

ХАЯГДАЛ УСАН ДАХЬ ХҮНЦЭЛИЙН АГУУЛГЫГ ЦЕОЛИТ АШИГЛАН БУУРУУЛАХ БОЛОМЖ

Ц.Эрдэнэцэцэг¹, Г.Ариунзул²

¹ШУА, Газарзүй, Геоэкологийн хүрээлэн, УНУАСалбар

²Энержи Ресурс ХХК, Лабораторийн химич

Email: Erdenetsetsegs@mas.ac.mn

1. ОРШИЛ

Хүнцэл, алтны орд газрыг илрүүлэх геологи хайгуулын шатанд илрүүлэх индикатор элемент байдаг тул алт олборлолтын явцад хүрээлэн буй орчин хүнцэлээр бохирдох аюул ямагт нүүрлэж байдаг. Манай орны хувьд, алтны шороон ордыг гар аргаар олборлох, алтны хүдрийг усаар угаах явцалд усан орчинд хүнцэл аль хир хэмжээтэй шилжиж байгааг тогтоох, түүнийг хоргүйжүүлэх асуудал орхигдсоор ирсэн байдаг. Хүнцэл -оросоор мышьяк мышьяк-оготно, яд-хор “хулганы хор” гэсэн үгнээс гаралтай. Латинаар **Arsenic** буюу арсен гэдэг. Хүнцэл хэдийд нээгдсэн нь тогтоогдоогүй элемент бөгөөд дан байдалтай хүнцэлийг XIII зууны дунд үед Германы алхимич Альберт Большетедтский анх гарган авчээ(Трифонов Д.Н., Трифонов В.Д, 1987).

Хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө: Хүнцэл биологийн идэвхит микроэлемент тул ургамал, амьтны эд, эс, шээсэнд бага хэмжээгээр агуулагдаж, хүн амьтны амьдралын үйл ажиллагааг зохицуулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Организмд хүнцэл дутагдахад гормоны зохицуулга, ферментийн идэвхжил, эдийн амьсгал өөрчлөгдөж, хэт исэлдэлт явагддаг. Хүнцэл илүүдвэл үс унах, хоол боловсруулах эрхтний хямрал, нүдний эвэрлэг бүрхэвч булингартах, хамрын таславч шархлах, хумс хугарамтгай болох, амт, үнэр мэдрэмтгий болох шинж тэмдэг илэрдэг. Хүнцэл элэг, бөөр, дэлүү, уушиг, яс, үсэнд тодорхой хэмжээгэр хуримтлагдан хэдэн жилийн туршид бүрэн ялгардаггүй.

Хоруу чанар: Хүнцэл их хэмжээгээр организмд орсноор тионы бүлэг агуулсан ферментүүдийн үйл ажиллагааг зогсоодог. Өөрөөр хэлбэл ,арсен нь хүхэртэй холбогддог(Эрдэнэцэцэг, 2010).Ингэснээр эс, эдийн амьсгал ба хуваагдал зогсдог. Хүнцэлийн бараг бүх нэгдлүүд нь хортой, хорт хавдар үүсгэх үйлчилгээтэй байдаг. Тэр дундаа As(III) болон AsH₃ нь маш хортой химийн бодисын ангилалд багтдаг. 0.1 г As₂O₃ организмд ороход үхэлд хүргэдэг. Хүнцэлийн хүчлийн үхлийн тун 0.15 г, хорын тун нь 0.05 г байдаг .

Усан орчноос хүнцэлийг бууруулах физик, хими, биологийн аргууд байдаг. Үүнд: химийн тунадасжуулалтын арга, ион солилцлын арга, цахилгаан химийн боловсруултын аргууд, мембран шүүлтийн арга, адсорбцийн арга зэрэг ордог. Энэхүү туршилт судалгаагаар алтны хүдрийг угаахад үүссэн үүсмэл нуурын усанд агуулагдах хүнцэлийн агуулгыг тогтоож, түүний агуулгыг байгалийн цеолит ашиглан бууруулах боломж, адсорбцийн зохистой нөхцлийг тогтоох зорилгоор хийсэн болно.

Цеолит: Цеолит нь хөндий нүх сүвтэй, сараалжин бүтэцтэй алюмосиликат бөгөөд энэхүү нүх сүв нь том хэмжээтэй катион ба усны молекулуудыг агуулсан байдаг. Эдгээр катион ба ус нь амархан зайлуулагдах бөгөөд буцааж шингээгдэх чадвартай байдаг. Үүний ачаар ион солилцох ба дегидратацийн процесст ордог. Энэхүү тодорхойлолтыг анх Смит шинжлэх ухаанд оруулж өгсөн . 1756 онд Кронштедт нэгэн шинэ эрдэс нээсэн бөгөөд энэ нь цеолит байжээ(Челищев, 1987).



Зураг 1. Байгалийн цеолит

2. СУДАЛГААНЫ АРГАЗҮЙ:

2.1. Хүнцэл тодорхойлох фотометрийн арга: Хүнцэл тодорхойлох туршилтандаа зэсийн сульфат ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), давсны хүчил (1:1), натрийн гипофосфит ($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), төмрийн хлорид ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)-ыг тус тус хэрэглэсэн.

Тодорхойлох явц: Судалж буй дээжээс 20мл-ыг таслан авч 50 мл-ын хэмжээт колбонд хийн 10 мл HCl /1:1/ +15 мл найрлагат урвалж нэмнэ. Буцалмал халуун устай ваннд 40минут тавина/хяналтын сорьцонд 1 мл 10% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ нэмнэ/. Дараа нь огцом хүйтэн усанд хөргөөд хэмжээс хүртэл HCl /1:1/-ээр дүүргэнэ. 530-550 нм долгионы уртад хэмжилтийг хийнэ.

2.2. Статик нөхцөлд As(III) As(V)-ыг адсорбцлох туршилт: As(III) болон As(V)-ын 50мг/л концентрацитай уусмалуудыг тус тус бэлдэж, цеолит: уусмалыг 1:10 харьцаагаар аван адсорбцын процессийг явуулсан(Siddhesh Shevade, Robert G.Ford 2004).

2.3. Динамик нөхцөлд туршилтыг явуулах:

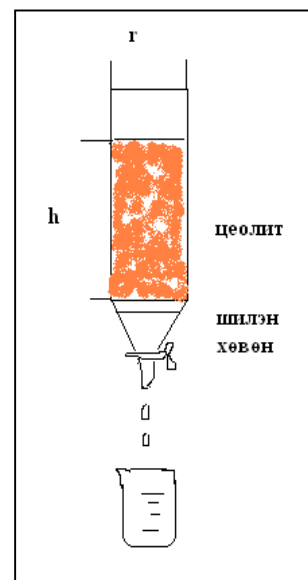
А. Колонкийн эзэлхүүнийг олно.

$$V = \pi * r^2 * h$$

В. Колонкоос гарч буй уусмалын урсгалын хурдыг тохируулна.

$$Q = V/t$$

С. Колонконд 1 мм-н ширхэглэгтэй цеолитыг байрлуулан As(III)-50 мг/л уусмал бэлтгэн, колонкон дундуур нэвтрүүлнэ



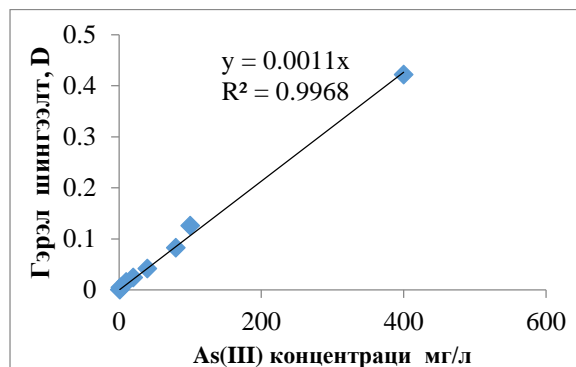
Зураг 2. Динамик нөхцөлд явуулах туршилтын загвар

3. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

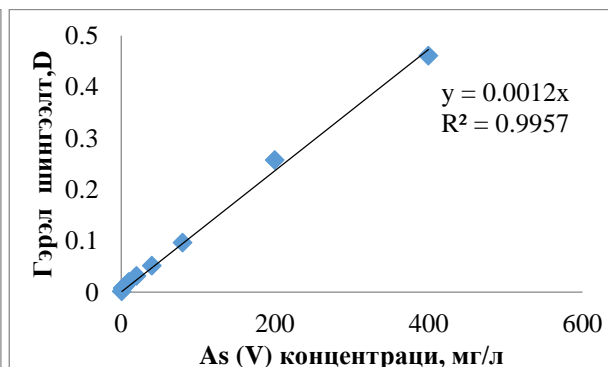
3.1 Уусмалаас As(III) , As(V)-ыг адсорбцлох туршилтын дүн:

3.1.1 Цеолитын ширхэглэгээс хамааруулан судалсан дүн

Цеолитоор хүнцлийг адсорбцлон зайлуулах туршилт хийхийн тулд As(III), As(V)-ын стандарт уусмалууд бэлдэн жиших муруй байгуулсан. Гэрэл шингээлт As(III)-ийн концентрациас хамаарах хамаарал 99.6% ($r^2 = 0.996$), As(V) концентрациас хамаарах хамаарал 99.5% ($r^2 = 0.995$) байх жиших муруйг байгуулсан.

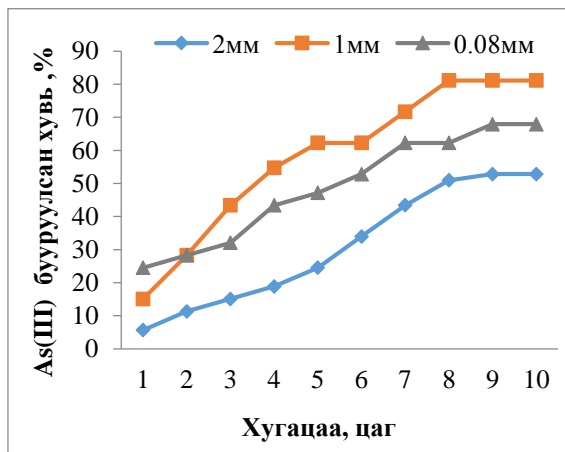


Зураг 3. As (III)-ийг тодорхойлох жиших муруй

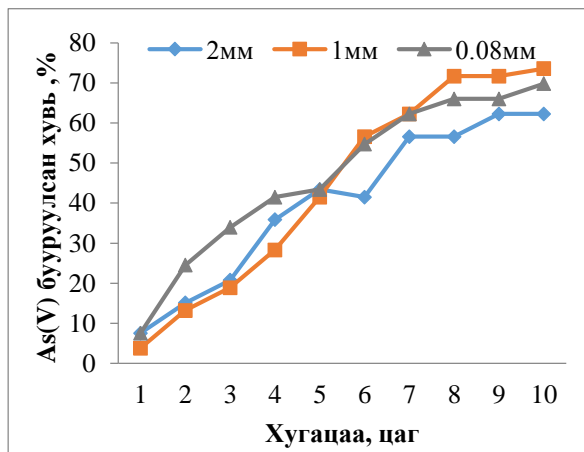


Зураг 4. As (V)-ийг тодорхойлох жиших муруй

Цагаанцавын цеолитоор усан уусмалаас хүнцэлийг зайлуулах туршилт хийхдээ цеолитын ширхэглэгээ нь хамааруулан судалсан. Үүнд: цеолитын жижиглэлтийн хэмжээг 0.08 мм, 1 мм, 2 мм байхаар дээжийг нунтаглаж бэлтгэсэн. Цеолитын нунтаглалтаас хамааруулан 20 г цеолит авч 200 мл 50 мг/л As(III), As(V)-ын стандарт уусмалтай үйлчлүүлэн, 10 цагийн турш цаг тутамд As(III), As(V)-ын агуулгыг спектрофотометрийн аргаар хэмжсэн. Туршилтын үр дүнг зураг 5, зураг 6-т тус тус үзүүлэв.



Зураг 5. As (III)-ын агуулга цеолитын ширхэглэг болон хугацаанаас хамаарсан хамаарлын муруй



Зураг 6. As (V)-ын агуулга цеолитын ширхэглэг болон хугацаанаас хамаарсан хамаарлын муруй

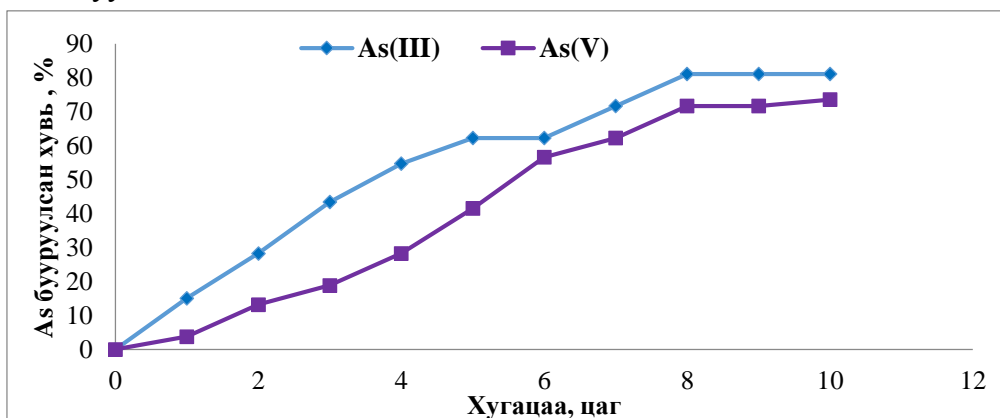
Хүснэгт 1. Цеолитыг ширхэглэгээс хамааруулан As(III) болон As(V)-г бууруулсан дүн

Ширхэглэг, мм	Хугацаа, цаг	As(III) бууруулсан хувь, %	As(V) бууруулсан хувь, %
0.08	8	67.9	69.8
1.0		81.1	73.5
2.0		52.8	62.2

Мөн As(III), As(V)-г бууруулах туршилтын үр дүнг харахад 1 мм-ын ширхэглэгтэй цеолит нь бусад ширхэглэгийг бодвол хамгийн сайн шингээн авч байгааг харж болно. Үүнээс үндэслэн хаягдал усан дахь As(III) болон As(V)-ын агуулгыг багасгах судалгааг явуулахад цеолитын ширхэглэг нь 1 мм байхад тохиромжтой гэж үзлээ.

3.1.2 As(III), As(V) цеолитод адсорбцлогдох зохистой хугацааг тогтоох:

50 мг/л агуулгатай As(III) болон As(V)-ын стандарт уусмал бэлдэж, 1 мм-ын ширхэглэгтэй цеолит авсан. Цеолит, уусмалыг 1:10 харьцаагаар хольж цаг тутам хүнцэлийн агуулгыг хэмжинэ.

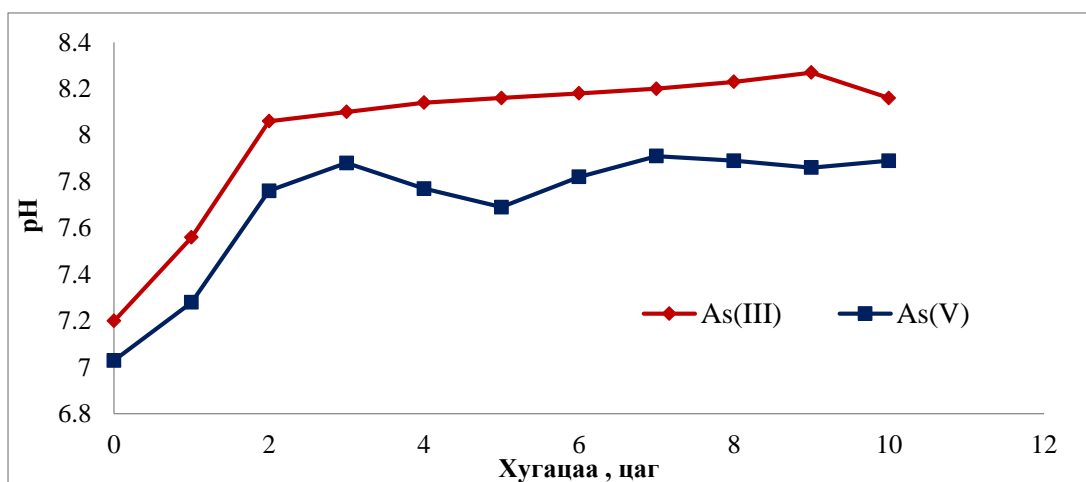


Зураг 7. Цеолитод адсорбцлогдсон As(III), As(V)-ын хэмжээ хугацаанаас хамаарсан хамаарал

Зураг 7 -аас харахад 8 цагаас хойш хүнцэлийн хэмжээ харьцангуй тогтмол болж байгаа тул хүнцэлийн хэмжээ цеолитод адсорбцлогдох зохистой хугацааг 8 цаг гэж тогтоон туршилтыг 8 цаг явуулахад хангалттай гэж үзэж байна. Мөн 1мм ширхэглэгтэй цеолитоор адсорбци явуулсны дараах As(III) болон As(V)-н агуулгыг хугацаанаас хамааруулан тэдгээрийг харьцуулж үзэхэд As(III)-ыг илүү сайн шингээн авч байна.

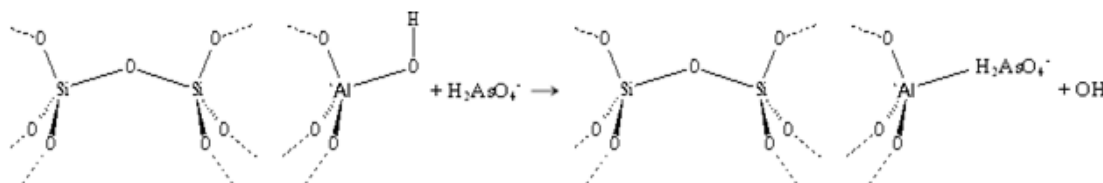
3.1.3 Уусмалын рН-ын өөрчлөлтийг судлах

As(III), As(V) –ыг 1 мм-ийн ширхэглэгтэй цеолитоор 8 цагийн турш адсорбцын процесс явуулж цаг тутам рН-ыг хэмжинэ.



Зураг 8. Адсорбцын процессийн үед уусмалын рН хугацаанаас хамаарсан хамаарал

As(III) болон As(V)-ыг цеолитоор адсорбцолсон туршилтын дүнд уусмалын рН=7-8 болтол өссөн байна. Энэ нь цеолитын найрлаганд агуулагдах Al-OH (алюминол бүлэг) тай арсенит, арсенат ионууд харилцан үйлчлэлцсэний дүнд OH⁻ ион ялгарч уусмалын рН ихсэж байгаагай холбоотой байж магад гэсэн дүгнэлт хийлээ. Энэ процесс нь дараах тэгшитгэлээр батлагдана.



Зураг 9. Хүнцэл цеолитод адсорбцлогдох механизм

3.1.4. Динамик нөхцөлд явуулсан үр дүн

А. Колонкийн эзэлхүүнийг олно.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad V = 3.14 \cdot 1^2 \cdot 7 = 21.98 \text{ см}^3$$

В. Колонкоос гарч буй уусмалын урсгалын хурдыг тохируулна.

$$Q = V/t \quad Q_1 = 21.98 \text{ см}^3 / 154 \text{ сек} = 0.15 \text{ см}^3 / \text{сек}$$

С. Колонконд 1 мм-н ширхэглэгтэй цеолитыг байрлуулан As(III)-50 мг/л уусмал бэлтгэн, колонкон дундуур нэвтрүүлсэн.

Динамик нөхцөлд хүнцэлийн агуулгыг цеолитоор бууруулах туршилтыг 0.15 см³/сек хурдтайгаар 2.5 минут явуулахад туршилтын үр дүнгээр хүнцэлийн агуулга 9.8%-иар буурч байгаа нь харагдаж байна.

4. ДҮГНЭЛТ

Алт олборлсоны дараах үүсмэл нуурын усыг судлах дээжээр авсан бөгөөд уг хаягдал ус нь химийн анализын дүнгээр Алекины ангиллын эрдэсжилт багатай кальцийн бүлгийн зөөлөн усанд хамрагдаж байна.

Дулааны идэвхижүүлэлт хийсэн цеолитын концентраци 50%-аар багассан нь байгалийн цеолитоос метилен хөх уусмалыг илүү сайн адсорбцолж байгаа нь цеолитыг 350 °C-д халаахад “цеолитын ус” ууршиж түүний адсорбцлох багтаамж ихэссэнийг SEM болон цеолитын адсорбцын багтаамж тодорхойлсон туршилтын дүнгээр батлагдаж байна. Цеолитыг 350 °C-д 3 цаг дулааны идэвхижүүлэлт хийж, 1мм ширхэгтэй, 1:10 харьцаатай авч 30 минут сэгсрээд 8 цаг тавьж хаягдал усан дахь As(III) болон As(V)-ыг 73.5-81.1% иар бууруулах боломжтойг лабораторийн нөхцөлд туршин тогтоов.

5. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Алтны болон уул уурхайн үйлдвэрлэл, хүрээлэн буй орчны бохирдлын судалгаа (эрдэм шинжилгээний хурал семинар) УБ, 2008. 16-17 хуудас
2. Батгэрэл.Д Монгол орны эрдэс түүхий эдээс өндөр идэвхт сорбент гарган авах физик химийн судалгаа Э.Ш. ний ажлын тайлан, УБ., 2006, 4-6 хуудас
3. Борис.Л Дорноговь аймгийн Цагаанцавын цеолитын ордын 1986-1987 онд хийсэн эрэл, үнэлгээний ажлын үр дүнгийн тайлан, УБ. 1989он.Гео.фонд., 25-35 хуудас
4. Хүнцэл түүний коллоид уусмалын өнгөөр тодорхойлох фотоколориметрийн аргын мэдээллийн тайлан, Геологи, уул уурхайн үйлдвэрийн яам, Геологийн төв лаборатори, УБ, 1986.
5. Siddhesh Shevade , Robert G.Ford Use of synthetic zeolite for arsenate removal from pollutant water” - 2004 www. Elsevier .com
6. Трифонов Д.Н. Трифонов В.Д “Химийн элемент хэрхэн нээсэн тухай” улсын хэвлэл Улаанбаатар-Мир Москва , 39-40 хуудас
7. Челищев.Н.Ф “Цеолиты новый тип минерального сырья” Москва 1987. 67-76 стр
8. Эрдэнэцэцэг. Ц “Усан уусмалаас As(III)-ыг биологийн аргаар исэлдүүлж хогүйжүүлэх” бакалаврын дипломын ажил УБ хот 2010 он, 10 хуудас
9. Shevade S , Ford R , Puls R. Arsenic separation from water using zeolites. Am Chem Soc Div Environ Chem 2001