

P. Heitland SPECTRO Analytical Instruments, Boschstr. 10, D-47533 Kleve

W.Fresenius, K.E. Quentin, W. Schneieder, Water analysis. A Practical guide to Physico-Chemical, Chemical and Microbiological water examination and Quality assurance

Method 7740 Selenium (atomic absorption, furnace technique)

Method 7741 Selenium (atomic absorption, gaseous hydride)

Analysis of soil and sewage sludge by ICP-OES P. Heitland SPECTRO Analytical Instruments, Boschstr. 10, D-47

ЦАХИЛГААН-ИСЭЛДЭЛТИЙН ДАРААХ АЛТНЫ ХҮДРИЙН УУСМАЛААС АЛТ БОЛОН БУСАД МЕТАЛЛЫГ ЯЛГАХ БОЛОМЖ

Д.ГАНЦЭЦЭГ¹, Д.ДАРЖАА², Д.ДОРЖ²
Геологийн төв лаборатори¹, МУИС, Химийн Факультет²,
darjaa@num.edu.mn

Товч агуулга

Алт олборлолтын дараах үлдэгдэл хүдэр (хар шлих) болон боловсруулахад хүндрэлтэй алтны үндсэн ордын хүдрийг хүчиллэг орчинд цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар уусган, усан орчинд шилжсэн алтыг ялган авах боломжийг тогтоох судалгаа хийгдсэн. Судалгаанд Төв аймгийн Заамарын Баянголын алтны үйлдвэрийн алт олборлолтын дараах үлдэгдэл хүдэр (хар шлих)-ыг ашигласан. Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалаас алтыг гидразинаар ангижруулахад, NaCl-ын 10%-ын усан уусмалын электролизын дүнд үүссэн хүчтэй исэлдүүлэгчид (ClO , ClO_3^- , $\text{Cl}_{2(\text{aq})}$) болон уусмалд шилжсэн хүдрийн үндсэн элементүүд гидразинтай урвалд орж, урвалжийн хэт зарцуулалт үүсгэн алтны ангижралтыг эрс бууруулж байна. Уусмалд шилжсэн хүдрийн үндсэн элементийг (Fe, Ti зэрэг) уусмалын орчныг шүтлэгжүүлэх замаар ($\text{pH}=4-11$, $E_h=1.0-0.1$ V) бүрэн ялгах боломжтой байгаа ч алт тэдгээр элементүүдийн хамт тунадасжин ялгарч байна. Цахилгаан-

исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн усан уусмалаас алтыг изоамилийн спиртээр экстракцлан салгасны дараа гидразинаар тунадасжуулан 99.99%-ийн цэвэршилттэй алт ялгах боломжтой байна.

Оршил

Манай оронд алт олборлолт жилээс жилд өсөн нэмэгдэж, үүнтэй уялдан алт болон үнэт мяталлыг хаягдалгүй, байгаль орчинд хор хөнөөлгүйгээр бүрэн боловсруулах асуудал зүй ёсоор дэвшигдэн гарч байна. Манай орны хувьд, голчлон шороон ордуудаас алтыг гравитацийн аргаар олборлож, мөнгөн усаар амальгамдан ялгаж байгаа ба цөөн хэдэн газар цианжуулалтаар алт ялгаж байна.

Гэвч эдгээр технологиуд нь байгаль орчинд үзүүлэх хор хөнөөл өндөр, хаягдал ихтэй, хүдэр дэх алтны 30-40% нь хаягддаг байна. Алт ялгах үйлдвэрүүдийн хаягдалд хийсэн шинжилгээнээс үзэхэд хаягдлын ихэнхийг 0.56мм-ээс жижиг ширхэгтэй алт эзэлж байгаа юм. [1, 2].

Жижиг ширхэгтэй, боловсруулахад хүндрэлтэй үндсэн ордын алтыг гравитацийн болон гидрометаллургийн аргуудыг хослуулан хэрэглэх замаар ялган авах нь илүү үр ашигтайд тооцогддог. Гэвч тухайн аргын сонгомол чанар, үр ашиг, байгаль орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөө зэрэгээс алт олборлолтын хэтийн төлөв шууд хамаардаг байна. [5, 7].

Алтыг уусгах гидрометаллургийн аргаас алтыг цианидаар боловсруулах болон амальгамдах арга харьцангуй багасч электрохимийн арга, тиокарбамидын арга, тиосульфатын арга, биобактераар уусгах зэрэг аргууд алт олборлолтонд өргөн нэвтэрч байна. [5, 7, 8]. Эдгээр аргуудаас тиокарбамидын болон цахилгаан-исэлдэлтийн аргуудыг сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй судлан, боловсруулахад хэцүү хүдэр болон, хүхэрлэг хүдэрт нуугдмал байдлаар агуулагдах алтыг бүрэн уусгахад илүү тохиромжтой гэж үзэж байна. Цианид, хүчил, тиокарбамидын усан уусмалаас алтыг ялгасан судалгаа харьцангуй олон хийгдсэн байдаг боловч цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар хүдрийг уусгасан усан уусмалаас алтыг ялгасан судалгаа хомсхон байдаг [5, 6, 7]. Усан уусмалаас алт ялгахад электрохими, цементаци, ангижруулагчийн байлцаатай шүлтлэгжүүлэх, экстракци болон тунадасжуулах аргыг электрохимийн аргатай хослуулан хэрэглэх зэрэг олон арга судлагдсан байна [10, 11].

Бидний өмнө хийсэн судалгааны ажлаар [3, 4] боловсруулахад хүндрэлтэй алтны үндсэн ордын хүдэр болон алтны үйлдвэрийн үлдэгдэл хүдэр болох хар шлихийг цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар уусгах боломж судлагдаж, хүчиллэг орчинд алт хлоридын комплекс ионы хэлбэрээр усан орчинд шилжиж байгаа нь тогтоогдон, алтны хүдрийг уусгах зохистой нөхцөл сонгогдсон болно. Мөн энэхүү судалгааны дүнгээр цахилгаан-исэлдэлтийн явцад хүдэрт агуулагдах үндсэн элементүүд алтны хамт усан орчинд бүрэн шилжиж, алтыг тунадасжуулан ялгахад саад болж байгаа нь шалгагдсан [3, 4]. Иймд, цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалаас алт болон бусад металлыг ялган авах боломж, зохистой горимыг тогтоох зорилгоор энэхүү судалгааг явуулсан.

Судалгаанд ашигласан дээж, анализын арга

Судалгаанд Төв аймгийн Заамарын алтны үйлдвэрийн алт олборлолтын дараах үлдэгдэл хар шлихээс авсан дээжийн химийн анализын дүнг Хүснэгт-1, ширхэглэгийн бүтцийн шинжилгээний дүнг Хүснэгт-2 -д харуулав.

Алт олборлолтын дараах алтны үлдэгдэл хүдэр хар шлихийн дээжээс туршилт бүрд 20-30 граммыг авч өмнөх судалгаанд ашигласан электролизын багажинд, тогтоогдсон нөхцөлд [3, 4] 6 цагийн турш цахилгаан-исэлдэлт явуулж, нийт 100 грамм дээж уусган шүүгдсийг нийлүүлэн алтны агуулга ихтэй хүдрийн уусмал гарган авсан. Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалд хүдэрт хамгийн их хэсжээгээр агуулагдаж байсан элемент ямар хэмжээгээр ууссаныг тогтоох зорилгоор химийн анализ хийн дүнг Хүснэгт-3 -д харуулав. Цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар алтны хүдрийг уусгахад усан орчинд шилжсэн төмрийг титрметрийн аргаар, алт, мөнгө, титаныг фотометрийн аргаар тодохойлсон.

**Заамарын Баянголын үйлдэрийн алт олборлолтын дараах үлдэгдэл хүдэр
(хар шлих)-ийн химийн тоон шинжилгээний дүн**

Хүснэгт-1

Элемент	ГТЛ-д шинжилсэн дүн, %	ХБНГУ-ын BGR-д шинжилсэн дүн, %	Элемент	ГТЛ-д шинжилсэн дүн, %	ХБНГУ-ын BGR-д шинжилсэн дүн, г/т
SiO ₂	3.0	2.56	Au г/т	157	-
TiO ₂	39.0	38.89	Ag г/т	9.28	-
Al ₂ O ₃	6.64	0.71	Sb	0.005	19
Fe ₂ O ₃	58.12	57.20	Cu	<0.01	37
FeO	32.60	-	Zn	68.57	220
CaO	<0.3	0.65	Pb	<0.02	11
MgO	0.21	0.29	Ni	<0.005	19
Na ₂ O	0.17	<0.01	Co	0.003	49
K ₂ O	0.12	0.068	Cr	0.02	<3
P ₂ O ₅	0.06	0.063	As	<0.02	8
MnO	1.21	1.14	Zr	-	966
SO ₃	<0.10	<0.01	V	-	2265
ШХ	0.28	0.30	Sr	-	191
CO ₂	<0.4	-	Sc	-	37
H ₂ O	0.12	-	Cs	-	85

**Заамарын Баянголын алтны үйлдвэрийн алт олборлолтын дараах
үлдэгдэл хүдэр (хар шлих)-ийн ширхэглэгийн бүтэц**

Хүснэгт-2

№	Нунтаглагдсан дээжийн ширхэглэгийн хэмжээ, мм	Эзлэх хэмжээ масс, %
1	0.1-ээс том	3.3
2	0.1-0.071	14.8
3	0.071-0.063	7.1
4	0.063-аас жижиг	74.8

Алт олборлолтын дараах алтны үлдэгдэл хүдэр хар шлихийн дээжээс туршилт бүрд 20-30 граммыг авч өмнөх судалгаанд ашигласан эликтролизын багажинд, тогтоогдсон нөхцөлд [3, 4] 6 цагийн турш цахилгаан-исэлдэлт явуулж, нийт 100 грамм дээж уусган шүүгдсийг нийлүүлэн алтны агуулга ихтэй хүдрийн уусмал гарган авсан. Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалд хүдэрт хамгийн их хэсжээгээр агуулагдаж байсан элемент ямар хэмжээгээр ууссаныг тогтоох зорилгоор химийн анализ хийн дүнг Хүснэгт-3 -д харуулав. Цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар алтны хүдрийг уусгахад усан орчинд шилжсэн төмрийг титрметрийн аргаар, алт, мөнгө, титаныг фотометрийн аргаар тодохойлсон.

Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн
уусмал дахь үндсэн элементүүдийн агуулга

Хүснэгт-3

Элемент	Агуулга, мг/мл	Элемент	Агуулга, мг/мл
Au	1.49	Fe	134.40
		Ti	290.0

Хүснэгтнээс харахад алтны хүдрийг цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар уусгахад усан уусмалд алтаас дунджаар 90 дахин их төмөр, 194 дахин их титан агуулагдаж байна. Иймд харьцангуй бага агуулгатай алтыг усан орчиноос гидразинаар ангижруулан ялгахын тулд уусмалд их хэмжээтэй агуулагдаж байгаа төмөр, титаныг урьдчилан зайлуулах шаардлагатай гэж үзсэн.

Алтны хүдрийн дээж, алтны хүдрийн уусмалаас ялган авсан тунадас болон уусмалаас тунадасжуулан ялган авсан алтанд хийсэн рентгендифрактометр (XRD); рентгенфлуоресценц (X-Ray), индукцийн холбоотой плазмын спектрометр (ICP) -ийн шинжилгээг Геологийн төв лаборатори, МУИС-ийн ФЭС-ийн Рентген бүтцийн лабораторид хийсэн. Дээжин дэх алт, төмөр, титан зэрэг элементүүдийн агуулгыг Химийн Факультетийн Үнэт, ховор элементийн химийн лабораторид титриметрийн, фотометрийн болон жингийн аргаар тодорхойлсон.

Hanna Instruments HI 9308, HI 9017 багажуудыг ашиглан уусмалын pH болон исэлдэн-ангжрах потенциал ($E_h = \square$)-ыг тогтмол хянаж байсан. Уусмалын шүлтлэг орчинг тогтмол барихад NaOH-ын 2N-ын уусмал болон дуслын системийг ашигласан.

Судалгааны үр дүн, хэлэлцүүлэг

Цахилгаан исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн усан уусмалд

агуулагдах үндсэн металлыг салгах боломжийг туршсан дүн

Цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар хүдрийг уусгах явц хүчтэй хүчиллэг орчинд ($pH=2-3$) явагдсан тул усан уусмалд их хэмжээтэй шилжсэн металлуудын E_h -pH диаграммыг үндэслэн уусмалын орчинг хүчиллэгээс шүлтлэг болгох замаар тэдгээрийг дэс дараалан тунадасжуулан ялгах боломж байж болно гэж үзсэн. Төмөр, титан E_h -pH диаграмм [9] -аас харахад, уусмалын $pH=6-12$, $E_h=0.8V-0.5V$ байхад төмөр, титан гидроксид байдлаар тунадасжин салах боломжтой байсан тул алтны хүдрийн уусмалын орчинг өөрчлөн, харгалзах исэлдэн-ангжрах потенциалыг хэмжих замаар тэдгээр элементүүдийг салгах туршилт явуулсан. Цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар алтны үйлдвэрийн үлдэгдэл хар шлихээс 100 граммыг уусган, гарган авсан 100 мл уусмалын pH болон исэлдэн ангжрах потенциалыг хэмжихэд $pH=1.0$, $\phi=1.033 V$ байлаа. Анализын уусмалыг тогтмол хурдтай хутган (2 эргэлт /сек.) NaOH-ын 2 N-ын уусмалаас дуслаар нэмэн уусмалын pH-ыг аажмаар өсгөж 2-4, 6-8, 8-11 гэсэн 4 мужид тогтмол барьж байсан. Уусмалын pH тогтмол болж ирэх үед хутгалтыг зогсоож pH-ын тодорхой мужид харгалзах уусмалын исэлдэн-ангжрах потенциалыг хэмжин, энэ үед буусан тунадасыг шүүж ялгаад X-Ray анализ хийсэн.

Туршилтын явцыг бүдүүвчлэн Зураг 1-д үзүүлэв. Уусмалын орчны өөрчлөлт бүрт харгалзах тунадасны X-Ray анализын дүнг Зураг 2-4-р харууллаа.

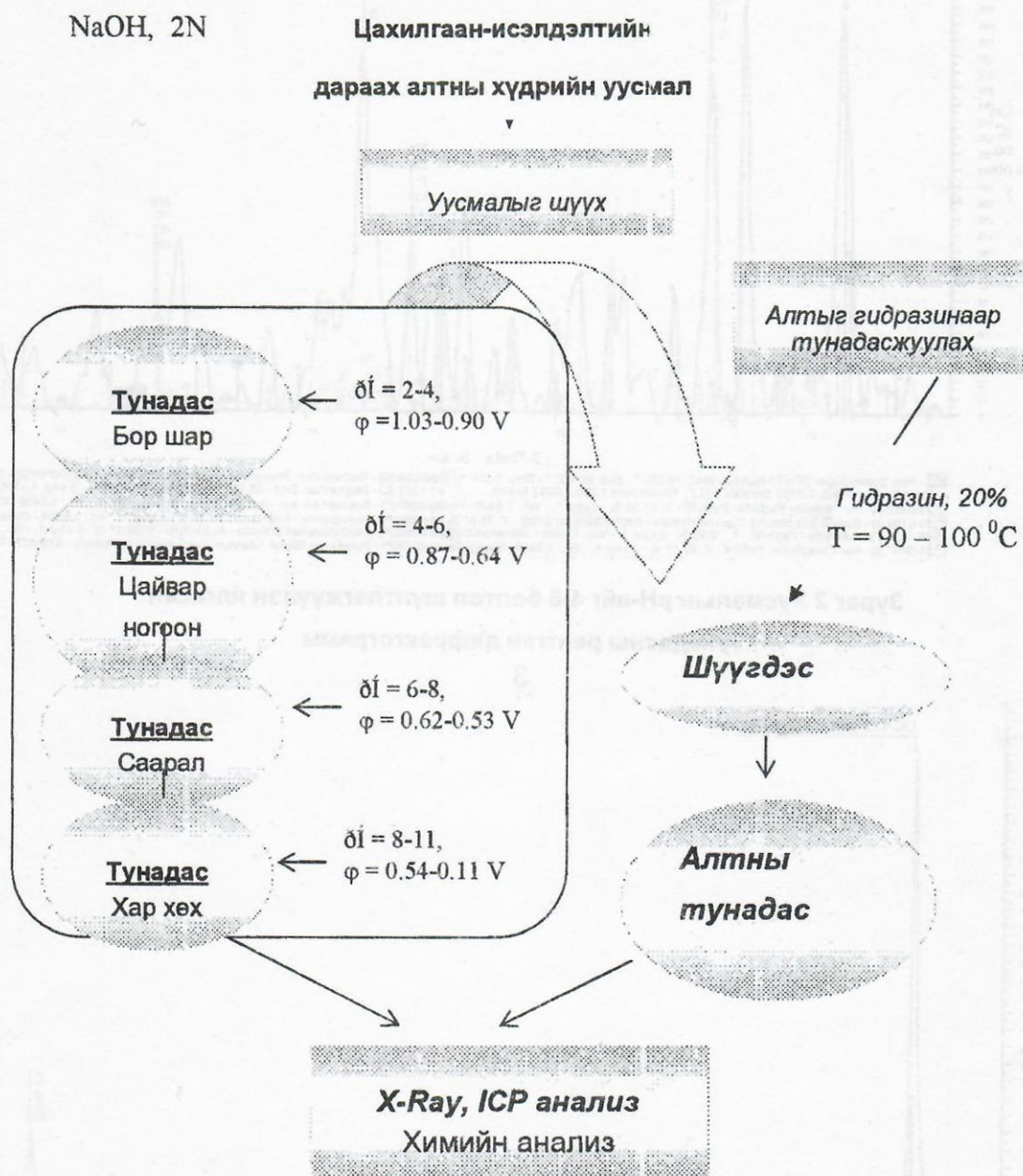
Тунадасанд хийсэн X-Ray анализын дүнгээс харахад цахилгаан-исэлдэлтийн явцад алттай хамт усан орчинд шилжсэн металлууд уусмалын орчны өөрчлөлтөөр дараалан тунадасжиж уусмалаас салах боломжтой нь харагдаж байна. Тухайлбал pH = 4-6 үед төмөр, титан, цайр, хөнгөнцагаан, pH = 6-8 үед төмөр, титан, pH = 8-11 үед төмөр, цайр, титан тунадасжсан байна. Уусмалын орчны өөрчлөлтийн бүх мужид ялгасан тундсанд алтны хүдрийн уусмалд их хэмжээгээр агуулагдаж байсан төмөр, титаны спектр шугам илэрч байсан тул тунадасыг химийн аргаар уусган алт, төмөр, титаны агуулгыг нарийвчлан тогтоосон. Уусмалын орчны өөрчлөлтийн муж бүрт үүссэн тунадаст хийсэн химийн анализын дүнг Хүснэгт-4-д үзүүлэв

**Алтны хүдрийн уусмалын Eh-pH-ийн өөрчлөлтөөр үүссэн
тунадасны химийн анализын дүн**

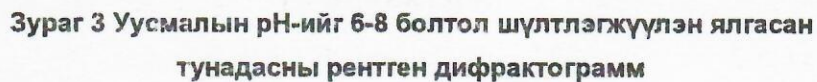
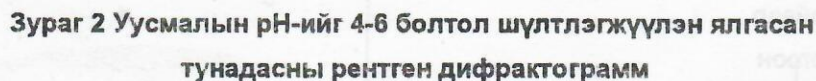
Хүснэгт-4

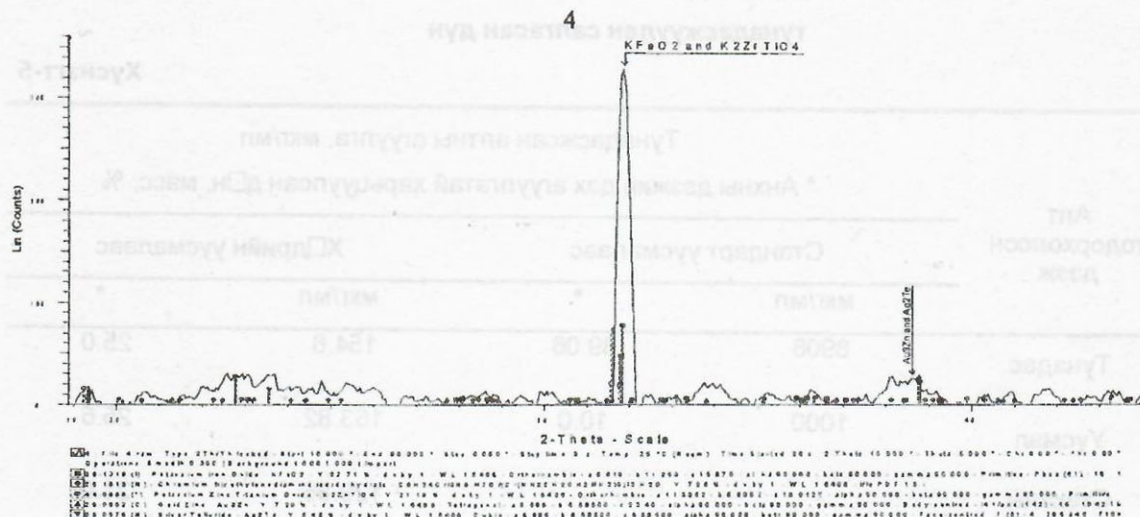
Тунадас	Тунадас дахь элементүүдийн агуулга, мкг/мл					
	* Анхны дээж дэх элементийн агуулгатай харьцуулсан хэмжээ, масс %					
	Au		Fe		Ti	
	мкг/мл	*	мкг/мл	*	мкг/мл	*
pH=2-4, φ=1.03-0.90 V	18.77	3.03	49744	89.58	107.42	91.10
pH=4-6, φ=0.90- 0.65 V	2.98	0.48	330.53	0.59	2.34	1.95
pH=6-8, φ=0.62- 0.53 V	48.38	7.82	454.48	0.82	3.55	2.96
pH=8-11, φ=0.54- 0.11 V	35.43	5.73	644.53	1.16	0.46	0.38
Нийлбэр агуулга	105.56	17.06	51173	92.15	113.77	96.39

Химийн анализын дүнгээс харахад уусмалын орчинг өөрчлөхөд алтны хүдрийн уусмал дахь төмөр, титан зэрэг үндсэн металл тунадасжин салах боломжтой байна. Уусмал дахь төмрийн ≈ 90% , титаны 91% , уусмалын орчин pH = 2-4 үед тунадасжиж байгаа боловч хүчтэй шүлтлэг (pH=11) орчинд ч тэдгээр элементүүд уусмалаас бүрэн тунадасжихгүй байна. Түүнчлэн уусмалын орчны өөрчлөлтийн бүх мужид алт даган тунадасжиж байсан бөгөөд pH = 6-8, φ = 0.62-0.53 V байх үед алтны тунадасжилт хамгийн их байгаа нь ууссан алт муу уусдаг оксид хэлбэрт шилжсэнтэй холбоотой байж болно.



Зураг 1 Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалаас алт болон үндсэн металлыг ялгах бүдүүвч





Зураг 4 Уусмалын рН-ийг 4-6 болтол шүлтлэгжүүлэн ялгасан тунадасны рентген дифрактограмм

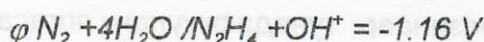
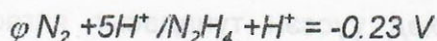
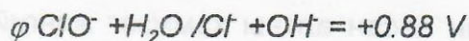
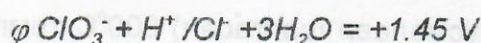
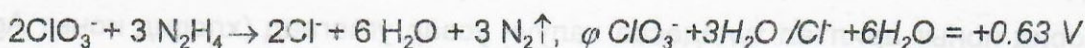
Иймд алтны хүдрийн уусмалаас үндсэн металлыг ялгахаас өмнө бага агуулгатай алтыг усан орчноос салгах үр ашигтай бусад аргуудыг сонгон турших шаардлагатай болох нь харагдсан. Уусмалын орчныг өөрчлөх үед үүссэн тунадасыг бүрэн салгасны дараа уусмал дахь алтыг гидразинаар тунадасжуулах туршилтыг явуулсан. Үүний тулд шүүгдсийг 60°C хүртэл халаан 10 мл, 20% гидразины уусмал нэмж буцалтал халаасан. Хэсэг хугацаанд хөдөлгөөнгүй байлгахад алтны бор өнгийн тунадас буусан. Уусмалыг шүүж, хлорид ионыг арилтал тунадасаа халуун усаар угаагаад (хлорид ионыг AgNO_3 -ын уусмалаар шалгасан) 600°C температурт 1.5 цаг шатаах зууханд шатаасан. Гарган авсан алтны хэмжээг жингийн аргаар тодорхойлсон. Уусмалын орчныг өөрчлөхөд үүссэн тунадасыг ялгасаны дараа хүдрийн уусмал дахь алтыг гидразинаар тунадасжуулан ялгасан дүнг алтны стандарт уусмалаас алтыг гидразинаар тунадасжуулан ялгасан дүнтэй харьцуулан Хүснэгт-5 -д үзүүлэв.

Алтны хүдрийн уусмалаас алтыг гидразинаар
тунадасжуулан салгасан дүн

Хүснэгт-5

Алт тодорхолсон дээж	Тунадасжсан алтны агуулга, мкг/мл			
	* Анхны дээжин дэх агуулгатай харьцуулсан дүн, масс, %			
	Стандарт уусмалаас		Хүдрийн уусмалаас	
	мкг/мл	*	мкг/мл	*
Тунадас	8906	89.06	154.6	25.0
Уусмал	1000	10.0	163.82	25.6
Стаканы хананы өнгөр	-	-	129.86	21.0
Нийт		99.06	448.28	72.5

Туршилтын үр дүнгээс харахад хүдрийн уусмалаас алтны тунадасжих хэмжээ стандарт уусмалд хийсэн үр дүнгээс маш бага гарсан төдийгүй тунадасжуулалтанд шаардлагатай гидразины зарцуулалт хэт өндөр байсан. Үүнийг цахилгаан-исэлдэлтийн дараах усан уусмалд агуулагдах хүчтэй исэлдүүлэгчид (ClO^- , ClO_3^-) гидразинтай дараах тэгшитгэлийн дагуу урвалд орж, мөн хүдрийн уусмал дахь үндсэн металлыг ангижруулахад гидразин зарцуулагдсантай холбоотойгоор урвалжийн зарцуулалт ихсэн, алтны тунадасжилт эрс буурсан гэж үзсэн.



Иймд усан уусмалд их хэмжээгээр агуулагдах хүчтэй исэлдүүлэгчид болон бусад элементийн нөлөөнөөс алтыг зайлуулах боломжийг дараагийн ээлжинд судалсан.

**Электролизын дараах усан уусмалаас
алтын экстракцлан тунадасжуулсан дүн**

Цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар алтны хүдрийг уусган усан орчинд шилжсэн алтыг гидразинаар ангижруулан ялгахад уусмалд үүссэн хүчтэй исэлдүүлэгч болон уусмалд шилжсэн хүдрийн үндсэн элементүүд их хэмжээгээр саад болж байсан. Нөгөө талаар уусмалд шилжсэн хүдрийн үндсэн элементийг тунадасжуулан зайлуулах явцад алт 17% хүртэл хэмжээгээр тунадасжин алдагдаж, алт ангижруулах урвалж хэт их хэмжээгээр зарцуулагдаж байсан тул алтыг уусмалаас экстракцлан ялгах судалгааг явуулсан.

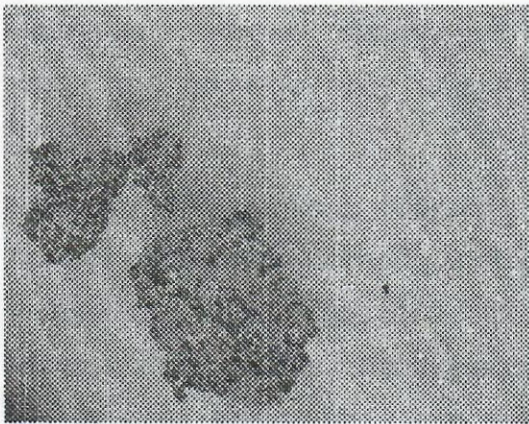
Усан орчноос алт ялгах экстрагентаас изоамилийн спирт (3-метилбутанол-1, чистый ГОСТ 5830-79) алтны хувьд сонгомол, сайтар шалгагдсан арга [10, 11] учраас энэхүү судалгаанд сонгон, цахилгаан-исэлдэлтийн дараах хүчтэй исэлдүүлэгч агуулсан усан орчноос алт ялгах боломжтой эсэхийг турших судалгаа явуулсан.

Алт олборлолтын дараах хар шлихийн дээжийг цахилгаан-исэлдэлтийн аргаар уусган шүүж, шүүгдсийн эзэлхүүнийг 200 мл болтол ширгээгээд уусмал ба изоамилийн спиртийн эзэлхүүний харьцаа 20:1 байхаар холин 2 - 3 минутын турш сэгсэрч экстракцийг хоёр давталттайгаар явуулсан. Органик үеийг хуваагч юүлүүрээр салган нийлүүлээд органик үе ба усны эзэлхүүний харьцаа 1:2 байхаар халуун ус болон давсны хүчлийн гидразин ($\text{H}_4\text{N}_2 \cdot 2\text{HCl}$)—ын талстаас хийж сэгсрэн буцаах экстракци (реэкстраци) явуулсан. Усан үед үүссэн алтны хүрэн бор өнгийн тунадасыг органик үеээс ялган авсаны дараа органик фаз дах алт бүрэн тунадасжтал халуун ус болон давсны хүчлийн гидразин ($\text{H}_4\text{N}_2 \cdot 2\text{HCl}$) талстаас нэмж буцаах экстракцийг давтан явуулна. Усан уусмал дахь тунадасаа үнсгүй фильтрээр шүүж хлорын ионыг арилтал усаар угаана. Тунадасыг тигельд шилжүүлэн хатаагчид хатаасны дараа шатаах зууханд хийн 900°C температурт 10 минут шатааж алт ялган авсан. Судалгааны үр дүнг харьцуулах зорилгоор алтны хүдэр (шлих)-ийн ижил дээжинд пробирийн шинжилгээний аргаар алт ялган тодорхойлох судалгааг зэрэгцээ явуулсан. Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах хүдрийн усан уусмалаас ялган авсан алт болон алтны хүдрээс пробирийн аргаар ялгасан алтны зургийг Зураг 5 -ын А, В-д харуулав.

Ялган авсан алтны дээжүүдэд дэлхийн каталог дахь алтны "4-0784 Gold" кодтой харьцуулан рентгендифрактометрийн (XRD) шинжилгээг хийж дүнг Зураг 6 –ын (А), (В) -д; рентгенфлуоресценцийн (X-Ray) шинжилгээ хийж дүнг Зураг 7 -ын (А), (В) -д тус тус үзүүлэв.

Цахилгаан исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн усан уусмалаас ялган авсан алтны дээжинд индукцийн холбоотой плазмын спектрометрийн (ICP) шинжилгээг (Хүснэгт-6) хийхэд Cu, Zn, Ni, Al, Mn, Fe, Cr зэрэг элемент маш бага, 10^{-9} ppb хүртэл маш бага хэмжээгээр илэрсэн нь алтны цэвэршлийн зэрэг өндөр (99.99 %) - байгааг харуулж байна.

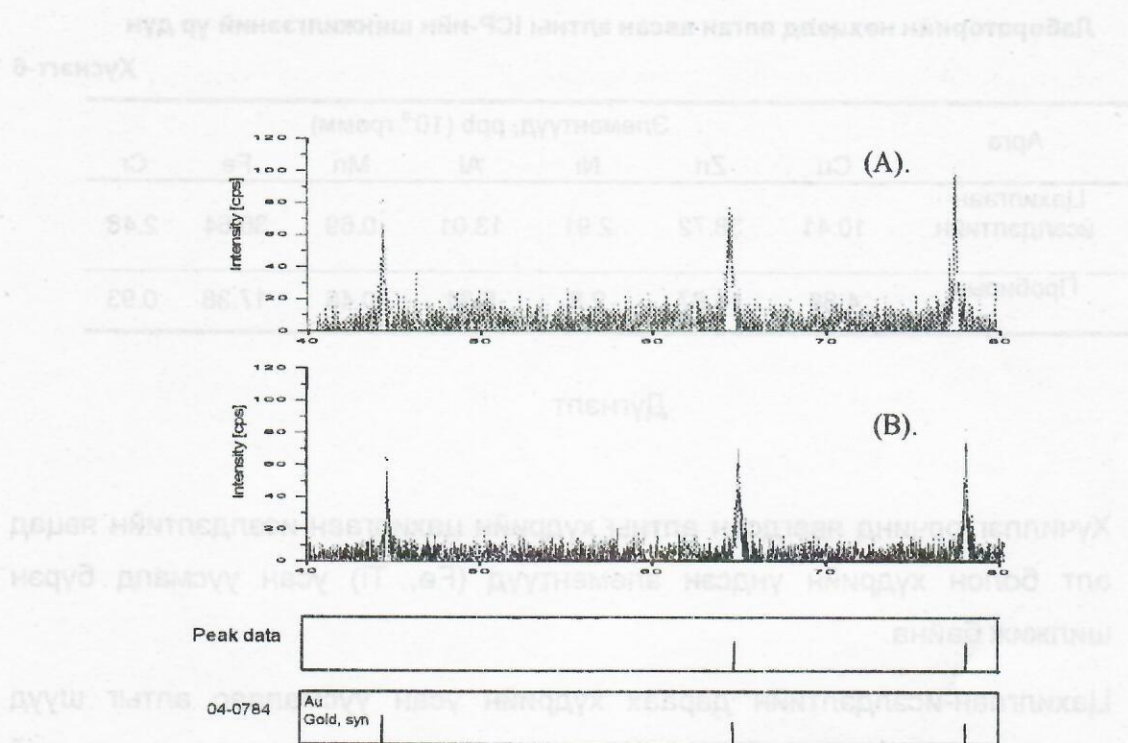
(А).



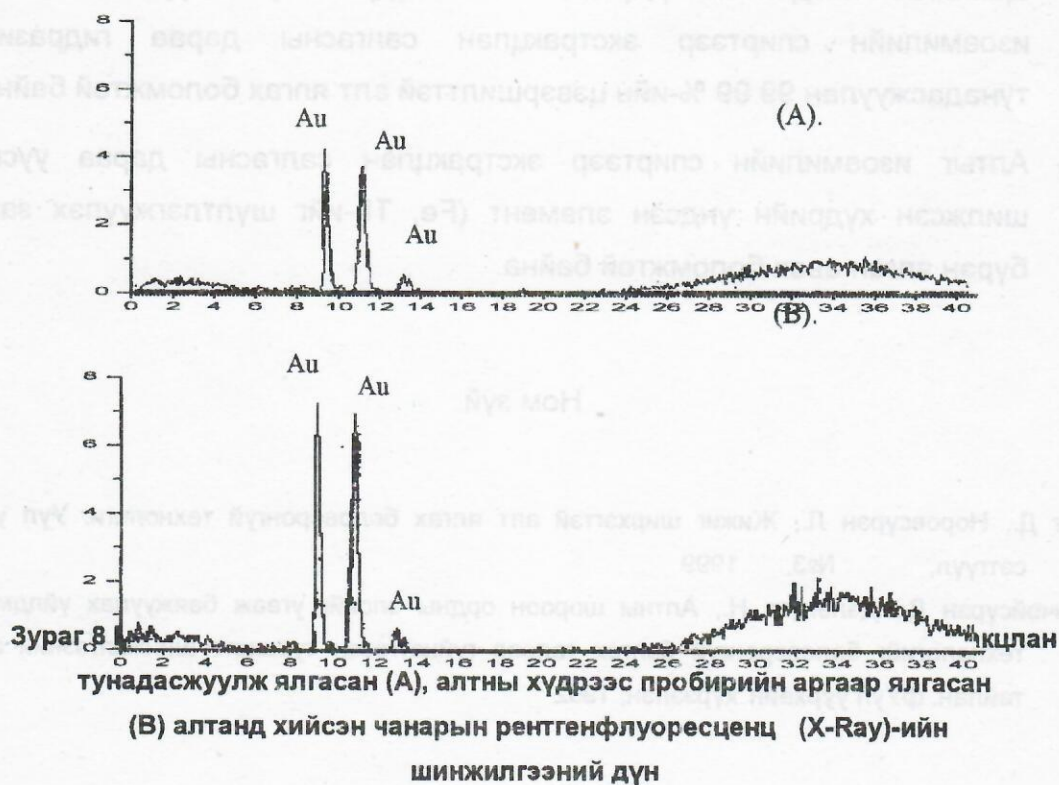
(В).



Зураг 5 Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах хүдрийн уусмалаас экстракцлан, тунадасжуулж ялгасан (А), алтны хүдэр (шлих)-ээс пробирийн аргаар ялгасан (В) алт (35 дахин өсгөсөн, диаметр 0.3*0.4 мм)



Зураг 7 Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн уусмалаас
экстракцлан-тунадасжуулж ялгасан (А), алтны хүдрээс пробирийн аргаар
ялгасан (В) алтанд хийсэн эрдсийн рентгендифрактометр (XRD)-ийн
шинжилгээний дүн



тунадасжуулж ялгасан (А), алтны хүдрээс пробирийн аргаар ялгасан
(В) алтанд хийсэн чанарын рентгенфлуоресценц (X-Ray)-ийн
шинжилгээний дүн

Лабораторийн нөхцөлд ялган авсан алтны ICP-ийн шинжилгээний үр дүн

Хүснэгт-6

Арга	Элементүүд, ppb (10^{-9} грамм)						
	Cu	Zn	Ni	Al	Mn	Fe	Cr
Цахилгаан-исэлдэлтийн	10.41	38.72	2.91	13.01	0.69	36.64	2.48
Пробирын	4.88	16.87	2.8	6.34	0.46	17.38	0.93

Дүгнэлт

- Хүчиллэг орчинд явагдсан алтны хүдрийн цахилгаан-исэлдэлтийн явцад алт болон хүдрийн үндсэн элементүүд (Fe, Ti) усан уусмалд бүрэн шилжиж байна.
- Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах хүдрийн усан уусмалаас алтыг шууд гидразинаар ангижруулан ялгахад уусмалд агуулагдах хүчтэй исэлдүүлэгчид (ClO , ClO_3^- , $\text{Cl}_{2(\text{aq})}$) болон уусмал дахь хүдрийн үндсэн элементүүд (Fe, Ti) гидразинтай урвалд орсноор урвалжийн хэт зарцуулалтыг үүсгэн, алтны ангижралтыг эрс бууруулж байна
- Цахилгаан-исэлдэлтийн дараах алтны хүдрийн усан уусмалаас алтыг изоамилийн спиртээр экстракцлан салгасны дараа гидразинаар тунадасжуулан 99.99 %-ийн цэвэршилттэй алт ялгах боломжтой байна.
- Алтыг изоамилийн спиртээр экстракцлан салгасны дараа уусмалд шилжсэн хүдрийн үндсэн элемент (Fe, Ti)-ийг шүлтлэгжүүлэх замаар бүрэн ялган авах боломжтой байна.

Ном зүй

- Дэлэг Д., Норовсүрэн Л., Жижиг ширхэгтэй алт ялгах боловсронгуй технологи. Уул уурхай сэтгүүл, №3, 1999
- Одончойсүрэн Д., Дэлэгцوو Н., Алтны шороон ордны элсийг угааж баяжуулах үйлдмэрийн технологийг боловсронгуй болгох талаар гүйцэтгэсэн туршилт шинжилгээний ажлын тайлан. ФУул уурхайн хүрээлэн, 1992

Алтны үйлдвэрийн хаягдал болон боловсруулахад хэцүү хүдрээс алтыг уусган, ялгах судалгаа.

Судалгааны төсөл, МУИС, Азийн Судалгааны Төв, Улаанбаатар, 2004

Ts.Darjaa, D.Dorji, D.Gantsetseg, Kh.Nominbolor, Leaching of the gold ore by electro-oxidation. Sci. J. NUM., Chemistry and chemical technology, 2005, № 5, (239), pp.16-24.

B.J.Scheiner., R.E.Lindstrom., T.A.Henrie., Oxidation process for improving gold recovery from carbon bearing gold ores. Bureau of mines Reports of Investigations, 1971

Fatma Arslan., Electrooxidation of refractory gold ores. Columbia University, 1991, p.4-41

Abrantes L.M., Costa M.C., Electro-oxidation as a pre-treatment for gold recovery. Hydrometallurgy, 40, 1996, pp. 99-110

Боровицкий В.П., Шемякин В.Н., Растворимость золота из руд Куранахских месторождений Алдана.-“Зап. ЛГИ”, 1965, т. 48, вып. 2, с. 69-76.

Douglas G. Brookins., Eh~pH Diagrams for Geochemistry. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1988

Химические осаждение металлов из водных растворов. Под ред. В.В.Свиридова, Минск, Издательство “Университетское”, 1987, стр. 92-95

Гиндин Л.М., Общие закономерности ионнообменной экстракции и пути ее использования.-В кн.:«Развитие гидрометаллургических процессов и расширение областей применения экстракции, сорбции и ионного обмена в цветной металлургии», часть I.М., Цветмет информация, 1968.с.27-40.