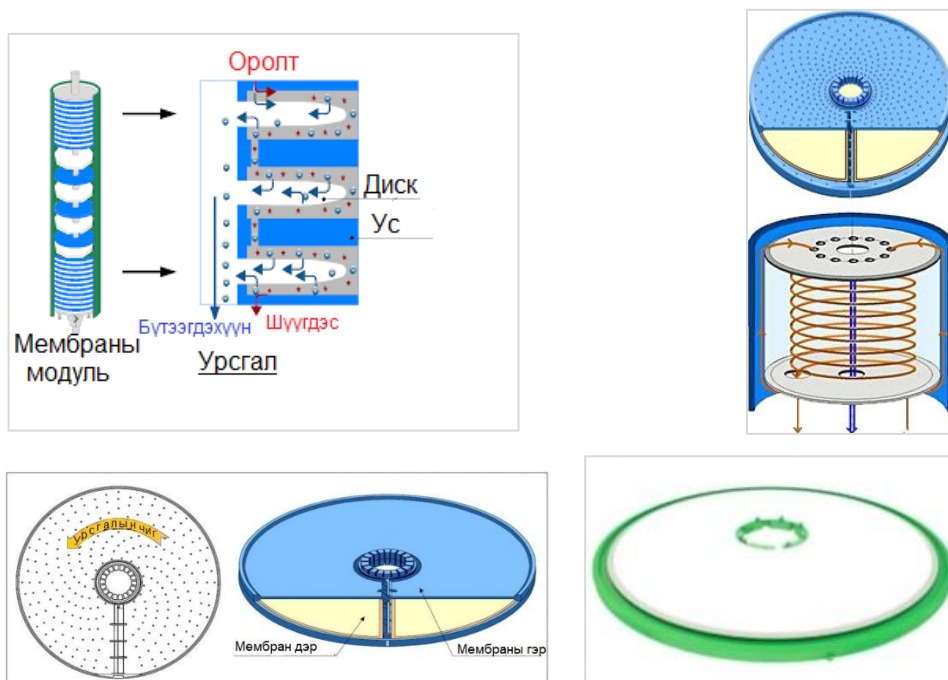


1-р зураг. Мембраны шүүх бүдүүвч

Мембраныг полимер болон керамик материал ашиглан гарган авдаг. Керамик мембран гэдэг нь керамик буюу нарийн ширхэгтэй наанги шаврыг шатаан гарган авсан материалаар хийгдсэн тодорхой нүх сүвтэй, уусмалаас бодисыг ялган салгаж авдаг эдлэлийг хэлнэ. Ер нь бол керамик материал гэдэг нь талтс хэсэг, аморф буюу шиллэг хэсэг болон нүх сүвнээс бүрдсэн сайтар нягтарсан материал байдаг бол мембраны хувьд тодорхой хэмжээ, тархалттай нүх сүвтэй байх шаардлагатай байдаг.

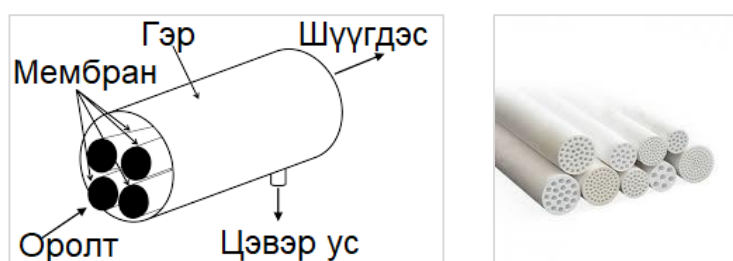
Мембран нь хэрэглээнээсээ шалтгаалан маш олон янзын хэлбэр дүрстэй байдаг боловч практик хэрэглээнд диск болон хоолойт гэсэн 2 хэлбэрийг ихэвчлэн хэрэглэдэг.

Полимер мембран нь хямд төсөр боловч үрэлтэнд тэсвэргүй, эдэлгээний хугацаа багатай манай оронд үйлдвэрлэх тохиолдолд түүхий эдийг 100% гадаадаас импортлон оруулж ирэх шаардлагатай болно.



2-р зураг. Дискэн мембраны модуль, түүний ус шүүх бүдүүвч ба дискэн мембран

Керамик мембран үрэлтэнд тэсвэртэй, эдэлгээний хугацаа өндөртэй зэрэг давуу талуудтайгаас гадна эх орны түүхий эдийг ашиглан гарган авах боломжтой юм. Керамик мембран нь ихэвчлэн хоолой маягийн хэлбэртэй байна. Энэ нь нэг ба түүнээс дээш тооны гуурс хэлбэртэй хоолойнуудаас бүрдэнэ.



3-р зураг. Хоолойт мембраны ус шүүх бүдүүвч ба керамик мембран

Керамик мембраныг ус цэвэршүүлэх, хий цэвэршүүлэх, биологийн гаралтай эм гарган авахад, хүнсний үйлдвэрлэлд бүтээгдэхүүнийг цэвэршүүлэх, гүн боловсруулах болон ариутгахад, давстай, шүлтлэг уусмалыг цэвэршүүлэх, металлургын үйлдвэрлэлийн технологид, нефть химийн процесст катализаторыг бэлтгэхэд, дизель түлшийг цэвэршүүлэх, радио идэвхит материалыг цэвэршүүлэхэд, уусгагч системийн салгах технологи зэрэгт ашигладаг байна.

Манай орны хувьд химийн үйлдвэрлэл хөгжөөгүй байгаа учраас полимер материалын түүхий эдийг эх орондоо үйлдвэрлэх боломжгүй нөгөө талаасаа байгалийн эрдэс материалаас гарган авсан мембран нь хямд төсөр, эдэлгээ сайтай учраас керамик мембран нь илүү тохиромжтой байна.

Эрдэс түүхий эдийг керамик мембраны үйлдвэрлэлд ашиглахад тэдгээрийн эрдэс ба химийн найрлага, ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, керамик технологийн шинж чанар маш чухал үүргийг гүйцэтгэдэг.

Монгол орны газар зүйн онцлог, геологийн бүтцээс шалтгаалан эрдэс түүхий эд нь бусад улсуудтай харьцуулахад хэд хэдэн онцлогтой. Жишээ нь шаврын эрдсүүд нь бүрэн гүйцэд үүсээгүй учраас талст оронт торын эвдрэл ихтэй, элсэрхэг ба тоосорхог хольц ихтэй, ихэнхдээ анхдагч байдлаар буюу үүссэн эрдэсийн хамт байдаг.

Монгол орны шаврын эрдэсүүдэд ялангуяа каолинитын эрдэсүүдэд агуулагдах 1-10 мкм хэмжээтэй ширхэглэлтэй хэсэг нь шаврын эрдэсийн 50-80%-ийг эзэлж элсэрхэг, тоосорхог хэсэг нь үлдсэн хувийг эзэлдэг. Гэтэл бусад орны жишээ нь ХБНГУ-ын каолинитын эрдэст агуулагдах 1 мкм хүртэлх ширхэглэлтэй хэсэг нь дангаараа 75-85%-ийг эзэлж байдаг. Энэ нь манай орны шаврууд элсэрхэг ба тоосорхог хольц их агуулж буйг илтгэж байна.

Иймээс нарийн нүх сүв бүхий керамик материал гарган авахын тулд баяжуулан ашиглах зайлшгүй шаардалагтай байна. Нарийн ширхэглэлтэй шаврыг салган авахын тулд нойтон аргаар баяжуулах хэрэгтэй бөгөөд энд 63 мкм хэмжээтэй шигшүүрийг хэрэглэх нь хамгийн тохиромжтой байв.

Цеолитон нэмэлттэй керамик мембран гарган авахын тулд уян налархай массын аргыг хэрэглэх нь хамгийн тохиромжтой байна. Ерөнхийдөө хоолойт мембраныг гарган авахад ихэвчилэн уян налархай массыг вакууман экструдерээр хэвлэх аргыг ашигладаг байна. Зутангийн аргатай харьцуулахад усны агууламж багатай учраас хэвлэсэн эдлэлийн суулт нь харьцангуй бага, нүх сүвийн хэмжээ дундаж гардаг учраас микрошүүлтүүрийн материал гарган авахад зохимжтой байна.

Байгалийн эрдэс түүхий эдээс гарган авсан керамик мембраныг микрошүүлтүүрээс ультра буюу хэт нарийн шүүлтүүрийн хооронд ашиглах боломжтой нь бидний судалгаагаар тогтоогдсон. Микрошүүлтүүрийн хувьд зоопланктон буюу амьтны гаралтай булинга, бактери, суспенз хэлбэрийн мөхлөгүүд, булинга шүүх чадвартай байна.

Цаашдын судалгаагаар наношүүлтүүрийн чиглэлд мөн судалгааны ажил гүйцэтгэх шаардлагатай. Учир нь наношүүлтүүрийн хэмжээнд органик нэгдлүүд болон хоёр валенттай ионы хэмжээнд шүүх учраас ундны цэвэр ус гарган авах боломж бүрдэнэ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ

1. Niina L., "Development of a ceramic membrane filtration equipment and its applicability for different wastewaters", 2002, Lappeenranta, Finland.
2. F.T. Ocoye F.T., Azodo A.P. and S.B. Udo " Performance evaluation of ceramics microfiltration membrane for water treatment", 2014, Malaysia.
3. Nabila M., Abdelhamid H., Ferhat B., Lazhar F., Boukhemis B., Abdelkrim G., Noureddine B., "Elaboration and characterization of lowcost ceramics microfiltration membranes applied to the sterilization of plant tissue culture media" 2015, Algeria.
4. Bo Zhu, Yaoxin Hu, Stephen K., Nicholas M., Gayle M., Stephen G. and Mikel D., "Dual function filtration and catalytic breakdown of organic pollutants in wastewater using ozonation with titania and alumina membranes", 2009, Australia.
5. I. Hedfi, N. Hamdi, E. Srasra, M.A. Rodríguez, The preparation of micro-porous membrane from a Tunisian kaolin, *Appl. Clay Sci.* 101 (2014) 574–578.
6. S.C. Huang, C.T. Huang, S.Y. Lu, K.S. Chou, Ceramic/polyaniline composite porous membranes, *J. Porous Mater.* 6 (1999) 153–159.
7. F.J. Liu, K.S. Chou, Characterization of microstructure and properties of porous ceramics made by extrusion, *J. Chin. Inst. Chem. Eng.* 31 (2000) 49–56.
8. R.W. Rice, *Ceramic Fabrication Technology*, CRC Press, 2002.
9. T. Mohammadi, A. Pak, Effect of calcination temperature of kaolin as a support for zeolite membranes, *Sep. Purif. Technol.* 30 (2003) 241–249.
10. G.N. Howatt, R.G. Breckenridge, J.M. Brownlow, Fabrication of thin ceramic sheets for capacitors, *J. Am. Ceram. Soc.* 30 (1947) 237–242.
11. B.F.K. Kingsbury, K. Li, A morphological study of ceramic hollow fibre membranes, *J. Membr. Sci.* 328 (2009) 134–140.
12. R. Sarbatly, Effect of kaolin/psf ratio and sintering temperature on pore size and porosity of the kaolin membrane support, *J. Appl. Sci.* 11 (2011) 2306–2312.
13. Брек.Д. Цеолитовые молекулярные ситом. Мир: 1976, х.7
14. Dyer A., "An Introduction To Zeolite Molecular Sieves", John Wiley & Sons Ltd., 1988
15. Coombs D.S., Alberti A., Armbruster T. et al. "Recommended Nomenclature for Zeolite Minerals"; Reports of the Subcommittee on Zeolites of the International

- Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names, Can. Mineralogist 35 (1997), 1571-1606
16. Coombs, D.S.; Alberti, A.; Armbruster, T.; Artioli, G.; Colella, C.; Galli, E.; Grice, J.D.; Liebau, F.; Mandarino, J.A.; Minato, H.; et al. Recommended nomenclature for zeolite minerals; report of the Subcommittee on Zeolites of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. EJM 1998, 10, 1037–1081.
 17. Jacobs, P.A.; Flanigen, E.M.; Jansen, J.C.; van Bekkum, H. Introduction to Zeolite Science and Practice; Elsevier: 2001; pp. 11–35.
 18. Ramesh, K.; Biswas, A.K.; Somasundaram, J.; Rao, A.S. Nanoporous zeolites in farming: Current status and issues ahead. Curr. Sci. 2010, 99 760–764.
 19. Petrov, I.; Michalev, T. Synthesis of zeolite A: A review. Научни трудове на русенския университет 2012, 51, 30–35.
 20. Roland E., Kleinschmit P., Zeolites, aus: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2005
 21. Hedström, A. Ion exchange of ammonium in zeolites: A literature review. J. Environ. Chem. Eng. 2001, 127, 673–681.
 22. Baerlocher C., Meier W.M., Olson D.H., Atlas of Zeolite Framework Types, Fifth Revised Edition, Elsevier, 2001
 23. Luyken H., <http://de.wikipedia.org/wiki/Faujasit>
 24. Schwochow F., Puppe L., Angew. Chem. 1975, 87, 659-667.
 25. A. Deer, R. Howie, W. S. Wise, J. Zussman, Rock-forming minerals. Volume 4B: Framework silicates: silica minerals, feldspathoids and the zeolites Vol. 4B, Geological Society Publishing House, Bath, 2004
 26. Sand, L.B.; Mumpton, F.A. Natural zeolites: Occurrence, properties, and use (No. CONF-760626-(Exc.)); Pergamon Press, Inc.: Elmsford, NY, USA, 1978.
 27. <http://scheinflug.privat.t-online.de/zeolithe.htm>
 28. M. Okrusch; S. Matthes: Mineralogie : Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. 7. Aufl. Berlin : Springer, 2005 – ISBN 3-540-23812-3
 29. Ганбаатар.Б., Иваанжав.Д. Дорноговь, Өмнөговь аймгийн нутаг дахь Хаалтан уул, Дөрвөн дөртийн цеолитын ордод хийсэн эрлийн ажлын үр дүнгийн тайлан. УБ 1990. Геологийн фонд.

30. Иваанжав.Д., Ганбаатар.Б., Равдан.Ж., бусад. Дорноговь аймаг дахь Цеолитын ордод 1986-1987 онуудад хийсэн эрэл, эрэл үнэлгээний ажлын үр дүнгийн тайлан УБ 1988. Геологийн фонд.
31. Ганбаатар.Д., Вохминцев.В.В. Баргилт овооны өргөгдсөн талбайд 1988-1990 онд хийсэн 1:500000 геологийн зураглал гүйцээх судалгааны ажлын тайлан УБ. Геологийн фонд
32. Зайцев.Н.С., Коссовская.А.Г., Петрова.В.В. и др. Первые походы цеолитов в МНР. Литология и полез. Испокоемых 1986 №2 x 125-128.
33. Петров.В.В., Бадамгарав.Д., Соколова.А.Л., Серебряников.Н.Д., “Новый тип цеолитов вулканогинногелемнического генезиса”, Литология и полезные ископаемые. 1987 N4 стр 88- 109.
34. Проведенных партий Н-5 Болгарской геологической экспедицией в некоторых районах МНР в 1967 г “Отчет поисковых работах на огнеупорные и тугоплавкие глинистое сырье” Фонд МТЭПиГ. МНР N-1839
35. Монолов, Ж.Р., Караджинов, Д.Б.: Отчет о поисковых работах на огнеупорные партией № 5 Болгарской геологической экспедицией в некоторых районах МНР в 1967/68 годах, г. Уланбатор, 1969
36. Чешитов Г. Й., Чепев Р. В., Дилов Д. М., “Отчет о детальной разведке Цогт-Овооского месторождения каолинитов в Южно-Гобийском аймаке за 1966”
37. Б. Намжилдорж “Монгол орны шаварлаг чулуулаг”, ху-5-293, 2017 он УБ,
38. Түмэнбаяр Б., Минерагеническая карта природных цеолитов Монголии, ШУТ төслийн тайлан, 1990 он, Улаанбаатар хот
39. Базарова С.Б., “Физико-химические особенности цеолитов месторождения Цаганцав и о возможности их применения в промышленности местных минеральных вяжущих”, ШУТСангийн төслийн ажил, Улаанбаатар, 1990 он, х.45-46,
40. Ерэнхүү.т. “бохир усыг дахин цэвэрлэж ашиглах асуудлыг судалж боловсронгуй болгох” техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. УБ 1993.
41. Чулуунхуяг С., “Ундны болон технологийн хэрэгцээний усыг цэвэрлэхэд байгалийн цеолитийг ашиглах боломж”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл, 1995 он, Улаанбаатар хот
42. Энхээ Р., “Монгол ямааны бодисын солилцоо, ашиг шимд мочефин, цеолит нөлөөлөх”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл, 1995 он, Улаанбаатар хот

43. Жанчив Г., “Галд тэсвэртэй шинэ материал”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 1998 он,
44. Оюунцэцэг Ж., “Цагаан цавын цеолитын физик-химийн шинж чанар”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл, 1998 он, Улаанбаатар хот
45. Чимэдцогзол А., “Идэвхжүүлсэн байгалийн цеолит гарган авах, түүнийг аналитик зориулалтаар хэрэглэх судалгаа”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 1999 он, Улаанбаатар хот
46. Санжаасүрэн Р., “Силикат хатуу уусмалын урвалд орох идэвхийг нэмэгдүүлэх физик-химийн судалгаа, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2001 он, х.81,
47. Эрдэнбат Ц., “Байгалийн алюмосиликат эрдсүүдээс талсжуулагч компонент /крент/ синтезлэх физик-химийн судалгаа ба портландцементийн гидратжих болон хатуужих процесст тэдгээрийн үзүүлэх нөлөөг судалсан нь”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2004 он, Улаанбаатар хот
48. Оюунтунгалаг Х. Үйлдвэрийн шингэн хаягдлын хүнд металлыг бууруулахад байгалийн цеолит ашиглах нь (Уулын баяжуулах Эрдэнэт үйлдвэрийн жишээн дээр). техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2004 он, Улаанбаатар хот
49. Жанчив Г., “Цахуирт нэгдлийн хими технологийн судалгаа”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2004 он, х.25-26
50. Санжаасүрэн Р., “Монгол орны зарим эрдсийн түүхий эдээс силикатын шинэ материал гаргах технологийн шинжлэх ухааны үндэслэл боловсруулах”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2004 он, х.152-153
51. Чулуунхуяг С., Батцагаан Б., Бүдсүрэн Ж. нар. “Байгалийн цеолит” сэдэвт ажлын тайлан. УБ 2004. х13, 17, 24-34.
52. Оюунцэцэг Ж. “Хатуу дисперст орчинтой силикат системн судалгаа”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2006 он, х.39
53. Дэмбэрэл Ш., “Төл, өсвөр малын ходоод гэдэсний эмгэгийг анагаах, сэргийлэх зориулалттай био зохицуулагч бэлдмэл”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2008 он,
54. Болортамир Ц., Хабаки Х., Эгашира Р., “Усан уусмалаас хромын шингээлтэнд Монголын байгалийн цеолитын идэвхижүүлэлтийн үзүүлэх нөлөө”, Шинжлэх ухааны академийн мэдээ №4, Улаанбаатар хот, 2009 он, х.71-72

55. Золзаяа М., “Хурганы гүзээний үйлдэлд байгалийн цеолитын үзүүлэх нөлөөг судалсан дүн”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2011 он, Улаанбаатар хот
56. Энхтуяа Д., “Фосфорит болон цеолитыг механохимийн аргаар боловсруулан фосфорцеолитын холимог бордоо гарган авах шинэ технологи”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2011 он, х.72-73
57. Тэмүүжин Ж., “Цахилгаан станцын хаягдал үнснээс нано бүтэцтэй цеолитыг нийлэгжүүлэн гарган авч, аж үйлдвэрийн хаягдал усыг цэвэршүүлэхэд ашиглах боломж”, залуу докторын грант төслийн ажил, Улаанбаатар, 2011 он
58. Өлзий Б., “Монгол орны байгалийн битум болон нефтийн хүнд үлдэгдлийн дулаан боловсруулалтын хөнгөн фракциуд, нефтийн түлшний /бензин, дизель/ фракциудыг цеолит агуулсан катализаторууд дээр хувиргаж чанарыг сайжруулах судалгаа”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2012 он, Улаанбаатар хот
59. Төгсөө Ц., “Нефтийн атмосфер нэрлэгийн үлдэгдлийн крекинг процессын дараах зарим бүтээгдэхүүний химийн судалгаа”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2013 он, Улаанбаатар хот
60. Санжаасүрэн Р., “Нано хэмжээст нэмэлт бүхий бетон үйлдвэрлэх, хайлуур жонш, зэс-молибдений хүдрийг баяжуулах флотореагент гаргаж авах технологийн үндэслэл”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2013 он,
61. Оюунцэцэг Ж., “Ундны усны чанарын судалгаа, хаягдал усны ашиглалтын технологи,” ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2013 он, х.55-56
62. Тогтохбаяр Н., “Малын тэжээлийн ургамлын шилмэл сорт гаргах, тариалах,үйлдвэрлэх технологи”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2014 он
63. Баяржаргал М., “Хор тайлах цеолитын бэлдмэл”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2015 он, х.15
64. Төгсөө Ц., “Нефтийн атмосфер нэрлэгийн үлдэгдлийг гидрокрекинг процессоор боловсруулахад хэрэглэх катализатор гарган авах судалгаа”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2017 он,
65. Рэнцэнханд Ж., “Өндөглөгч тахианы тэжээлийн жор боловсруулж цеолит, глицерин дрожжоор баяжуулсан дүн”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2017 он, Улаанбаатар хот

66. Тэмүүжин Ж., “Төрөл бүрийн үнсийг боловсруулж шинэ материал гарган авах технологийн судалгаа”, ШУТСангийн төслийн ажил Улаанбаатар, 2018 он, х.112-113
67. Эрдэнэчимэг А.,”Цеолит, глицеринээр баяжуулсан хүчит багсармал тэжээлийн тэжээллэг чанар”, техникийн ухааны дэд докторын зэрэг горилсон бүтээл. 2021 он, Улаанбаатар хот
68. Allen SJ, Ivanova E, Koumanova B (2009) Adsorption of sulfur dioxide on chemically modified natural clinoptilolite. Acid modification, Chem.Engin.J. 152:389-395.
69. Filippidis A, Kantiranis N (2007) Experimental neutralization of lake and stream waters from N. Greece using domestic HEU-type rich natural zeolitic material. Desalination, 213:47–55.
70. Š. Cerjan-Stefanović, N. Zabukovec Logar, K. Margeta, N. Novak Tušar, I. Arčon; K. Maver, J. Kovač, V. Kaučič (2007) Structural investigation of Zn²⁺ sorption on clinoptilolite tuff from the Vranjska Banja deposit in Serbia. Micropor. Mesopor.Mater. 105:3:251-259.
71. Breck DW (1974) Zeolite molekular sieves, John.Wiley&Sons, New York
72. MNS 5175:2002,”Шаварлаг түүхий эд. Шинжилгээний арга”, Улаанбаатар хот, 2002 он
73. Baerlocher C., Meier W.M., Olson D.H., Atlas of Zeolite Framework Types,Fifth Revised Edition, Elsevier, 2001
74. G. Gottardi and E. Galli, Natural Zeolites, Springer Verlag, Berlin, Germany, 1985.
75. Inglezakis.V.J., “The concept of “capacity” in zeolite ion-exchange systems”. J.Colloid Interf. Sci. 281:68-79. (2005)
76. Breger A., Chandler J.C. and Zubovic P., An infrared study of water in heulandite and clinoptilolite, Amer. Mineral, 1970, 55, 825.
77. G.D. Knowlton and White TR, Thermal study of types of water associated with clinoptilolite, Clays and Clay Minerals, 1981, 29, 403.
78. Alietti A., Gottardi G. and Poppi L., “The heat behaviour of the cation exchanged zeolites with heulandite structure”, Tscherm Miner Petr Mitt, 1974, 21, 291

ХАВСРАЛТ

Хавсралт №1

Хэвлэн нийтлүүлж хэлэлцүүлсэн байдал

Олон улсын сэтгүүл, хурлын эмхэтгэлд нийтлүүлсэн өгүүлэл

1. G. Saran, In-Hyuck Song, A. Dorjgotov, R. Dolgorjav, S. Bayarjargal, "Support preparation of the ceramic membrane with natural clay", FICASE2019, Volume 001, Ulaanbaatar, 2019 p.p.452-458
2. Dolgorjav Rentsendavaa, Saran Galdansambuu, Song In-Hyuck, "Fabrication of Flat Tubular Clay-based porous support filters",
<https://www.atlantispress.com/proceedings/icciunr-21/125961361>, 5
October 2021

Олон улсын хуралд тавсан илтгэлүүд

1. G. Saran, "Support preparation of the ceramic membrane with Mongolian natural clay", KIMS-ASIA 4th symposium, Indonesia, 2019
2. Г.Саран, "Кальцинацид оруулсан каолин ашиглан керамик мембраны суппорт гарган авах судалгаа", КИМС-АЗИА олон улсын 4-р сипозиумд тавьсан илтгэл, онлайн хурал, Улаанбаатар хот, 2020 оны 10 сарын 15
3. Dolgorjav Rentsendavaa, Saran Galdansambuu, Song In-Hyuck, "Fabrication of Flat Tubular Clay-based porous support filters", [Posterpresentation](#), ICCIUNR2021, 5 October 2021
4. R.Dolgorjav, and G.Saran, "Investigation of the mongolian clay for the production of ceramic membranes", posterpresentation, ICASE2021, ulaanbaatar, 26.nov.2021

Улсын эрдэм шинжилгээний хурлын эмхэтгэлд бүрэн хэмжээний өгүүлэл 1

1. G.Saran, R.Dolgorjav, Song In-Hyuck and S.Bayarjargal, "Ceramic membrane support prepared from calcined clay", Материал судлал ба орчин үе-IV, хурлын эмхэтгэл, х.40-48, ISSN1560-8794

1. G. Saran, In-Hyuck Song, A. Dorjgotov, R. Dolgorjav, S. Bayarjargal, "Support preparation of the ceramic membrane with natural clay", FICASE2019, Volume 001, Ulaanbaatar, 2019 p.p.452-458



Fabrication of Flat Tubular Clay-Based Porous Support Filters

Dolgorjav Rentsendavaa¹, Saran Galdansambuu^{2,*}, Song In-Hyuck³

¹ Department of Chemical Engineering, School of Applied Sciences, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

² Center of Material Science, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

³ Ceramic Materials Division, Korean Institute of Material Science, 797, Changwon-daero, Korea

*Corresponding author. Email: gsaran@must.edu.mn

ABSTRACT

Mongolia has few freshwater resources. It is therefore important to conserve water resources. An efficient possibility is to purify water and reuse it. Therefore, the scientists from the Material Science Center of the Mongolian University of Science and Technology collaborated with the researcher from the Korea Institute of Material Science and carried out a project between 2017-2020. In this study, Mongolian zeolites and prepared kaolin were used and flat tubular porous support was extruded by a double screw vacuum extruder at KIMS. The supports were burned at 800 and 1000°C and the properties such as pore distribution were determined by mercury porosimetry. The zeolite-kaolin support had a bulk density of 1.46 g/cm³, a porosity of 41.52% and, an average pore size of 218 nm. With its water permeability of 115 L/m²·h at 0.01 MPa and 970 L/m²·h at 0.08 MPa, the support achieved good results. The wastewater treatment tests show that these membranes also have good compressive strengths. We have cleaned the sewage from a leather factory, which was very highly contaminated and has high viscosity.

Keywords: Zeolite, Kaolin, Ceramic membrane

1. INTRODUCTION

In the past 35 years, environmental issues have become a more acute pressing matter in Mongolia. In particular, the issue of clean water is a priority due to mining. Because there is a lack of clean water in many other parts of the world as well, scientists not only in Mongolia are constantly researching the purification and reuse of water [1]. There are different water treatment technologies, such as membrane technology, activated sludge, adsorption technology, mechanical oxidation ponds, stabilization ponds, trickling filters, rotating biological contactor, and the combination of activated sludge and trickling filters, etc. [2]. As of today, membrane technology is already tried and tested alternative to classical methods of municipal and industrial wastewater treatment in many countries. In addition to the classical material separation operation such as

distillation, extraction, and absorption, membrane filtration has developed into a new separation process in recent years, which in principle used for all fluid media but has been widely used for water treatment. The most used materials for membranes are polymer and ceramic materials. Polymeric materials are cheap but have a short service life and low-temperature resistance compared to ceramic materials. Ceramic materials are expensive but have many advantages such as fouling resistance, high-temperature stability, and low maintenance requirements contributing to lower life-cycle costs in such systems. As a raw material for the support of the ceramic membrane's kaolin, aluminum oxides, zirconium oxides, etc. are used [3]. Because of the high cost of synthesizing materials such as aluminum oxides, zirconium oxides, scientists aim to use natural clay to produce low-cost ceramic membranes. There are many studies to prepare ceramic support from natural clay with

2. Dolgorjav Rentsendavaa, Saran Galdansambuu, Song In-Hyuck, "Fabrication of Flat Tubular Clay-based porous support filters",

<https://www.atlantispress.com/proceedings/icciunr-21/125961361>, 5 October 2021

SUPPORT PREPARATION OF THE CERAMIC MEMBRANE WITH NATURAL CLAY

G. SARAN^{1†}, IN-HYUCK SONG², AND A. DORJGOTOV³, R. DOLGORJAV³, S. BAYARJARGAL³

¹CENTER OF MATERIAL SCIENCE, MUST, MONGOLIA

E-mail address: gsaran@must.edu.mn

²HEAD OF POWDER AND CERAMICS DIVISION, KIMS, SOUTH KOREA

E-mail address: sih1654@kims.re.kr

³DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING, SCHOOL OF APPLIED SCIENCES, MUST, MONGOLIA

E-mail address: gotovmust@yahoo.com, dolgorjav@must.edu.mn

ABSTRACT. This work includes the development and characterization of support from naturally occurring clay as main components. We used clay from the Mandal-Ovoo Sum of the South Gobi aimak, which contains a high percentage of hydroglimmer. We prepared supports with different pore former. The limestone is also natural limestone containing 95% of calcite and the potato starch is a renewable cheap pore-forming agent. After drying, the supports were sintered at a different temperature in the range of 1000-1200°C because the sintering temperature will strongly effect the pore size of the support. The compressive strength of the support with $CaCO_3$ was very high as cement concrete. The compressive strength with starch is 4 times lower than with limestone. The determination of the water permeability shows a value of 980 l/m²·h.

1. INTRODUCTION

Mongolian environmental problems are wide-ranging; air pollution, waste management water pollution, over-centralized in the capital, energy issues, and urban environmental issues are but a few of those plaguing the capital of Ulaanbaatar. Especially working in Ulaanbaatar leather processing factories pollute both groundwater and surface water [1]. Household/Domestic wastewater and many industrial wastewater, which generally contain organic pollution, must be treated biologically at least today. If the wastewater is particularly polluted or is introduced into low-water bodies or lakes, biological processes are alone not enough. For this reason, many processes such as membrane technology, adsorption technology, stabilization ponds, trickling filters, activated sludge, mechanical oxidation ponds, rotating biological contactor (RBC), and combination of activated sludge and trickling filter etc. are used [2]. Today membrane technology is already tried and tested alternative to classical methods of municipal and industrial wastewater treatment in many countries. In addition to the classical material separation operation such as distillation, extraction, and absorption, membrane filtration has developed into a new separation process.

Key words and phrases. Ceramic membrane, natural clay

† Corresponding author. G. Saran

Олон улсын хуралд тавсан илтгэлүүд

1. G. Saran, "Support preparation of the ceramic membrane with Mongolian natural clay", KIMS-ASIA 4th symposium, Indonesia, 2019

PROGRAM

Tuesday-September 24th, 2019

Sep 24th	Arrival	Delegation from Korea, Vietnam, Lao, Mongolia, Cambodia
----------	---------	---

Wednesday – September 25th, 2019

Time	Event & Presentation	Remarks
10:00-10:20	Registration	All participants
10:20-10:30	Opening Remarks	Dr. Jung-Hwan Lee, (President of KIMS) Dr. Laksana Tri Handoko (Chairman of LIPI)
10:30-10:40	Group Photo	All participants
10:40-11:10	Natural Fiber Reinforced Composites and Its Obstacles	Dr. Byung-Sun Kim (Korea)
11:10-11:40	Status of Natural fibers and fabrics in Cambodia	Dr. Sokh Heng (Cambodia)
11:40-12:10	Nanocomposite Fibers for Wearable Textile Application	Dr. Joon-Hyung Byun (Korea)
12:10-13:00	Lunch at LIPI	All participants
13:00-13:30	Carbon Nanotube Embedded in Polymer Matrix for Functional Nanocomposite Application	Dr. Rike Yudianti (Indonesia)
13:30-14:00	Discussion on adsorbent materials for wastewater	Dr. In-Hyuck Song (Korea)
14:00-14:30	Investigation results of the Mongolian raw materials	Dr. Saran (Mongolia)
14:30-15:00	Surface modification using Linear Ion Source and Atmospheric	Dr. Do-Gam Kim (Korea)
15:00-15:20	Coffee break	All participants

1. "Support preparation of the ceramic membrane with Mongolian natural clay"

2. Content

3. I. RESULTS OF THE INVESTIGATION

CHEMICAL COMPOSITION OF MONGOLIAN NATURAL CLAY							
Composition, %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃ + K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+H ₂ O	Others	
67.00	20.31	2.72	1.23	0.84	2.88	5.4	

4. Composition of raw materials for the fabrication of support

Slime of support	Clay	CaCO ₃	Potato starch	Methylcellulose
51	85	30	-	5
52	85	-	28	5
53	85	15	15	5

5. Sintering temperature profile of the supports

6. SEM of supports at 1000°C

7. SEM of supports at 1100°C

8. Compressive strength and density of supports

9. Pure water permeability of supports

10. Test results in January- Supports with CaCO₃

11. Test results in April- Support with calcinated clay

Composition of raw materials for the fabrication of support					
Composition, Mass %					
Number	Thermally treated clay	Clay	Potato starch	Methylcellulose	
51	70	20	-	10	10
52	70	-	20	10	10

12. Test results in April- Supports with calcinated clay

2. Г.Саран, “Кальцинадид оруулсан каолин ашиглан керамик мембраны суппорт гарган авах судалгаа”, КИМС-АЗИА олон улсын 4-р сипозиумд тавьсан илтгэл, онлайн хурал, Улаанбаатар хот, 2020 оны 10 сарын 15

Program schedule
October 15th, 2020

Time	Event & Presentation	Remarks
14:00-14:10	Opening remarks	Dr. Junghwan Lee (President of KIMS) Prof. Doan Dinh Phuong (Director of IMS)
14:10-14:15	Group photo	Group photo
14:15-14:40	Current Status and Activity of Ceramic Membrane for Water Treatment	Dr. Inhyuck Song(Korea)
14:40-15:05	Ceramic Membrane Support Prepared from Metakaolin	Dr. Saran (Mongolia)
15:05-15:30	Stretchable Strain Sensor by Structural Design for Strain Redistribution	Dr. Joonhyung Byun(Korea)
15:30-15:55	Carbon Nanotube Embedded in Polymer Matrix for Functional Nanocomposite Application	Dr. Rike Yudianti(Indonesia)
15:55-16:05	Break	Break
16:05-16:30	Development of Permanent Magnetic Materials for Next Generation	Dr. Junggoo Lee (Korea)
16:30-16:55	Enhancing Coercivity of Sintered Nd-Fe-B Magnet for Motor and Generator Applications	Dr. Nguyen Huy Dan (Vietnam)
16:55-17:20	BioComposites	Dr. Jinwoo Yi (Korea)
17:20-17:45	Research and Development of Cambodia Natural Fiber Composite for Industrial Application	Dr. Makara(Cambodia)
17:45-18:15	Closing remarks and discussion for future cooperation	Dr. Inhyuck Song

KIMS "Ceramic membrane support prepared from calcined clay"
DR. G. SARAN, CENTER OF MATERIAL SCIENCE, MUST

KIMS 1. RESULTS OF THE INVESTIGATION
Chemical composition of natural and enriched clay from Mandal-Ovoo (Bhagpat)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Other
Natural	68.91	17.47	0.91	0.91	0.02	0.21	0.02		
Enriched	47.08	20.31	2.72	1.22	0.04	2.18	0.4		

KIMS Mineral composition of natural clay from Mandal-Ovoo
Legend: Quartz, Kaolinite, Hydroglimmer

KIMS Natural clay enrichment scheme
Flowchart: Clay → Washing → Suspension → Stabilization → Filtration → Washing → Drying → Grinding → Sieving → Enriched clay

KIMS Fractions of natural clay
SEM images and grain size distribution of enriched natural clay (63 μm)

KIMS Calcination of natural clay
Calcination temperatures: 850°C, 850°C, 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 900°C and 1000°C. After calcination at 800-750 degrees, CaO content seems to change in the mineral composition. We calcined the enriched clay at 750 degrees Celsius for 2, 4, 6 hours and 8 hours.

KIMS SEM images of 2h, 4h and 6h clay calcinated at 750 °C
2h calcined at 750°C, 4h calcined at 750°C, 6h calcined at 750°C

KIMS Mineral composition of calcined clay at 750 °C (2h, 4h, 6h)

KIMS DTA and TG of natural clay and calcined clay
Graphs showing DTA and TG curves for natural and calcined clay.

KIMS Grain size distribution of calcined clay
Graphs showing grain size distribution for calcined clay at different times.

KIMS Mineral composition of calcined clay at 750 °C
Legend: Quartz, Hydroglimmer, Albite

3. Dolgorjav Rentsendavaa, Saran Galdansambuu, Song In-Hyuck, "Fabrication of Flat Tubular Clay-based porous support filters", [Posterpresentation](#), ICCIUNR2021, 5 October 2021

15:05-15:10	Dr. Arifunaa Atyeksandr Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia Potential of VFAs for microbial lipid production Ms. Battsetseg Erdenee Wuhan University of Science & Technology, China
15:10-15:15	Adsorption of methylene blue from aqueous solution by using the gelatin modified magnetic nanoparticles Ms. Anudari Dolgormaa Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia
15:15-15:20	Hydrocracking of atmospheric residue from Tsagaan-els oil, Mongolia Ms. Byambajav Ganbold German-Mongolian Institute for Resources and Technology, Mongolia
15:20-15:25	Photodimerization mechanism of trans-4-(trifluoromethyl)cinnamic: a study by infrared spectroscopy Ms. Nomijn Tamir Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia
15:25-15:45	Q and A
15:45-15:50	Coffee break
15:00-15:45	Poster session 8: Environment and ecological chemistry Zoom room 6 Moderator: Dr. Oyun-Erdene G. Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia
15:00-15:05	Characterization of biochars produced from various biowastes Ms. Bayargajal Bayartsengel National University of Mongolia, Mongolia
15:05-15:10	Fabrication of flat tubular clay-based porous support filters Ms. Dolgorjav Rentsendavaa Mongolian University of Science and Technology, Mongolia
15:10-15:15	Microbiological and hydrochemical parameters of deep wells used for drinking water in Ulaanbaatar, Mongolia Ms. Dulamsuren Ganpurev Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia
15:15-15:20	Chemical composition of atmospheric fine particulate matters (PM_{2.5}) in Ulaanbaatar, Mongolia Dr. Narmandakh Dambajants National University of Mongolia, Mongolia
15:20-15:25	Removal of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by KOH-activated carbons Dr. Narandala Byamba-Ochir Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia
15:25-15:45	Q and A
15:45-15:50	Coffee break
15:50-16:20	Closing remarks
15:50-16:20	Moderator: Dr. Amarsanaa B. Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia Remarks from national and international participants Closing remarks Prof. Dr. Jargalsaikhan L. Director, Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Mongolia

ICCUNR 2021
"Chemistry as Catalyst for sustainable development"

FABRICATION OF FLAT TUBULAR CLAY-BASED POROUS SUPPORT FILTERS

Dolgorjav Rentsendavaa¹, Saran Galdansambuu², Song In-Hyuck³

¹Department of Chemical Engineering, School of Applied Sciences, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia;
²Center of Material Science, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia;
³Ceramic Materials Division, Korean Institute of Material Science, 797, Changwon-daero, Korea
dolgorjav@msmt.edu.mn

Abstract
Mongolia have few freshwater resources. It is therefore important to conserve water resources. An efficient possibility is to purify water and reuse it. Therefore the scientists from the Material Science Center of the Mongolian University of Science and Technology collaborated with the researcher from the Korea Institute of Material Science and carried out a project between 2017-2020. In this study, Mongolian zeolites and prepared kaolin were used and flat tubular porous support was extruded by a double screw vacuum extruder at KIMS. The supports were burned at 800 and 1000 degrees Celsius and the properties such as pore distribution were determined by mercury porosimetry. The zeolite-kaolin support had a bulk density of 1.46 g/cm³, a porosity of 41.52% and, an average pore size of 218 nm. With its water permeability of 115 l/m²·h at 0.01 MPa and 970 l/m²·h at 0.08 MPa, the support achieved good results. The wastewater treatment tests show that these membranes also have good compressive strengths. We have cleaned the sewage from a leather factory, which was very highly contaminated and has high viscosity.

Introduction
In the past 35 years, environmental issues have become more acute pressing matter in Mongolia. In particular, the issue of clean water is a priority due to mining. Because there is a lack of clean water in many other parts of the world as well, scientists not only in Mongolia are constantly researching the purification and reuse of water [1]. Zeolites are alkali metals and hydrated aluminosilicates that come in two types: natural and artificial. Zeolite is an aluminum silicate compound with a hollow space and a crystalline lattice structure containing large ions and free water molecules capable of ion exchange and dehydration. Natural zeolites are not inferior to synthetic zeolites in their ion exchange, adsorption, and catalyst properties, but are more resistant to high temperatures, acids, and alkalis [10].

Experimental
In this study, low-cost and abundantly accessible raw materials from Mongolia including kaolin, natural zeolite were used to develop the ceramic membranes. We used primary kaolinite from Mandal-Ovoo for our investigation. The Mandal-Ovoo deposit of kaolinite is found in Umnugobi Province, located 450 km from Ulaanbaatar. In this deposit, the kaolinite can be mined in open pit. Zeolite samples were selected from Urgan sum in Dornogovi aimag, 94 km southeast of Sainshand and 540 km from Ulaanbaatar, 23 km from the high voltage line along the railway. For the investigation of the kaolin from Mandal-Ovoo and Zeolite from Urgan, the following analysis methods have been conducted: X-ray diffraction on, electron microscopy analysis and chemical analysis at the Korean Institute for Material Science (KIMS).

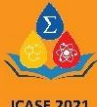
Results and discussion

The average pore diameter of the support was 0.218 μm, bulk density 1.46 g/cm³ and the porosity was 41.52%. The water permeability test was carried out at a room temperature of 26 °C, and good results were obtained. That is why we conducted experiments with sewage from a leather factory. The impurity of the initial wastewater was too high. So, the wastewater is pre-treated by the coagulation process using PAC (polyaluminum chloride). The suspended solids in the wastewater were 515 mg/l, which were reduced to 11.21 mg/l after cleaning the water in several steps and at the end with zeolite-kaolin supports.

Conclusion
In this study, we have explored the possibility of obtaining zeolite-kaolin composite support with Mongolian raw materials. A porous ceramic support membrane was successfully obtained by a vacuum extrusion process using 37.93% Mongolian kaolin, 52.07% natural zeolite from Urgan together with 40% by weight of water and 10% by weight of methyl celluloses as a binder. The supports were burned at 800 and 1000 degrees Celsius and the morphology and pore size distribution determined.


14 - 15 October, 2021 - Ulaanbaatar, Mongolia

4. R.Dolgorjav, and G.Saran, "Investigation of the mongolian clay for the production of ceramic membranes", posterpresentation, ICASE2021, ulaanbaatar, 26.nov.2021



INVESTIGATION OF THE MONGOLIAN CLAY FOR THE PRODUCTION OF CERAMIC MEMBRANES

Dolgorjav Rentsendavaa, MSc¹ and Saran Galdansambuu PhD²;
¹Department of Chemical engineering, MUST, Mongolia,
²Center of Material Science, MUST, Mongolia.



Abstract

Water conservation and water management are an important issue, not only in Mongolia but also internationally. Therefore, scientists from the Institute of Materials Science of the Republic of Korea and the Center for Materials Science conducted a joint project between 2017-2020. As Mongolia is a developing country, it can be said that the chemical industry is almost non-existent. But it is a country rich in minerals. In this study, ceramic membrane supports with a compressive strength of up to 138.4 MPa were obtained using Mongolian clay raw materials such as Mandal-Ovoo kaolin and Ulaan nuur clay. The supports were extruded by a double screw vacuum extruder at Korean Institute of Material Science.

Methods And Materials

Preliminary tests were carried out with the clay from Ulaan nuur, and we have determined that the compressive strength of the samples was 67 MPa. But the porosity decreased with the increasing burning temperatures. Also, the clay has shrunk after burning. To reduce the shrinkage, we prepared chamotte with the kaolin from Mandal-Ovoo and used them in the offsets. The prepared kaolin was ground and sieved with a 0.1 mm sieve. The sieved kaolin was treated thermally at 1000 °C for 1 h. After burning, the chamotte was ground with vibratory mills. The contingent of chamotte was 50%, 60%, 70%, 80%, and 90%. The samples were burned at 1000 °C, 1050 °C, 1100 °C and 1150 °C for 1 h. Samples were pressed dry with a 30t press. For the investigation of kaolin from Mandal-Ovoo and clay from Ulaan nuur, following analysis methods have been conducted: X-ray diffraction were recorded on X-ray diffractometer (XRD2200-Rigaku Japan) with Cu-K α source operated with the wavelength at $\lambda = 1.5418$ Å Silt systems, step-size (0.02), source voltage (40 kV), and current (30 mA) were kept constant during the scans that were conducted in θ - 2θ coupled mode, and chemical analysis was carried out by the X-ray fluorescence analysis at the Korea Institute of Material Science (KIMS).

Discussion

The use of kaolin reduces the shrinkage of the supports. The results of the compressive strength show that the addition of kaolin increases the compressive strength.

Introduction

Mongolia has a very large area of 1.5 million square kilometers. But the water reserve is not much [1]. In addition, in Mongolia always use fresh water for the household as well as the industry. Water treatment is not common. Only a few mining factories have water recycling. Ceramic membranes are high-quality products and offer several advantages over polymer membranes [2]. The membrane processes are now well established, replacing the techniques of conventional separation. The supports of ceramic micro- and ultrafiltration membranes, are extruded in order to realize the tubular geometry. Various oxide ceramics are used as the material, each of which is advantageous or disadvantageous for corresponding applications due to its physical and chemical properties [3-5]. Influencing the pore size of ceramic supports is the subject of numerous publications and should therefore not be discussed in depth at this point. In addition to the pore size, the surface charge plays an important role in ceramic membranes. An alternative to optimizing ceramic membranes is the combination of ceramic and polymer membranes will gain importance in the near future, as the Advantages of both membrane types combined in one product can be [6-7]. In addition to optimizing and improving ceramic membranes as isolated products, the optimal placement and combination of corresponding products in increasingly complex process and production chains will also become increasingly important.

Results

Clay of Ulaan nuur contains SiO₂ - 63.8%, Al₂O₃ - 12.9%, TiO₂-0.47%, CaO-0.8%, Fe₂O₃ -1.97%, K₂O - 1.41%, Na₂O - 0.96% and MgO-0.4%. Although the clay of U had the highest compressive strength at 1100°C (67.9 MPa), it had the low water absorption (4.75%). This clay was porous itself. But after the burning sintered too much, so it was very fine pores and too compacted. The kaolin from Mandal-Ovoo was indeed sintered, but not as strong as the clay of Ulaan nuur. Because the kaolin contains over 20% Al₂O₃, the burning temperatures were higher and only compacted at 1200°C. In addition, the compressive strength at the temperature 1000°C was 46. That's why we made the chamotte from this kaolin. For the dry pressing of the samples, in addition to the clay, methyl cellulose and polyvinyl alcohol were used as binders. The binder methyl cellulose and polyvinyl alcohol were taken on dry mass 2.5% + 2.5% and 5% + 5%. The results from Figure 4 show that samples with 50% kaolin show the highest compressive strengths. This is due to the high content of binder clay. The results of water absorption show that water absorption decreases with increasing temperature. This shows that the sintering of the ceramic body is ongoing strongly. The results of the bulk density determination show that the density increases with the increase in the burning temperature and decreases with the increase in fire clay contingent. (Fig. 6) The water permeability of the samples was measured with fresh water.

Conclusions

In this study, a ceramic membrane carrier was obtained using porous clay and chamotte. The supports have been burned at 1000 and 1150 °C 1 h and the properties such as compressive strength by pressure, density and pore distribution have been determined by mercury porosimeter. The samples with 50% kaolin were shown to have the highest compressive strengths such as 68.6 MPa at 1100 degrees Celsius and 138.44 MPa at 1150 degrees Celsius. The support with the highest compressive strength had a density of 2.14 g/cm³, a porosity of 46.21% and, an average pore size of 210 nm. With its water permeability of 206.88 l/m²h at 0.01 MPa and 783.2 l/m²h at 0.08, the support achieved good results.

Future Directions


This study shows that the Mongolian raw materials are conditionally suitable for ceramic membranes. Further research is needed to determine the optimal composition of the clay particles, to determine the optimal amount of additional kaolin, and to determine the optimal pore size distribution.

Contact Information

Dolgorjav Rentsendavaa
 Department of Chemical engineering, MUST, Mongolia,
 Email: dolgorjav@must.edu.mn

References

1. M. A. M. El-Sayed, "A Review on Ceramic Membranes", *Journal of Membrane Science*, vol. 105, pp. 1-11, 1994.
2. N. Dolgorjav, R. Rentsendavaa, "Investigation of the Mongolian Clay for the Production of Ceramic Membranes", *ICASE 2021*, Ulaanbaatar, 2021.
3. Y. S. Kim, "Ceramic Membranes for Water Treatment", *Journal of Membrane Science*, vol. 105, pp. 1-11, 1994.
4. A. Dolgorjav, R. Rentsendavaa, "Investigation of the Mongolian Clay for the Production of Ceramic Membranes", *ICASE 2021*, Ulaanbaatar, 2021.
5. L. Dolgorjav, R. Rentsendavaa, "Investigation of the Mongolian Clay for the Production of Ceramic Membranes", *ICASE 2021*, Ulaanbaatar, 2021.
6. L. Dolgorjav, R. Rentsendavaa, "Investigation of the Mongolian Clay for the Production of Ceramic Membranes", *ICASE 2021*, Ulaanbaatar, 2021.
7. L. Dolgorjav, R. Rentsendavaa, "Investigation of the Mongolian Clay for the Production of Ceramic Membranes", *ICASE 2021*, Ulaanbaatar, 2021.



Mongolian University of
 Science and Technology,
 School of Applied Sciences

www.icasemn

140

Хавсралт №2

Адсорбент, шингээгч материалаар урьд өмнө нь гарсан патентууд

IPOM Publish
Intellectual Property Office of Mongolia

Тухай Монгол (0)

Бүтээгдэхүүний загвар Патент Барааны тэмдэг

Үндсэн

Хайх

Showing 1 - 50 of 69 results

Хэвлэгдсэн огноо

Нэр: Байгалийн цеолит агуулсан криогель полимер материалыг синтезийн аргаар гарган авах арга
A method for synthesis of cryogel polymer containing natural zeolite

Мэдүүлгийн төрөл: Үндэсний
Application number: 10-2019-0006478
PCT анхдагч огноо: Анхдагч огноо: 2019.10.08
Улсын бүртгэлийн дугаар: MN10-0005013
Олон улсын ангилал: C02F 103/36, C02F 103/38, B01J 20/00, B01J 29/04, B01J 39/14, C01B 39/00
Мэдүүлэг гаргагч: МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ
Улсын бүртгэлийн огноо: 2021.05.21
Зохиогч: Г. Болоржаргал М.Долгормаа Б.Очирхуяг
Төлөв: Active

Нэр: Байгалийн цеолит болон алгинат агуулсан композит шингээгч материалыг гарган авах арга
A method for preparing adsorbent composite material containing natural zeolite and alginate

Мэдүүлгийн төрөл: Үндэсний
Application number: 10-2019-0006479
PCT анхдагч огноо: Анхдагч огноо: 2019.10.08
Улсын бүртгэлийн дугаар: MN10-0005015
Олон улсын ангилал: C02F 103/36, C02F 103/38, B01J 20/00, B01J 29/04, B01J 39/14, C01B 39/00
Мэдүүлэг гаргагч: Монгол Улсын Их Сургууль
Улсын бүртгэлийн огноо: 2021.05.21
Зохиогч: Г.Тамираа М.Долгормаа Б.Очирхуяг
Төлөв: Active

Нэр: Цеолитон шингээгч материал үйлдвэрлэх арга

Мэдүүлгийн төрөл: Ашигтай загвар
Application number: 20-2017-0003532
PCT анхдагч огноо: Анхдагч огноо: 2017.02.23
Улсын бүртгэлийн дугаар: MN20-0002723
Олон улсын ангилал: B01J 39/14, C01B 39/00
Мэдүүлэг гаргагч: Чимэдцэрэн Пүрэвжав
Улсын бүртгэлийн огноо: 2017.06.25
Зохиогч: Чимэдцэрэн Пүрэвжав Ганзориг Цогтбаатар Оюун Жамба
Төлөв: Active

Нэр: Цеолит ашиглан эрдэс боловсруулах үйлдвэрлэлийн усан боловсруулалт эсвэл боловсруулалтын бусад урсгалаас химийн органик бодис эсвэл органик метал нэгдлийг ялгах арга.
A METHOD FOR THE REMOVAL OF ORGANIC CHEMICALS AND ORGANOMETALLIC COMPLEXES FROM PROCESS WATER OR OTHER STREAMS OF A MINERAL PROCESSING PLANT USING

Мэдүүлгийн төрөл: PCT National Phase Entry
Application number: 10-2013-0005028
PCT анхдагч огноо: Анхдагч огноо: 2011.09.13
PCT/BR2011/000328
Хэвлэгдсэн огноо: 2013.11.25
Улсын бүртгэлийн дугаар: MN10-0003948
Олон улсын ангилал: C22B 3/24, B01D 15/02, B01D 15/36, C02F 101/20, C02F 103/10, C02F 103/16, C02F 1/28, C02F 1/42, C02F 1/62
Мэдүүлэг гаргагч: VALE S/A
Улсын бүртгэлийн огноо: 2014.03.05
Зохиогч: SCHOLEY Kenneth Erwin XU Manqui DONG Jie
Төлөв: Active

Нэр: Үнсэн шүүгүүр материал

Мэдүүлгийн төрөл: Ашигтай загвар
Application number: 20-2022-0004579
PCT анхдагч огноо: Анхдагч огноо: 2022.01.14
Улсын бүртгэлийн дугаар:
Олон улсын ангилал:
Мэдүүлэг гаргагч: Данзандорж СҮНЖИДМАА Нарантогтох БАЯРЖАВХЛАН Жигмэд ДАВААЦЭРЭН
Улсын бүртгэлийн огноо:
Зохиогч: Данзандорж СҮНЖИДМАА Нарантогтох БАЯРЖАВХЛАН Жигмэд ДАВААЦЭРЭН
Төлөв: Rejected

Хавсралт №3

Тус төслийн хүрээнд судалгаа хийсэн оюутнуудын тодорхойлолт



ШИНЖЛЭХ УХААН, ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ УХААНЫ
СУРГУУЛЬ

ШУТИС-ийн I байр, Бага тойруу 34, 8 дугаар хороо,
Сүхбаатар дүүрэг, Улаанбаатар хот, 14191
Утас/Факс: (976-11) 32 22 83, Цахим шуудан: sas@must.edu.mn,
Цахим хуудас: www.sas.edu.mn

2023.05.31 № 148

танай _____-ны № _____-т

ТОДОРХОЙЛОЛТ

Доктор оюутан Рэнцэндаваа овогтой Долгоржав (F.ST11F805) нь 2021 онд ХШУС-ийн химийн инженерлэлийн салбарын "Силикатын химийн технологи" мэргэжлээр докторантурт элсэж орсон бөгөөд "Цеолитон адсорбент материалын судлгаа" сэдвээр судалгааны ажил гүйцэтгэж байгаа бөгөөд 2023 оны намрын улиралд 3 сарын бүтээлийн чөлөө авч урьдчилсан хамгаалалтандаа орох төлөвлөгөөтэй ажиллаж байна.

Магист оюутан Батрэнчин овогтой Одгэрэл (оюутны код: F.MS19E101) нь 2019 онд ХШУС-ийн химийн инженерлэлийн салбарт "Материал судал" мэргэжлээр элсэн орж 30 кредитийн хичээлийг 2.92 голчтой үзсэн бөгөөд адсорбент материалын шинж чанарыг сайжруулах чиглэлээр судалгааны ажил гүйцэтгэж байгаад 2020 онд нас барсан болно.

ЗАХИРАЛ  В.ӨЛЗИЙБАЯР



367740133



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИЙН
ТЕХНИК, ТЕХНОЛОГИЙН САЛБАРЫН
БАГА ЧУУЛГАН

2023 оны 04 сарын 12 өдөр

Дугаар 01

Улаанбаатар хот

ШУТИС-ийн Материал судлалын төвд хэрэгжиж дууссан суурь судалгааны төслийн тухай

Хурлын тэмдэглэлээс:

Шинжлэх ухааны Академийн Техник технологийн салбарын Бага чуулганы хурал 2022 оны 3 дугаар сарын 31-ний өдөр танхимаар 10:00 цагаас болж.

Хуралд Бага чуулганы гишүүн академич Д.Хайсамбуу, Ч.Авдай, Х.Энхжаргал, Ц.Нанзад, Ж.Тэмүүжин, Д.Энхтуяа, доктор Я.Дүйнхэржав, Н.Чулуунбанди, Д.Хандмаа, Д.Энхжаргал, Г.Пүрэвдорж, Х.Жаргалсайхан, Н.Жаргалан, Ж.Туяацэцэг нар танхимаар, доктор Ж.Арслан, Ч.Мангалжалав нар цахимаар тус тус оролцов. Академич С.Батмөнх, доктор Б.Бат-Эрдэнэ, С.Дэлгэрмаа нар гадаадад, академич Д.Содномдорж хөдөө томиллотой, академич П.Очирбат, доктор Т.Намнан, Ч.Алтанцэцэг нар ажилтай тул оролцсонгүй. Хурлын ирц 69.5% байлаа.

Хуралд сэдвийн удирдагч нар байлцаж тайлангаа танилцуулж хамгаалав.

Хуралдааныг Бага чуулганы дарга, академич Д.Хайсамбуу хурлыг нээж хурлын дэгийн төслийг танилцуулав. Хурлын дэг дууссан тайланг танилцуулах хугацааг 20 минут, асуулт хариулт 5 минутад багтаан явуулахаар байсан бөгөөд гишүүдийн 100 хувийн саналаар дэмжив.

Хэлэлцсэн нь:

Хурлын дэгийн дагуу ШУТИС-ийн Материал судлалын төвийн захирал, доктор(Ph.D) Г.Сарангийн "Байгалийн цеолитын эрдсийг модификацид оруулан адсорбцлох чадварыг нэмэгдүүлэх судалгаа" сэдэвт 2019-2021 онд хэрэгжиж дууссан суурь судалгааны төслийн тайланг хэлэлцэв. Тайланг төслийн удирдагч, доктор(Ph.D) Г.Саран танилцуулав. Тайлантай холбогдож Бага чуулганы гишүүн доктор Г.Пүрэвдорж, Ж.Туяацэцэг, академич Д.Энхтуяа, Ч.Авдай, Ц.Нанзад нар асуулт асууж хариулт авав. Тухайлбал, академич Д.Энхтуяа тус тайлангийн үр дүнг практикт нэвтрүүлэхийн тулд технологи зүгшрүүлэх технологийн төсөлд цаашид дэвшүүлж ажил болгох хэрэгтэй гэсэн саналыг оруулав. Ноос ноолуурын салбарт бохир усны асуудалд тус тайлангийн технологийг ашиглахад эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй, байгальд ээлтэй ирээдүй харагдаж байна.

Тайланд ШУА-ийн ХХТХ-ийн лабораторийн эрхлэгч, доктор(Ph.D) Г.Оюун-Эрдэнэ болон доктор(Ph.D) А.Чимэдцогзол нар шүүмж хийв. Шинжээчдийн дүгнэлтийг Бага чуулганы эрдэмтэн нарийн бичгийн дарга, доктор Ц.Болортамир Бага чуулганы гишүүдэд уншиж танилцуулав. Шинжээчдийн нэгдсэн дүгнэлтээр тус тайлан нь тавьсан зорилтоо бүрэн биелүүлсэн үзсэн бөгөөд тайланг стандарт загварт оруулах, зарим утга найруулгыг засах, зарим давхардсан сэдвүүдийг

цэгцлэх, үг үсгийн алдаа болон бусад техник засварыг хийх байсан саналыг уламжлав.

Судалгааны ажлын хүрээнд дараах үр дүнгүүдийг гарган авчээ. Үүнд:

1. Байгалийн эрдсүүдийн ханасан уур шингээлтийг харьцуулан судлан, шингээлт сайтай цеолитийг шүүлтүүр гарган авах гол түүхий эдээр сонгофон байна. Байгалийн цеолитын шингээх чадварыг дээшлүүлэхийн тулд клиноптилолит эрдсийг баяжуулах, механохими болон хүчлийн аргаар модификацид оруулан, хувийн гадаргууг 1.5-1.64 дахин ихэсгэжээ.

2. Цеолит болон каолинг хүдрийг бусад эрдсийн хольцуудаас салган, баяжуулсны үр дүнд хөнгөнцагааны ислийн агуулгыг нэмэгдүүлсэн байна. Энэ нь хамгийн сайн сүвэрхэг керамик шүүлтүүр гарган авах гол түүхий эд юм.

3. Баяжуулсан клиноптилолит болон каолинд тулгуурлан сүвэрхэг мембран шүүлтүүрийг судалгааны лабораторит гарган авсан нь керамик мембранд тавигдах шаардлагыг хангажээ.

4. Сүвэрхэг шүүлтүүрээр үйлдвэрийн хаягдал ус цэвэршүүлэх зорилгоор лаборатори болон хагас үйлдвэрлэлийн туршилтууд гүйцэтгэжээ. Хагас үйлдвэрлэлийн туршилтад 4 дамжлага бүхий үе шаттайгаар ус цэвэршүүлэх технологи боловсруулан хэрэгжүүлсэн байна.

Эх орны эрдэс түүхий эдэд тулгуурласан мембран шүүлтүүрийг ашиглан хагас үйлдвэрлэлийн туршилтаар умбуур бодисын агууламжийг 46 дахин бууруулж чадсан байна.

Судалгааны үр дүнд олон улсын сэтгүүлд 1 эрдэм шинжилгээний өгүүлэл хэвлүүлж, эрдэм шинжилгээний хуралд 5 илтгэл хэлэлцүүлсэн байна.

Иймд ШУТИС-ийн ХШУС-ийн эрдмийн зөвлөлийн тогтоол, шинжээчдийн дүгнэлт болон Бага чуулганы гишүүдийн саналыг үндэслэн тус ажлыг тавьсан зорилтоо биелүүлсэн гэж үзээд батлах санал оруулав.

Үүгээр Бага чуулганы гишүүд 100 хувь саналтайгаар тайланг зорилтоо биелүүлсэн гэж тооцож батлав.

ШИЙДВЭРЛЭСЭН НЬ:

Нэг. ШУА-ийн Техник технологийн салбарын Бага чуулган 2023 оны 3 дугаар сарын 31-ний өдрийн хурлаар хэлэлцсэн 2019-2021 онд ШУТИС-ийн Материал судлалын төвд хэрэгжиж дууссан суурь судалгааны төсөл **“Байгалийн цеолитын эрдсийг модификацид оруулан адсорбцлох чадварыг нэмэгдүүлэх судалгаа”**, Удирдагч: доктор(Ph.D) Г.Сарангийн тайлан нь тавьсан зорилтоо бүрэн биелүүлсэн тул захиалагч байгууллагад хүлээлгэн өгөх нь зүйтэй гэж үзлээ.

Хоёр. Бага чуулганаас гарсан санал, дүгнэлт болон дууссан суурь судалгааны төслийн тайланд өгсөн шүүмжлэгч нарын саналыг тайланд тусган холбогдох журмын дагуу захиалагч байгууллагад хүлээлгэн өгөхийг сэдвийн удирдагч нарт даалгасугай.

ДАРГА, АКАДЕМИЧ

Д. ХАЙСАМБУУ

ТЭМДЭГЛЭЛ ХӨТӨЛСӨН:

ЭРДЭМТЭН НАРИЙН БИЧГИЙН
ДАРГА, ДОКТОР (Ph.D)

Ц. БОЛОРТАМИР