



Манганы хүдрийг гравитацийн аргаар баяжуулах технологийн судалгаа

Ц.Загарзүсэм, Д.Баасанжав, Н.Сугир-эрдэнэ, Б.Оргилбаяр, С.Сүхбат, Ц.Соёлмаа, Б.Өнөрсайхан, Л.Жаргалсайхан, Э.Отгонжаргал*

Шинжлэх ухааны академи, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: otgonjargale@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 20.10.2019

Хяналтанд: 21.10.2019

Хэвлэлтэнд авсан: 25.12.2019

Хураангуй: Энэхүү судалгааны ажлаар манганы хүдрийг хүндийн хүч болон төвөөс зугтах хүчний үйлчлэл дээр үндэслэн гравитацийн аргаар баяжуулах туршилт явуулав. Унагад ордын манганы хүдрийн дээжийн элементийн найрлагыг индукцийн холбоост плазмын масс спектрометр (ICP-MS), эрдсийн найрлагыг рентген дифрактометрийн аргаар тодорхойлсон. Минералоги, петрографийн шинжилгээгээр чулуулагт гидрогетит, манганы эрдсүүд, магнетит гэсэн хүдрийн эрдсүүд, кварц, альбит, ортоклаз, микроклин зэрэг хүдрийн бус эрдсүүд тодорхойлогдлоо. Хүдрийн бус эрдэс дотор манганы эрдэс нь цагаан өнгөтэй, зөв бус хэлбэртэй мөхлөгүүд мөн сул шигтгээлэг байдлаар тааралдаж байна. Манганы эрдсүүд нь гаусманит, пиролюзит, родохрозит, манганизит хэлбэрээр агуулагдсан байна. Манганы 17.31%, цахиурын ислийн 36.3% агуулгатай анхдагч хүдрийг төвөөс зугтах хүчний сепаратор болон ширээний хосолсон аргаар баяжуулахад баяжмалын агуулга Mn-41.37%, гарц 11.9% байв. Харин -0.074 мм фракцийн агуулга 80%-тай анхдагч хүдрийг хүндийн хүчний сепаратор (MGS)–аар баяжуулж, 38.33% -ийн манган агуулсан, 26.57% -ийн гарцтай баяжмал гарган авсан. Иймд манганы хүдрийг гравитацийн аргаар баяжуулахад стандартын шаардлага хангасан эдийн засгийн ач холбогдолтой бүтээгдэхүүн гарган авах боломжтойг тогтоов.

Түлхүүр үг: Манганы хүдэр, хүндийн хүчний сепаратор, төвөөс зугтах хүчний сепаратор, рентген - дифрактометр.

ОРШИЛ

Монгол улсын хэмжээнд манганы судалгаа маш бага хийгдсэн ба геологи хайгуулын судалгааны үе шатанд илэрсэн нийт 30 орчим илрэл, батлагдсан нөөц бүхий 4 орд байна. Унагад, Хашаатын говь, Хүрэн хад, Хүрмэн-2 гэсэн 4 ордын нийт нөөц 14.5 сая тонн бөгөөд хүдэр дэх металлын агуулга 10 орчим хувь буюу 1.4 сая тонн юм. Тэдгээрээс төлөөлөл болгон Дорноговь аймгийн Айраг сумын нутагт орших “Унагад”-ын манганы ордыг сонгов. Уг орд нь 4157.33 мян.тн нөөцтэй, 2 төрлийн хүдрийн биетээс тогтоно.

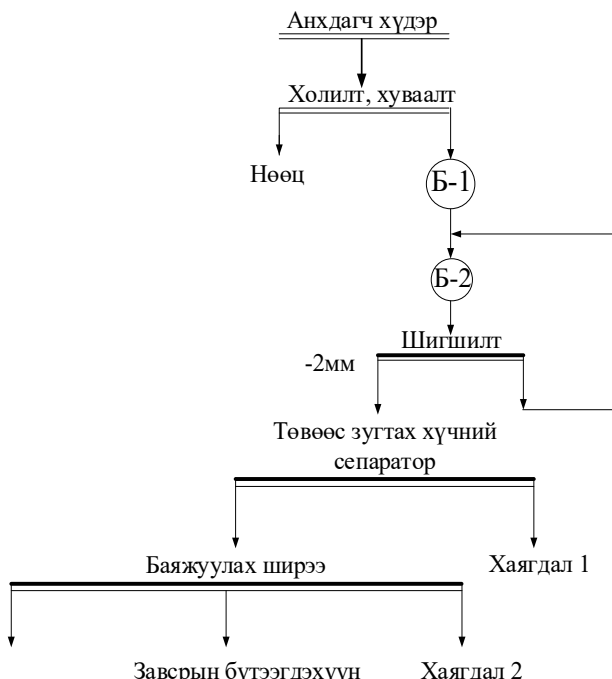
Манганы хүдэр нь эрдсийн найрлагаар оксидын, карбонатын, холимог гэж ангилагдана. Дэлхий дээрх манганы хүдрийн нөөцийн дийлэнх хувийг (90.8%) карбонатын хүдэр эзэлдэг ба уг хүдэр дэх манганы эрдсүүд нь хүдрийн бус эрдэс дотроо нягт шигтгээ хэлбэрээр агуулагддаг тул хүнд баяжигддаг. Харин оксидын хүдэр дэх ашигт эрдэс нь хоосон чулуулагтайгаа судал хэлбэрийн ан цавуудтай баганан агрегат үүсгэн оршдог учир хялбар баяжигддаг [1].

Үйлдвэрлэлд оксидын хүдэр нь өндөр ач холбогдолтойд тооцогддог. Гол эрдсүүд нь манганы оксидууд, гидроксидууд (пиролюзит, псиломелан, якобсит, манганит, браунит, гаусманит зэрэг) болно

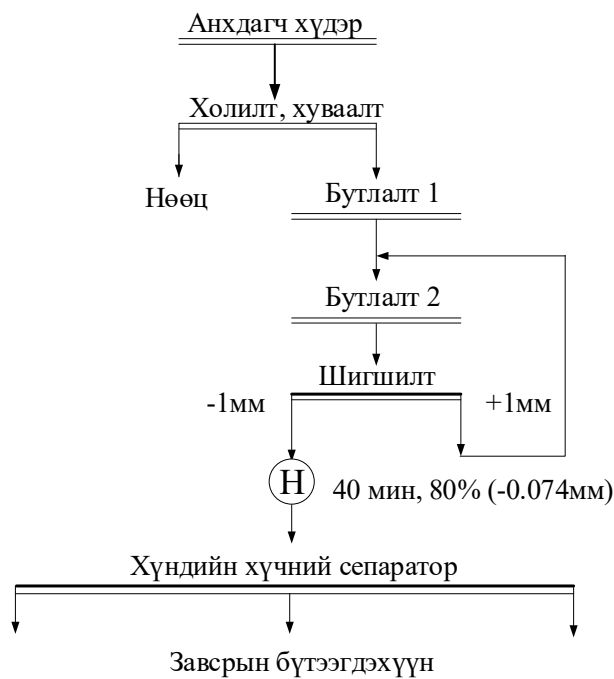
[2]. Манганы хүдрийг хуурай соронзон баяжуулалт, нойтон соронзон баяжуулалт, флотаци, гравитацийн баяжуулалтын аргаар баяжуулдаг [3, 4]. Гадаадын судлаачдын судалгаагаар манганы хүдрийг гравитацийн, гравитаци-соронзон баяжуулалтын хосолсон, флотацийн аргуудаар баяжуулахад анхдагч хүдрийн төрөл, эрдсийн найрлага, физик химийн шинж чанар зэргээс хамааран баяжуулалтын үр дүн нь харилцан адилгүй гарсан байна. Анхдагч хүдэрт манганы ислийн эрдэс болох пиролюзит агуулсан хүдрийг гравитацийн аргаар баяжуулан стандартын шаардлага хангасан бүтээгдэхүүн гаргасан байдаг [5, 6]. “Унагад” ордод 2012 онд “Алтраг архас” ХХК хуурай болон нойтон соронзон баяжуулалтын судалгааны ажил хийсэн байдаг бол бид энэхүү судалгааны ажлаар манганы хүдрийг гравитацийн аргаар баяжуулан анхдагч хүдэр дэх манганы агуулгыг нэмэгдүүлэх, хүдрийн бус шаварлаг эрдсүүд, цахиурын исэл зэргийг бууруулан стандартын шаардлага хангасан баяжмал гарган авах зорилго тавин ажиллав.

СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Унагад ордоос түүвэрлэх аргаар авсан дээжийг цагираг конусын аргаар бэлтгэн джонсоны



Зураг 1. Гравитацийн баяжуулалтын хосолсон технологийн схем



Зураг 2. Хүндийн хүчний сепаратороор баяжуулах технологийн схем

хуваагчаар хувааж судалгаанд бэлтгэв. Шигшүүрийн шинжилгээг -0.063 мм –ээс -3 мм –ийн 8 фракцид ангилан химийн шинжилгээ хийсэн. Ордын чулуулаг бүрдүүлэгч эрдсийн агуулгыг минералог, петрографийн шинжилгээ, хүдэр болон баяжмалын элементийн найрлагыг индукцийн холбоост плазмын масс спектрометр (ICP-MS), эрдсийн найрлагыг рентген дифрактометр (XRD) ашиглан тус тус тодорхойлсон.

Туршилт 1. Төвөөс зугтах хүчний сепаратор (ТЗХС) болон ширээгээр баяжуулах туршилт:

Хүдэр бэлтгэх процесс нь эхний шатны хацарт бутлуур, хоёр дахь шатны булт бутлуурт 10 кг дээжийг оруулан -2 мм хүртэл бутлан ЦВК-500 маркийн төвөөс зугтах хүчний сепаратороор баяжуулж, түүний баяжмалыг СКО-0.5 маркийн ширээгээр баяжуулах туршилтыг явуулсан ба Зураг 1 -д баяжуулалтын туршилтын схемийг үзүүлэв.

Туршилт 2. Хүндийн хүчний сепаратороор (MGS) баяжуулах туршилт:

Манганы анхдагч хүдрийг баяжуулахын өмнө “240 МЛ” маркийн тээрэм ашиглан нунтаглалтын горим тогтоох туршилтыг 20-60 минутанд 10 минутын интервалтайгаар, хатуу-шингэн-ган бөмбөлөгийн харьцааг 1:1:6 байхаар тохируулж гүйцэтгэсэн. Зураг 2 -т манганы хүдрийг хүндийн хүчний сепаратороор (MGS) баяжуулах туршилтын схемийг харуулав.

ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

1. Эрдсийн ба химийн найрлагын шинжилгээний дүн:

Унагадын манганы ордын анхдагч хүдэрт минералог, петрографи, химийн болон эрдсийн шинжилгээ хийж хүдрийн шинж чанарыг тодорхойлсон. Петрографийн шинжилгээгээр гётит, манганы эрдсүүд, магнетит гэсэн хүдрийн эрдсүүд тодорхойлогдлоо. Анхдагч хүдрийн рентген дифрактометрийн шинжилгээнээс үзэхэд манган нь гаусманит, пиролюзит, родохрозит, манганизит хэлбэрээр агуулагдаж байна (Зураг 4а).

Элементүүдийн химийн шинжилгээгээр хүдэрт манган (Mn)-17.31% агуулагдаж байсан ба хортой хольц болох хүхэр, фосфорын агуулга харьцангуй бага (P-0.03%, S-0.2%) байгаа нь манганыг ялган авахад технологийн хүндрэл гарахгүй гэж үзэж байна. Эрдэс чулуулагт цахиур (Si), магни (Mg), хөнгөнцагаан (Al) -ны оксидууд зонхилон байгааг Хүснэгт 1-т үзүүлэв.

2. Шигшүүрийн шинжилгээний үр дүн:

Лабораторийн нөхцөлд явуулсан хуурай шигшүүрийн шинжилгээний тархалтыг Хүснэгт 2-т үзүүлэв. Нийт массын ихэнх хувь нь буюу 43.65%-ийг -3+2 мм фракц эзэлж байгаа боловч манганы агуулга 18.62% байна. Харин -0.3 мм фракцийн агуулга Mn >24.71% байгаа нь ширхэглэлийн

Хүснэгт 1. Анхдагч хүдрийн дээжийн рентген флуоресценцийн (XRF) спектрометрийн шинжилгээний үр дүн.

Элемент	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P	S	K	Mn	Fe	Co
Агуулга (%)	1.88	3.52	36.3	0.03	0.2	3.3	17.31	0.77	0.05

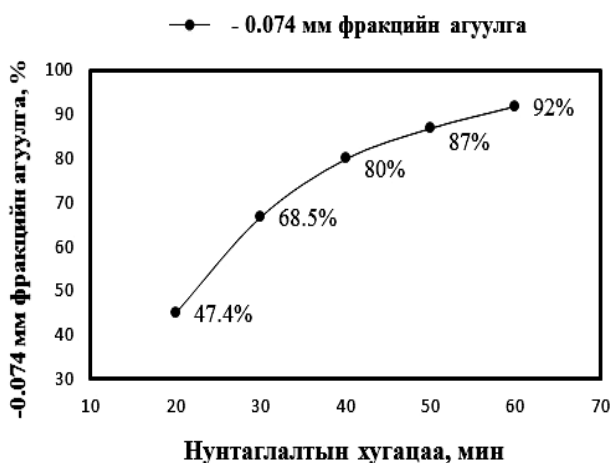
Хүснэгт 2. Анхдагч хүдрийн дээжийн шигшүүрийн шинжилгээний үр дүн

№	Ангиллын хэмжээ,мм	Гарц, % - иар	Нийлбэр гарц %	Mn, %	Манганы тархалт,%
1	-3+2	43.65	100	18.62	44.19
2	-2+1	18.85	56.35	16.66	17.07
3	-1+0.6	18.15	43.63	15.66	15.45
4	-0.6+0.3	9.65	31.5	18.22	9.55
5	-0.3+0.115	5.4	13.35	24.71	7.25
6	-0.115+0.074	2.65	9.7	28.59	4.11
7	-0.074+0.063	0.75	1.65	28.19	1.14
8	-0.063	0.9	0.9	25.53	1.24
Нийт	Анхдагч хүдэр	100			

хэмжээ багасах тусам эрдсийн мөхлөгүүд илүү суларч өгсөн байгаа нь харагдаж байна.

3. Нунтаглалтын горим тогтоох туршилтын үр дүн

Анхдагч хүдрийг баяжуулахын өмнө -1мм фракцийн 1 кг-р бэлтгэсэн 5 дээжийг нунтаглан -0.074мм фракцийн агуулга хугацаанаас хэрхэн хамаарч байгааг тодорхойлсон. Хүндийн хүчний сепаратороор баяжуулах туршилтыг явуулахад дээжин дэх -0.074 мм –ийн фракцийн агуулга 80-аас дээш хувийг эзэлж байвал тохиромжтой гэж үздэг [7]. Зураг 3 -аас харахад 20 болон 30 минутанд -0.074 мм фракцийн агуулга 80%-аас бага байна. Харин 40 минут нунтаглахад -0.074 мм фракцийн агуулга 80% -д хүрсэн тул хүндийн хүчний сепараторын



Зураг 3. Анхдагч хүдрийн -0.074 мм-ийн фракцийн эзлэх хувь нунтаглалтын хугацаанаас хамаарсан хамаарал

баяжуулалтанд ашиглах бүх дээжийг 40 минут нунтаглан бэлтгэсэн.

4. Манганы хүдрийг гравитацийн аргаар баяжуулсан дүн

Унагадын манганы ордын анхдагч хүдэр дэх манганы агуулга 17.31% байлаа. Бид хагас үйлдвэрлэлийн зориулалтаар суурилуулсан

төвөөс зугтах хүчний сепаратор ашиглан -2мм ширхэглэлтэй хэсгийг баяжуулахад манганы агуулга 17.71%, гарц нь 66.01% болж агуулга тодорхой өөрчлөгдөөгүй болно. Иймд гарсан баяжмалыг СКО-0.5 маркийн баяжуулах ширээ ашиглан нягтын зөрүүн дээр үндэслэн баяжуулахад манганы агуулга огцом өсч 41.37% болсон боловч гарц 11.9%, металл авалт 23.04% болж харьцангуй бага байв.

Харин MGS нь суспенз хэлбэртэй байгаа эрдсүүдийг нягтын зөрүүн дээр нь үндэслэн ялгах зориулалттай. MGS-ээр 0.074мм-ийн ширхэглэлийн фракцийн 80%-ийн агуулгатай манганы хүдрийг баяжуулахад (Mn)-38.33% агуулгатай, 26.57% гарцтай, 58.83% металл авалттай (Хүснэгт 3) Mn >36% стандартын шаардлага хангасан, эдийн засгийн хувьд ач холбогдолтой баяжмал гарган авсан.

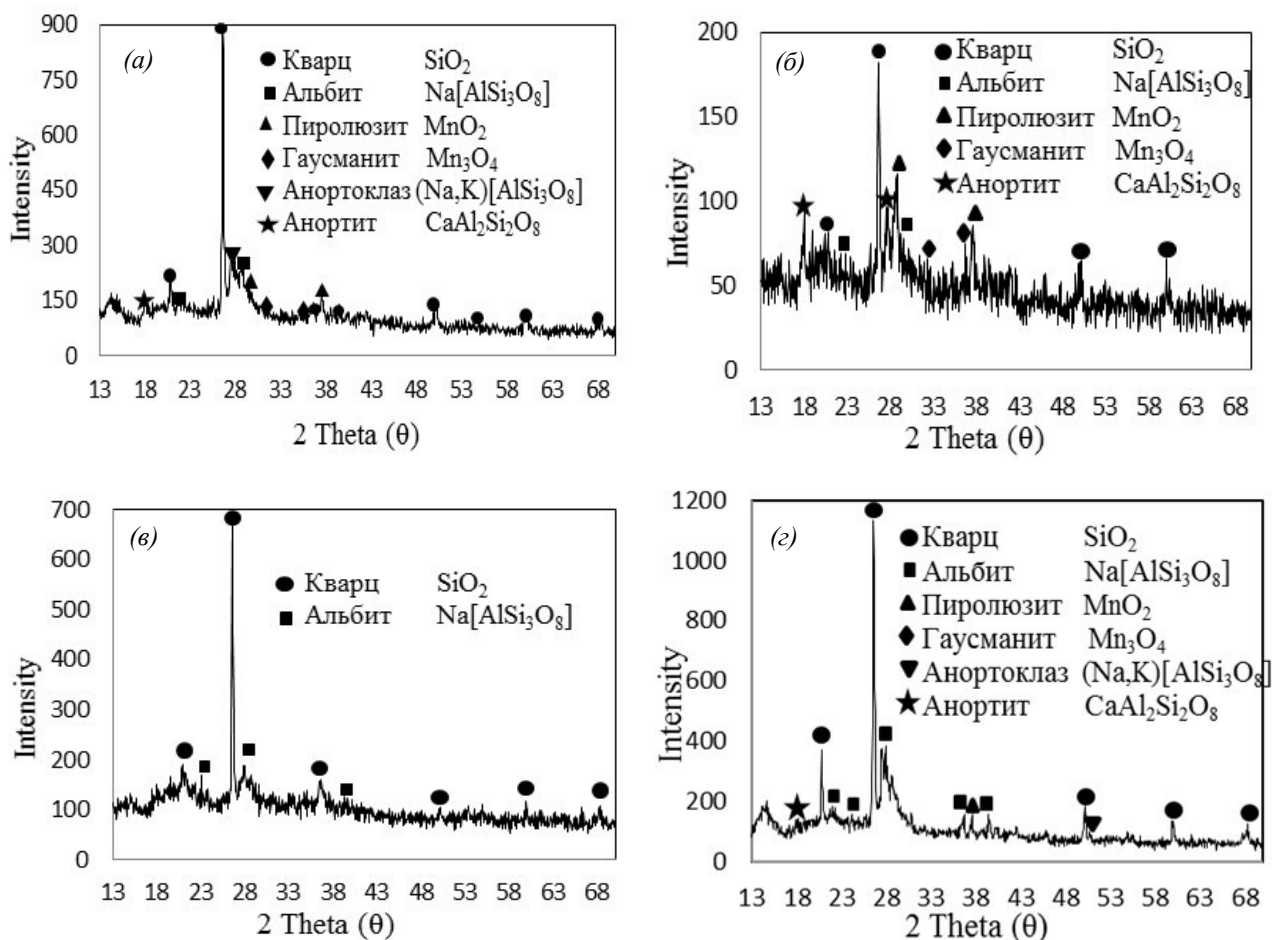
Анхдагч хүдэр болон гравитацийн баяжуулалтаар гарсан баяжмал, завсрын бүтээгдэхүүн, хаягдал дахь хүдрийн болон хүдрийн бус эрдсүүдийн ялгарлыг

Хүснэгт 3. Бүтээгдэхүүнүүдийн гарц, агуулга, металл авалтын үр дүн

Бүтээгдэхүүн	Үндсэн үзүүлэлтүүд /%/		
	Гарц,	Mn	Металл авалт
Анхдагч хүдэр	100	17.31	100
ТЗХС ¹ -ын баяжмал	66.01	17.71	67
ТЗХС-ын хаягдал	33.99	17.11	33
Ширээ баяжмал	11.9	41.37	23.04
Ширээ завсар.бүт	86.55	18.69	1.95
Ширээ хаягдал	1.52	17.1	1.21
MGS ² баяжмал	26.57	38.33	58.83
MGS завсар.бүт	71.75	9.66	40.06
MGS хаягдал	1.67	11.52	1.11

¹Төвөөс зугтах хүчний сепаратор

²Хүндийн хүчний сепаратор



Зураг 4. Манганы анхдагч хүдэр (а), MGS баяжмал (б), MGS завсрын бүтээгдэхүүн (в), MGS хаягдал(г)-д хийсэн рентген дифрактометрийн шинжилгээний үр дүн .

XRD шинжилгээгээр тодорхойлсон. Зураг 4а-д үзүүлснээр анхдагч хүдэрт кварц, альбит, анортит, анортоклаз, хээрийн жонш, ортоклаз, гематит, гётит, гаусманит, пиролюзит, родохрозит, манганизит зэрэг эрдсүүд XRD шинжилгээгээр илэрсэн бол MGS -ийн баяжмалд (Зураг 4б) кварц болон манганы хүдрийн эрдсүүд болох гаусманит, пиролюзит зэрэг эрдсүүдийн пик өндөр эрчимтэй орж ирж байна. Харин MGS –ийн завсарын бүтээгдэхүүнд (Зураг 4в) зөвхөн кварц болон альбитийн пик илэрсэн байна. Мөн MGS –ийн хаягдалд (Зураг 4г) илэрсэн кварц болон шаварлаг эрдэс, хөнгөн фракцуудын өндөр эрчимтэй пик илэрсэн нь туршилтын үр дүнг баталгаажуулж байна.

ДУГНЭЛТ

Минералоги, петрографийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад хүдэр дэх ашигт эрдсүүд нь пиролюзит, гаусманит хүдрийн бус эрдсүүд нь цахиурын исэл, альбит, ортоклаз, микроклин зэрэг бага нягттай шаварлаг эрдсүүд агуулагдаж байгаа тул нягтын ялгаагаар баяжуулах боломжтой.

Унагад ордын 17.31% -ийн манган, 36.3% -ийн кварц агуулсан -2мм ширхэглэлтэй анхдагч хүдрийг төвөөс зугтах хүчний сепаратороор баяжуулахад манганы агуулга 17.71%, гарц нь 66.01%, металл

авалт 67% байна. ТЗХСепараторын баяжмалыг ширээгээр баяжуулахад манганы агуулга 41.37% болж гарц 11.9%, металл авалт 23.04% -тай стандартын баяжмал гаргаж авав.

Анхдагч 17.31%-ийн манганы агуулгатай, 80% нь - 0.074мм-ийн ширхэглэлийн фракц бүхий хүдрийг хүндийн хүчний сепаратороор (MGS) баяжуулахад 38.33% агуулгатай, 26.57% гарцтай, 58.83% металл авалттай баяжмал гарган авсан.

Манганы баяжмалын стандарт агуулга 36% байх бөгөөд ширээ болон хүндийн хүчний сепараторын (MGS) баяжмал стандартын шаардлага хангаж байна. Уг туршилтуудын үр дүнг харьцуулвал хүндийн хүчний сепаратороор баяжуулсан баяжмал стандартын шаардлага хангасан бөгөөд гарц болон металл авалтын хэмжээ төвөөс зугтах хүчний сепаратороор баяжуулснаас харьцангуй их байна. Манганы хүдрийг хүндийн хүчний сепаратор ашиглан баяжуулах нь илүү үр ашигтай гэсэн дүгнэлтэнд хүрлээ.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. В.И. Левашова, В.Н. Майстренко, Е.В. Казакова. (2012) Обогащение карбонатных марганцевых руд. *Башкирский химический журнал*. 19(4) стр. 44 -47.

2. V.N Kuleshov. (2017) Manganese Rocks and Ores. *Isotope Geochemistry: The origin and formation of manganese rocks and ores.* p. 1-4.
3. O. Bayat, M. Altiner, S. Top. (2013) Investigation of the Beneficiation of Low-Grade Manganese Ores. *23rd international mining congress and exhibition of Turkey.* 23. p. 951-958
4. S. K. Tripathy, P. K. Banerjee, & N. Suresh. (2015) Effect of desliming on the magnetic separation of low-grade ferruginous manganese ore. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials.* 22 (7). p. 661-673.
5. U. Malayoglu. (2010) Study on the gravity processing of manganese ores. *Asian Journal of Chemistry.* 22(4). p. 3292-3298.
6. H. Liang, F. Zhou, Z.Y. Wu, C. J Yan, & W. J Luo. (2014) Surface Characteristics and Flotation Behaviour of Low-Grade Manganese Ore. In *Advanced Materials Research.* 962. p. 361-369
7. С.Ф. Шинкоренко, Е.П. Белецкий, А.А. Ширяев, и др. (1980) Справочник по обогащению руд черных металлов. стр. 527.

Technological study on the Gravity Processing of Manganese Ore

Ts.Zagarzusem, D.Baasanjav, N.Sugir-Erdene, B.Orgilbayar, S.Sukhbat, Ts.Soyolmaa, B.Unursaikhan, L.Jargalsaikhan, E.Otgonjargal*

Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

*E-mail: otgonjargale@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 20.10.2019

Хяналтанд: 21.10.2019

Хэвлэлтэнд авсан: 25.12.2019

Abstract: This study investigated the effectiveness of the gravity beneficiation method based on gravitation and centrifugal forces for manganese ore. Manganese ores from Unagad deposit, samples powders were analyzed for their element and mineralogical composition using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and X-ray diffractometer (XRD). Mineralogy and petrographic analysis are presented the mineralogical compositions are hydro goethite, manganese minerals and magnetite, the gangue minerals are quartz, albite, orthoclase, microcline in manganese ore. Manganese mineral occurs white, improper shape particles, weak grained-aggregates associated in gangue minerals. The most important minerals consist of manganese minerals are hausmannite, pyrolusite, rhodochrosite, and manganosite. The composite of feed containing 17.31 % Mn and 36.3 % SiO₂ was produced by a centrifugal concentrator in combination with the shaking table. In the experiment, a concentrate assaying 41.37% Mn was obtained from this composite with 11.9 % yields. In the next experiment, $f_{80}=0.074$ mm particle size feed ore was used in the MGS concentration test. A concentrate containing 38.33 % Mn with 26.57 % yields was produced in this experiment. The results showed that it is possible to obtain concentrate on the gravity processing of manganese ore that economically significant and meet standard requirements.

Keywords: *Manganese ore, gravity separator, centrifuge, X-ray diffractometer.*

© The Author(s). 2019 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

DOI: <https://doi.org/10.5564/bicct.v0i7.1268>