

УУЛ УУРХАЙ, ХҮНД ҮЙЛДВЭРИЙН ЯАМ

**МОНГОЛ УЛСЫН АШИГТ МАЛТМАЛЫН БАЯЛАГ,
ОРДЫН НӨӨЦИЙН АНГИЛЛЫГ ТУХАЙН ТӨРЛИЙН
АШИГТ МАЛТМАЛД ХЭРЭГЛЭХ
АРГАЧИЛСАН ЗӨВЛӨМЖ**

(НИКЕЛЬ, КОБАЛЬТ)



Энэхүү зөвлөмжийг Австрали Монголын Эрдэс баялгийн салбарын хамтын ажиллагааны (АМЕП 2) хөтөлбөрийн дэмжлэгтэйгээр боловсрууллаа. Уг хөтөлбөрийг Австралийн Гадаад хэрэг, худалдааны яам (Австралийн тусламжийн хөтөлбөр) санхүүжүүлж, Адам Смит Интернэшнл зөвлөх компани хэрэгжүүлэв.



Төслийг гүйцэтгэсэн: ШУТИС, Геологи, уул уурхайн сургууль.
Эрдэс баялгийн судалгаа, геомэдээлэл, сургалтын төв

Монгол Улсын Эрдэс баялгийн мэргэжлийн зөвлөлийн 2022 оны 04-р сарын 01-ны өдрийн ХХ-05-02 дугаар хуралдаанаар хэлэлцэн Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн сайдын 2022 оны .04 дугаар сарын .21 ны өдрийн А/76 тоот тушаалаар батлав.

Монгол Улсын ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангиллыг тухайн төрлийн ашигт малтмалд хэрэглэх Аргачилсан зөвлөмж:

НИКЕЛЬ, КОБАЛЬТ

Боловсруулсан:

С.Жаргалан, Монгол Улсын зөвлөх геологич, профессор, доктор (Ph.D),

Б.Энхжаргал, Доктор (Ph.D),

Байгууллагын харьяалал, эзэмших эрхийн хэлбэрийг харгалзахгүйгээр газрын хэвлийн ашиглалтын хүрээнд үйл ажиллагаа явуулагч аж ахуйн нэгж, үйлдвэрийн газруудын ажилтнуудад зориулав. Геологи хайгуулын мэдээллийг олж авах, түүний чанар болон бүрэн байдал нь цаашдын геологи-хайгуулын ажил явуулах шийдвэрийг гаргахад, эрэл-хайгуул хийгдсэн ордуудын нөөцийг үйлдвэрлэлийн эргэлтэд оруулахад, мөн ашигт малтмалын олборлолт, боловсруулалт хийж байгаа үйлдвэрүүдэд шинэчлэл хийхэд, шинэ үйлдвэрүүдийг барьж байгуулахад аргачилсан зөвлөмж болох боломжтой.

Редакцийн зөвлөл:

Ахлагч

Б.Бат, Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн яамны Геологийн бодлогын газрын дарга, Монгол Улсын зөвлөх геологич, доктор (Ph.D)

Гишүүд

Г.Ухнаа, Монгол улсын зөвлөх геологич, профессор, доктор (Ph.D)

Г.Дэжидмаа, Монгол Улсын зөвлөх геологич, доктор (Ph.D)

Г.Жамсрандорж, Монгол Улсын зөвлөх геологич, доктор (Ph.D)

Д.Алтанхуяг, Монгол Улсын зөвлөх геологич, дэд профессор, доктор (Ph.D)

Нарийн бичгийн дарга

Ч.Бямбажав, Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн яамны Геологийн бодлогын газрын Геологийн судалгаа, төлөвлөлтийн хэлтсийн мэргэжилтэн

Хянан тохиолдуулсан шинжээчид:

Ж.Тогтох	Монгол улсын зөвлөх геологич
Ш.Чимгээ	Монгол улсын зөвлөх инженер
Д.Оюун	Монгол улсын зөвлөх инженер, доктор (PhD)

Гарчиг

Оршил	
1. Ерөнхий ойлголтууд	6
2. Хайгуулын зорилгоор ордыг геологийн тогтцын нийлмэл байдлаар бүлэглэх нь	16
3. Ордын геологийн тогтоц, хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүний судалгаа.....	18
4. Хүдрийн технологийн шинж чанарын судалгаа	30
5. Ордын гидрогеологи, инженер геологи (геотехник), геоэкологийн болон байгалийн бусад нөхцөлийн судалгаа	36
6. Ордын нөөцийн тооцоолол ба баялгийн үнэлгээ	39
7. Ордын судлагдсан байдал	47
8. Ордын нөөцийг дахин тооцоолж, бүртгэлжүүлэх	50
9. Ашигласан материал.....	51
10.Хавсралт.....	53

ОРШИЛ

Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн сайдын 2018 оны А/20 дугаар тушаалаар батлагдсан “Ашигт малтмал эрэх, хайх, ашиглах үйл ажиллагааны журам”, Уул уурхайн сайдын 2015 оны 203 дугаар тушаалаар батлагдсан “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар, түүнд тухайн төрлийн ашигт малтмалын онцлогт тулгуурлан гаргасан зааварт нийцүүлж болно” гэсэн заалт зэргийг үндэслэн энэхүү зөвлөмжийг боловсруулав. Энэхүү аргачилсан зөвлөмж нь хатуу ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангиллыг никель, кобальтын ордод хэрэглэх талаар зөвлөмжүүдийг агуулсан болно.

Энэхүү аргачилсан зөвлөмж нь никель, кобальтын ордуудад эрэл, хайгуул хийж, нөөцийн тооцоолол бүхий тайланг боловсруулж, улсын ашигт малтмалын нөөцийн нэгдсэн бүртгэлд бүртгүүлэх, нөөцийн хөдөлгөөн хийлгэхийн тулд хайгуулын ба ашиглалтын тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч аж ахуйн нэгж, геологичид, уурхайчдад практик туслалцаа үзүүлэхэд чиглэгдэнэ.

Монгол орны нутаг дэвсгэрт явуулсан олон үе шатны геологийн зураглал, эрэл хайгуулын судалгааны үр дүнд никелийн жижиг хэмжээний 3 орд болон никель, кобальтын хүдэржилт бүхий 20 гаруй дунд, жижиг илрэлүүд нээгдсэн байна. Гарал үүслийн болон үйлдвэрлэлийн хүдрийн төрөл, хүдрийн биетийн морфологийн хэлбэр төрхөөрөө манай орны никель, кобальтын орд, илрэлүүд нь дэлхийн хэмжээнд хайгуулын зорилгоор ялгадаг төрөлд хамаарна.

Никель, кобальтын ордуудын үйлдвэрийн төрлүүд нь өөр хоорондоо үндсэн болон дагалдах ашигт бүрдвэрээс эхлэн, хайгуулын арга аргачлал, баяжуулалтын технологи хүртэл ялгаатай болохыг тухай бүр хайгуулын явцад геологичид анхааралтай ажиглан, арга, аргачлалаа зөв сонгоход энэхүү зөвлөмж зориулагдаж байна. Сүүлийн жилүүдэд технологийн дэвшилд үндэслэн бүхий л төрлийн хүдрийн ордын хайгуулын явцад геохими, геофизик, цооногийн хазайлт, геотехникийн хэмжилтийн төрөл бүрийн аргачлал нэвтэрч буйг тухай бүр интернэт орчноор судлан хэрэгжүүлэх бүрэн боломжтой болсон. Улмаар нөөцийн тооцооны геостатистик анализ хийхэд ашиглах дээжийн чанарын хяналт бүхий судалгаа, шинжилгээ нь ордыг оновчтой, бүрэн ашиглахад чиглэсэн байхуйцаар хайгуулын шатанд судлах шаардлага улам бүр тавигдсаар байна.

НЭГ. ЕРӨНХИЙ ОЙЛГОЛТУУД

1.1. Никель

1.1.1. Никелийн ерөнхий ойлголт, хэрэглээ, ач холбогдол

Никель нь мөнгөлөг саарал өнгөтэй металл юм. Түүний нягт нь 8.35–8.90 г/см³, 1452°C-д хайлж, 2913°C-д буцалдаг, ферромагнит шинж чанартай, хүчтэй гялгатай, маш сайн өнгөлгөө авдаг, цувих, давтагдах, ширээх чадвар сайтай тул цувимал утас хийж болдог. Химийн үелэх системийн 28-р элемент, атомын жин нь 58.71. Байгаль дээр ⁵⁸Ni, ⁶⁰Ni, ⁶¹Ni, ⁶²Ni ба ⁶⁴Ni зэрэг 5 тогтвортой изотоп үүсгэдэг. Эдгээрээс ⁵⁸Ni изотоп нь хамгийн ихээр тархсан бөгөөд 68.077%-ийг эзэлдэг байна. Никелийн кларк агуулга нь 0.0058% боловч түүний агуулга хүчиллэг чулуулагт бага буюу 0.0008%, суурилаг болон хэт суурилаг чулуулагт 0.12% хүрч ихэсдэг. Байгаль дээр никель нь хүхэр болон төмөртэй нэгдэл үүссэн байдлаар тааралдах нь элбэг. Дэлхийн гүнийг судлах зорилгоор хийсэн геофизикийн төрөл бүрийн судалгааны үр дүнгээр дэлхийн гадаргад болон дотоод цөмд асар их хэмжээний никелийн хуримтлал байгаа гэдгийг тогтоосон. Мөн дэлхий дээр олдсон солирын найрлагад никель ихээр агуулагддаг байна.

Никелийн өндөр температурт тэсвэртэй чанарт үндэслээд түүнийг эрт дээр үеэс төрөл бүрийн металлтай хольж бат бөх хайлш хийхэд хэрэглэж ирсэн. Орчин үед никелийн хэрэглээний 80%-ийг металлургийн үйлдвэрт төрөл бүрийн металлын хайлш үйлдвэрлэхэд ашиглаж байна. Никелийн хайлшийг автомашин, трактор, суурь машин болон цахилгаан техникийн үйлдвэрлэлд өргөнөөр хэрэглэдэг. Никелийн зэс, цайр, хөнгөнцагаантай хольсон хайлшийг үйлдвэрлэлд өргөн хэрэглэхээс гадна зэс, төмөртэй хольсон хайлшийг зоосон мөнгө үйлдвэрлэхэд хэрэглэж байна. Химийн болон хүнсний үйлдвэрт цэвэр никелийг сав суулга, дамжуулагч хоолой зэрэгт ашигладаг.

Дэлхийн хэмжээнд үйлдвэрлэж буй никелийн ихэнх хэсгийг (65%) дулаанд тэсвэртэй, аж үйлдвэрийн багаж тоног төхөөрөмж, зэвэрдэггүй ган зэргийн сайн чанарын хайлш үйлдвэрлэлд хэрэглэдэг. Никелийн үйлдвэрлэлийн 20% орчмыг нь төмөр, хром, зэс, цайр болон бусад металлуудтай хольж маш сайн чанарын тусгай хайлш үйлдвэрлэхэд хэрэглэж байна. Түүнээс гадна никелийн тодорхой хэсгийг (7%) бусад төрлийн металлуудаар хийсэн хийц болон хайлшийг гадаргуугаас нь электролитийн бүрхүүлээр бүрэхэд хэрэглэж байна. Мөн никелийг аккумулятор үйлдвэрлэл болон бусад химийн үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд хурдасгуур (катализатор) болгон ашигладаг.

1.1.2. Никель агуулсан хүдрийн эрдсүүд

Никель агуулсан 40 гаруй эрдсүүд байх ба тэдгээр нь ихэвчлэн энгийн болон нийлмэл сульфидууд, арсенидууд болон сульфоарсенидын нэгдлүүд хэлбэртэй байна. Мөн ус агуулсан силикат нэгдэл хэлбэртэй 10 орчим эрдэс байдаг. Никель болон кобальт нь 100 орчим эрдсийн бүтцэд адсорбцлогдсон хэлбэрээр изоморф хольц байдлаар агуулагддаг. Никелийн гол эрдсүүдийг Хүснэгт-1-д харууллаа.

Никель болон кобальт агуулагч үйлдвэрлэлийн гол эрдсүүд

Хүснэгт-1.

Эрдсийн нэр ба химийн томьёо	Агуулга, %	
	Никель	Кобальт
I. СУЛЬФИДУУД		
Пентландит $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	22–42	1–3
Никель агуулсан пирротин FeS	0.4–0.7	–
Миллерит NiS	61–64	0.1–0.5
Линнеит Co_3S_4	–	40–53
Кобальт агуулсан пирит $(\text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$	–	0.05–3
II. АРСЕНИДУУД, СУЛЬФОАРСЕНИДУУД ба АРСЕНАТУУД		
Скуттерудит CoAs_3	0–9	11–20
Саффорит $(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$	0–0.3	10–30
Шмальтин – хлоантит $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_2$	1–21	4–24
Кобальтин CoAsS	0.5–2	26–34
Эритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	0–6	20–30
III. СИЛИКАТУУД, УС АГУУЛСАН СИЛИКАТУУД ба УСАН ИСЛҮҮД		
Гарниерит $(\text{Ni}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	16–35	0–0.1
Ревдинскит $(\text{Ni}, \text{Mg})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	16–35	0.0–0.1
Никель агуулсан керолит $(\text{Mg}, \text{Ni})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10–15	Ул мөр
Нонтронит $m\{\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\} \cdot p\{(\text{Al}, \text{Fe})_2 \cdot [\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\}$	0.5–2.0	Ул мөр
Никель агуулсан серпофит $(\text{Mg}, \text{Ni}, \text{Fe})_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	4–5	Ул мөр
Никель агуулсан гидрохлорит $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_6[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2–6	0.03–1.2
Асболан ба псиломеланвад $m(\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	0.8–20	0.8–32
Гетерогенит $\text{CoO} \cdot 2\text{Co}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	–	10–20

1.1.3. Никелийн хүдэржилт, гарал үүсэл

Зэс-никелийн сульфидын томоохон ордууд эртний платформын идэвхжил болон рифтийн хөгжлийн үеийн томоохон хэмжээний магмын биеттэй холбоотой үүссэн байдаг. Баруун Австралийн Камбалда бүсэд эртний коматиттай базальтын бялхалттай холбоотой никелийн ордууд үүссэн байдаг. Эртний платформын томоохон хэмжээний хагарлын бүсэд үүссэн суурилаг, хэт суурилаг найрлагатай магмын үйл ажиллагаатай холбоотой никелийн сульфидын томоохон ордууд үүснэ. Ороген хөгжлийн үед боржинлогтой холбоотой никель-кобальтын ордууд үүсдэг. Экзоген гаралтай никелийн силикатын ордууд платформын нөхцөлд өгөршлийн царцдаст үүсдэг. Агуулагч чулуулаг нь силикатлаг эсвэл карбонатлаг орчин байгаа эсэхээс хамаарч хүдрийн биет нь судал, давхарга үүр, нийлмэл зэрэг олон төрөл байдаг.

Металлогений эриний хувьд авч үзвэл геологийн төрөл бүрийн цаг үед үүссэн байдаг. Зэс-никелийн сульфидын томоохон ордууд архей (баруун Австрали), протерозой (Канад, Балтийн шит, Өмнөд Африк) болон мезозойн (Сибирийн платформ) үед үүссэн байна. Эдгээрээс хамгийн томоохон хүдрийн дүүрэгт Канадын Судбури, Томсон, Австралийн Камбалда, ОХУ-ын Норильскийн бүсүүд орно. Баруун Австралид протерозойн ультрабазитын магматай холбоотой коматиттай базальтад агуулагдсан 30 гаруй никелийн сульфидын ордууд үүссэн байна. Түрүү палеозойн үед никелийн томоохон ордууд Европын баруун хойд хэсэгт нэлээд үүссэн бөгөөд гол төлөөлөгч нь Норвегийн Рингерийн орд юм. Хожуу палеозойн үед никелийн томоохон орд үүсээгүй ч кобальт-никелийн

гидротермаль гаралтай ордууд болон (Тувагийн Ховуакс) өгөршлийн гадаргуутай холбоотой (Урал) ордууд байдаг. Мезозойн үед дэлхийн аварга ордууд Орос (Норильск) болон Өмнөд Африкийн Бүгд Найрамдах Улсад үүссэн байна. Мөн никелийн силикатын ордууд Өмнөд Урал, баруун хойд Казакстан болон Бразилд тогтоогддог. Кайнозойн үед никелийн силикатын ордууд зонхилж үүссэн. Хэт суурилаг болон суурилаг найрлагатай интрузив чулуулгийн өгөршлийн гадаргууд үүссэн силикат-никелийн ордууд Урал, Куба, Шинэ Каледонид, Филиппин, Австралид тархалттай байдаг. Томоохон ордууд нь Зүүн Өмнөд Ази, Төв ба Өмнөд Америкт тогтоогдсон.

Никелийн ордууд нь базит-гипербазитын найрлагатай магмын үйл ажиллагаатай холбоотой үүсдэг. Суурилаг болон хэт суурилаг чулуулагт никель нь оливины оронд торонд орж суух тул чулуулагт никелийн агуулга 0.13–0.41% хүртэл өсдөг. Хэрэв магмад тодорхой хэмжээгээр хүхэр агуулагдаж байвал никель нь төмөр, зэс, кобальтын (заримдаа цагаан алтны бүлгийн металл) хамт сульфид эрдсүүдийг үүсгэж ликвацийн төрлийн зэс-никелийн ордууд үүсдэг бөгөөд энэ нь үйлдвэрлэлийн гол төрөл болдог. Магмын дараах гидротермаль орчинд кобальт, хүнцэл, хүхэр, заримдаа висмут, уран ба мөнгөтэй нэгдэж арсенид эсвэл сульфид байдалтай хуримтлал үүсгэдэг. Энэ тохиолдолд кобальт зонхилсон сульфид, сульфид-арсенидын төрлийн хүдэр үүснэ.

Экзоген орчинд суурилаг, хэт суурилаг чулуулаг өгөршилд автахад никель нь серпентинит, оливин зэргийн задралаар ялгарч өгөршлийн гадаргуу үүсгэнэ.

Зэс-никелийн сульфидын ордууд (дэлхийн никелийн нөөцийн 37%, кобальтын 10%) нь дифференциацид орсон хэт суурилаг болон суурилаг найрлагатай магмын чулуулагтай (перидотит, габбро-норит, габбро ба габбро-диабаз) гарал үүслийн хувьд шууд холбоотой байна. Зэс-никель агуулсан хүдрийн биетүүд нь интрузив биетийн ёроол хэсэгт ихэвчлэн хуримтлагдсан байх ба зарим тохиолдолд агуулагч чулуулагтаа үүссэн байдаг. Хүдэр нь ихэвчлэн шигтгээ, судланцар байх ба багахан тохиолдолд цул болон брекчлэг тогтоцтой. Хүдрийн биетүүд нь хэмжээний хувьд нэлээд том, 100 м хүртэл зузаантайгаар унал болон суналын дагуу хэдэн км үргэлжилдэг, ихэвчлэн хэвтээ эсвэл бага зэргийн хэвгий заримдаа налуу, эгц уналтай хавтан, давхарга, мэшил, судал болон бусад нийлмэл хэлбэртэй байна. Агуулагч чулуулагтайгаа нийцлэг байршилтай давхарга хэлбэрийн биетүүдийн хувьд хүдэр нь шигтгээлэг тогтоцтой байх нь элбэг тохиолддог. Харин агуулагч чулуулагтайгаа үүсгэж буй хэвтээ хажууд хүдэр нь бие даасан давхарга, үе, мэшил, судал маягийн хэлбэртэй бие даасан хуримтлал үүсгэж нягт цул, брекчлэг болон нэлээд шигүү шигтгээлэг тогтоцтой болсон байна. Сульфидын төрлийн хүдэржилтийн гол онцлог нь хүдрийн найрлага нь тодорхой төрлийн эрдэслэг бүрэлдэхүүнтэй байдагт оршино. Хүдрийн гол эрдэс нь пирротин, пентландит, халькопирит ба магнетит; хоёрдугаар зэргийн эрдэс нь пирит, кубанит, миллерит, валерит, цагаан алтны бүлгийн металл агуулсан эрдсүүд; ховроор хромит, маккинавит, шижир алт зэрэг байна. Энэ төрлийн ордын хүдэрт никелиэс гадна зэс, кобальт, цагаан алтны бүлгийн металлууд агуулагдах бөгөөд багаар селен, теллур, алт,

мөнгө, хүхэр агуулагдана. Сульфидын төрлийн хүдэр нь дэлхийн болон ОХУ-ын никелийн нөөц ба үйлдвэрлэлийн зонхилох хэсгийг эзэлдэг.

Өгөршлийн гадаргууд үүссэн никелийн силикатын ордууд (дэлхийн никелийн нөөцийн 63%, кобальтын 58%) нь суурилаг болон хэт суурилаг чулуулгийн гадаргууд латерит өгөршлийн орд байдлаар үүсдэг. Өгөршлийн гадаргуугийн ордуудыг геологийн тогтоц, хүдрийн биетийн хэлбэр байрших нөхцөл, өгөршлийн гадаргуугийн хөгжих төрөл зэргээс хамаарч 1) латерит/талбайн (Буруктадьск, Сахаринск, Серовск); 2) шугаман (Синарск); 3) шугам-талбайн хосолсон (Черемшанск) гэсэн төрлүүдэд хуваадаг байна. Никелийн силикатын ордуудын хүдрийн биет нь төрлөөсөө хамаарч харилцан адилгүй байх ба хэдэн зуун метрээс 1-2 км хүртэл урттай, 1 м-ээс 30-50 м зузаантай байх нь элбэг. Хүдрийн биет нь ерөнхийдөө нөмрөг, давхарга хэлбэртэй хэдий ч план дээрээ зөв бус хэлбэр үүсгэдэг. Зарим тохиолдолд гэнэтийн гүнзгийрсэн уут, үүр бүхий мэшил, шаантаг, үүр хэлбэрийн биетүүд үүсгэх ба хүдрийн биетийн хил зааг нь тодорхой бус тул сорьцлолтоор хил заагийг зурагладаг онцлогтой. Хил заагийн болон карстын төрлийн өгөршлийн гадаргуугийн ордуудаас (Черемшанск) бусад ордуудад хүдрийн биетүүд нь голчлон хэвтээ, ховор тохиолдолд бага зэргийн хэвгий байрлалтай оршдог. Хүдрийн эрдсийн найрлага нь маш нийлмэл. Никель нь силикат, исэл зэрэг маш олон төрлийн нэгдэл бүхий эрдсүүдийн химийн найрлагад орсон байдаг. Хүдэрт никелиэс гадна серпентинит дахь марганец агуулсан эрдсүүдийн өнгөр (охор) зос зэрэгт кобальт тодорхой хэмжээгээр агуулагддаг. Эдгээр ордуудын хүдэрт ашигт металл нь нарийн мөхлөгт дисперс байдалтай болон аморф байдлаар төрөл бүрийн эрдсийн фазд агуулагддаг.

Өгөршлийн гадаргуугийн үлдэгдэл царцдаст хоёрдогч серпентинит, феррисаполит, нонтронит, гётит-гидрогётит, магхемит (мартит), хоёрдогч магнетит, кобальт-никель агуулсан асболан, төмөр-цахиурын фазын эрдсүүдээс тогтоно.

Шүүгдэл (инфильтрац)-ийн бүсэд никель, магни-никель агуулсан серпентинитүүд, тальк маягийн магни-никелийн эрдсүүд (керолит, пимелит), эсвэл тэдгээрийн хоорондын нэгдэл үүснэ. Дахин хуримтлагдсан өгөршлийн гадаргууд никелийн бертьерит, хоёрдогч магнетит, маггемит, миллерит, магни-никелийн серпентин болон амезитүүд үүснэ. Энэ төрлийн хүдрийг эрдсийн эвшил болон найрлагаас (никель ба кобальт, төмөр, магни, цахиур ба шавар) хамаарч төмөрлөг (зосжсон, лептохлоритжсон, гематитжсан) болон магнилаг (никелийн силикат агуулсан серпентин) гэсэн үндсэн 2 төрөлд ангилна. Силикатлаг найрлагатай никелийн хүдэр нь агуулга ядуувтар байдаг тул уламжлалт механик аргаар баяжуулахад хүндрэлтэй тул гидрометаллургийн эсвэл пирометаллургийн аргаар баяжуулдаг. Хүдэрт никелийн агуулга 0.5%-иас 1-2% хүртэл илэрнэ. Силикатлаг никелийн хүдэрт хорт хольц нь зэс ба хром, хайлуулалтын үед ферроникель, фосфор болно. Дэлхийн олон оронд энэ төрлийн хүдэр нь никель болон кобальтыг гарган авах гол эх үүсвэр нь болдог.

Арсенид ба сульфоарсенидын никель-кобальтын ордууд ан цав хагарлын систем дагасан судал, судал маягийн биетүүд мөн гидротермаль үүсэлтэй шигтгээлэг, судланцар-шигтгээлэг хүдэр байдлаар үүссэн байх ба кобальт (Ховуакс) зонхилдог. Судлууд нь нийлмэл тогтоцтой гэнэт өргөсөн томрох, эсвэл нарийсан шувтарч тасалдах тохиолдол их тааралдана. Өд хэлбэрийн судлууд байснаа мэшлүүд болох эсвэл судланцар, шигтгээлэг хүдэр рүү шилжих тохиолдол их тааралдана.

Хүдрийн гол эрдсүүдээс гадна леллингит, аранжин мөнгө, аргентит, электрум, аранжин висмут, арсенопирит, теннантит, антимонит, киноварь, ховроор сфалерит, галенит агуулагдана. Исэлдлийн бүсэд кобальт-никелийн арсенатууд болох эритрин–аннабергит үүссэн байх нь олонтоо тааралдана. Судлын гол эрдсүүд нь кварц, кальцит, доломит, ховроор анкерит ба хлорит байна. Хүдэрт кобальт, никель, зэс, мөнгө, алт, висмут ба хүнцэл агуулагдана. Энэ төрлийн ордууд нь тэр болгон өргөн тархалт үзүүлдэггүй, тэдгээрийн никель ба кобальтын нөөцөд үзүүлэх үүрэг багахан байдаг.

Дээр өгүүлсэн геологи-үйлдвэрлэлийн төрлүүдээс гадна барууны орнуудад никель агуулсан ильменит-магнетит (Норвеги), никель агуулсан цул сульфид (Финлянд) болон судлын (таван элементийн хүдрийн төрөл) ордууд (ӨАБНУ) тогтоогдсон байдаг ба тэдгээр нь дэлхийн никелийн нөөцийн 1% орчмыг бүрдүүлдэг байна.

Монгол орны хэмжээнд никелийн ордын судалгаа харьцангуй бага хийгдсэн. Өнөөгийн байдлаар никелийн 3 орд, 30 гаруй илрэл тогтоогдоод байгаа боловч агуулга болон нөөцийн хувьд маш бага, гарал үүслийн хувьд нарийвчлан судлагдаагүй зэргээс үүдээд олон улсын хэмжээнд ялгагдаад байгаа үйлдвэрийн төрлүүдэд хамруулан үзэх боломжгүй байна.

1.1.4. Никелийн хүдрийн үйлдвэрлэлийн төрөл

Дэлхийн хэмжээнд никелийн сульфидын, силикатын болон холимог хүдрээс никелийг ашиглаж байна. Сульфидын хүдэрт никелийн агуулга 0.5–2.0%, түүнээс өндөр агуулгатай байдаг бол силикат хүдэрт 1.3% байдаг. Сульфид-арсенидын холимог хүдэр никель, кобальт, мөнгө, заримдаа алт, висмут, уран агуулах бөгөөд агуулга нь нэлээд баян байдаг.

Никелийн геологи-үйлдвэрлэлийн гол төрөл нь магмын гаралтай зэс-никелийн сульфидын, өгөршлийн гадаргуугийн никелийн силикат болон гидротермаль гаралтай никель-кобальт агуулсан арсенид, сульфоарсенидын ордууд (Хүснэгт-2) байна.

1.1.5. Никелийн үйлдвэрлэл, хэтийн төлөв

Дэлхийн хэмжээнд тогтоогдсон никелийн ордын захын агуулгыг 0.5%-иар тооцвол ойролцоогоор 300 сая тонн орчим нөөц байгаагаас 60% нь латеритын төрлийн ордод, 40% нь сульфидын төрлийн ордод агуулагдаж байна (USGS Open file report, 2021). Өнөөгийн байдлаар олборлоод байгаа нийт никелийн 80%

орчмыг сүүлийн 30 жилд олборлосон гэж үздэг ба ирээдүйд ашиглах никелийг далайн ёроолын ордуудаас олборлоно гэж тооцсон. Сүүлийн үед далайн ёроолын Fe-Mn (Ni-Cu-Co-Mo)-ийн ордуудад 290 сая тонн гаруй никель агуулагдаж байгаа гэсэн тооцоо байдаг.

2019 оны байдлаар нийт олборлож байгаа никелийн 60 гаруй хувийг гангийн үйлдвэрлэлд, 10 орчим хувийг сэргээгдэх эрчим хүчний түүхий эдийн салбарт лити-ион батареины үйлдвэрлэлд ашиглаж байна. Олон улсын судалгааны үр дүнд 2016 онд лити-ионы батареинд никелийн агуулга 38% байсан бол 2025 онд хоёр дахин өсөж лити-ион батареин 76%-д нь никель агуулагдаж байгааг тогтоосон.

Никель, кобальтын ордуудын үйлдвэрлэлийн гол төрлүүд

Хүснэгт-2.

Ордын үйлдвэрлэлийн төрөл	Хүдрийн биетийн структур морфологи	Хүдрийн гол эрдсүүд	Хүдрийн агуулга		Голлох дагалдах бүрдвэр	Ордын жишээ
			никель	кобальт		
1	2	3	4	5	6	7
Зэс-никелийн сульфид	Нийцлэг, давхарга хэлбэрийн хэвтэш, мэшил	Никель агуулсан пирротин пентландит халькопирит (талнахит, моихукит), кубанит, магнетит	0.1%-ээс хэдэн %	0.01-0.1%	Цагаан алтны бүлгийн металл, алт, мөнгө, селен, теллур	Норильск-I, Талнах, Октябрьск, Ждановск, Семилетка (ОХУ), Судбури (Канад), Инсизва (ӨАБНУ), Микола-Нивола (Финлянд), Камбалда (Австрали)
Өгөршлийн гадаргуугийн никелийн силикат	Давхарга, нөмрөг хэлбэрийн хэвтэшүүд	Гарниерит, ревдинскит, керолит, нонтронит, гидрохлорит	0.7–0.8 % хэдэн %	0.01-0.1%	Төмөр	Серовск, Буруктадьск, Сахаринск (ОХУ), Кемпирсайск (Казахстан), Побужской групп (Украин), Шинэ Каледони,
Никель-кобальтын арсенид ба сульфидарсенид кобальт зонхилно	Ан цавын судлууд, судал маягийн биетүүд	Шмальтин, хлоантит, никелин, скуттерудит, кобальтин	0.1%-ээс хэдэн %	1-2%	Алт, сурьма, Мөнгөн ус	Ховуакс (ОХУ), Бу-Аззер (Морокко), Кобальт (Канад)

1.2. Кобальт

1.2.1. Кобальтын ерөнхий ойлголт, хэрэглээ, ач холбогдол

Кобальт нь улаавтар туяатай цайвар өнгийн металл юм. Менделеевийн үелэх системийн 27-р элемент бөгөөд түүний атом масс 58.93 байна. Тэрээр 1493°C-д хайлдаг, нягт нь 7-8.9 г/см³. Хүчтэй тогтвортой ферромагнит, сунах, давтагдах чанартай. Дэлхийн царцдасын дундаж агуулга нь (кларк) 0.0036%. Хэт суурилаг чулуулагтай илүү ихээр эвшилддэг.

Кобальтыг металл эсвэл исэл байдлаар (40% хүртэл) халуунд тэсвэртэй хайлш, ган хийх зорилгоор бусад металлаар хийсэн хайлшид нэмэлт байдлаар ашигладаг. Кобальтын үйлдвэрлэлийн 20% орчим нь нэгж эзлэхүүнд ногдох соронзон энерги ихтэй соронзон хайлш хийхэд хэрэглэгдэж байна. Кобальтын тодорхой хэсэг нь (16%) хром, вольфрам, титан, нүүрстөрөгч зэргээр хийдэг хатуу хайлш, цутгамал (стеллит) болон металл-керамик хайлш (кермет) зэргийн үйлдвэрлэлд ашиглагдаж байна.

Химийн болон керамикийн үйлдвэрлэлд кобальтын 20% орчим нь катализатор болон будгийн зориулалтаар 20% орчим нь хэрэглэгддэг. Сүүлийн жилүүдэд кобальтыг лити-кобальтын батарей, тэжээлийн үүсвэр хийхэд ашиглах болсон. Кобальтын ^{60}Co цацраг идэвхт изотопыг эрүүл мэндийн салбар, хөдөө аж ахуйн салбарт хэрэглэж байна.

1.2.2. Кобальт агуулсан хүдрийн эрдсүүд

Кобальт агуулсан 30 орчим эрдэс байдгаас ихэнх нь энгийн болон нийлмэл сульфид, арсенид, сульфо-арсенидын нэгдэл хэлбэртэй байна. Никель болон кобальт нь 100 орчим эрдсийн бүтцэд адсорбцлогдсон хэлбэрээр изоморф хольц байдлаар агуулагддаг. Голлох эрдсийг Хүснэгт 3-д харууллаа.

Кобальтын хүдрийн эрдсүүд (Hazen et al., 2016)

Хүснэгт-3.

Эрдсийн нэр	Химийн томъёо	Дундаж агуулга (%)			Тогтоогдсон жишээ ордууд
		Co	Ni	Cu	
Скуттерудит	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$	17.95	5.96	-	Скуттеруд уурхай (Норвеги), Боу Аззер (Марокко)
Кобальттай пентландит	Co_9S_8	49.33	9.06	-	Судбери (Канад)
Смальтит	$(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}, 0.5 < x$	28.20	-	-	Боу Аззер (Марокко), Лангис уурхай (Канад)
Саффлорит	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$	21.25	-	-	Элизабет уурхай (Румын)
Кобальтин	CoAsS	35.52	-	-	Судбери (Канад), Брокен Хилл, (Австрали)
Аллоклазит	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$	26.76	-	-	Элизабет уурхай (Румын), Силверфилдс уурхай (Канад)
Глаукотот	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$	26.76	-	-	Хакансбода (Швед)
Карролит	$\text{Cu}(\text{Co}, \text{Ni})_2\text{S}_4$	28.56	9.48	20.53	Чамбиши, Мутанда (Конго), Кэрролл Каунти (АНУ)
Линнэйт	$\text{Co}_2 + \text{Co}_{23+\text{S}}$	57.95	-	-	Боу Аззер (Марокко), Норильск (Орос)
Сигенит	$(\text{Ni}, \text{Co})_3\text{S}_4$	14.51	43.36	-	Жангфер уурхай (Герман)
Катерит	CoS_2	47.89	-	-	Шинколобве (Конго)
Бравоит	$(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})\text{S}_2$	4.88	9.71	-	Лангис уурхай (Канад), Боу Аззер (Марокко)
Вилламит	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{SbS}$	20.78	6.90	-	Брокен Хилл, (Австрали)
Со-пентландит	$(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$	54.18	15.69	-	Лангис уурхай (Канад), Соткамо (Финланд)
Эритрит	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$	29.53	-	-	Боу Аззер (Марокко), Даниел Майн (Герман)

8. Галт уулын чулуулагт агуулагдах орд (Cu-Pb-Zn-Co)
9. Далайн ёроолын тунамал орд (1. Fe-Mn (Ni-Co-Cu), 2. Fe-Mn (o-Mo-REE)
10. Хил заагийн метасоматит (скарны) орд
11. Далайн ёроолын Fe-Mn (Ni-Cu-Co-Mo) орд гэж ангилж байна (Хүснэгт-4).

Кобальт агуулсан ордын гарал үүслийн төрлүүд (Mudd et al., 2013).

Хүснэгт-4.

Ордын төрөл	Товч тодорхойлолт	Ордын хэмжээ (сая тонн хүдэр)	Кобальтын хүдрийн эрдсүүд	Жишээ ордууд болон кобальтын агуулга
Зэс-никель-кобальтын сульфидын орд (Ni-Cu, Ni-Co-PGE)	Хэт суурилаг, суурилаг чулуулагт агуулагдах цул болон шигтгээлэг-сарнимал эрдэсжилттэй.	5→500	Карролит, линнеит, пентландит, сиогенит Кобальтит, глаукодот	Норильск-Талнах, Орос (Co-0.061%); Канадын Войсей вэй (Co-0.13%); Камбалда, Австрали (Co-0.21%)
Хэмхдэслэг чулуулагт агуулагдах давхарга маягийн орд (Cu-Co)	Хэмхдэслэг эсвэл карбонатлаг чулуулагт хүдэржилт нь агуулагдана.	10–500	Карролит-линнеит, кобальтит, каттиерит, (өгөршлийн бүсэд гетерогенит, сферокобальтит)	Тенке Фунгуруме, Конго (Co-0.245%); Кизанфу, Конго (Co-1.08%); Нчанга, Замби (Co-0.026%)
Өгөршлийн гадаргуугийн орд (Ni-Co, Cu-Co)	Хэт суурилаг, суурилаг чулуулгийн өгөршлийн гадаргууд үүснэ.	10–800	Эритрит, гетерогенит, асболан, гарниерит	Моа, Куба (Co-0.13%); Горо, Шинэ Каледони (Co-0.11%); Муррин-Муррин, Австрали (Co-0.078%)
Таван металлын судлын орд (Ni-Co-As-Ag-Bi)	Гидротермаль судлуудад хүдэржилт агуулагдана.	< 20	Со-арсенид, сульфид, сульфарсенид	Боу Аззер, Марокко (Co-1%)
Хар занарт агуулагдах орд	Хүхэр ихтэй хар занарт агуулагдах сарнимал сульфидын эрдэсжилттэй.	>500	Пентландит, пирротин	Соткамо, Финланд (Co-0.02%)
Хувирмал тунамал чулуулагт агуулагдах орд (Co-Cu-Au)	Рифттэй холбоотой үүссэн давхарга маягийн, линз, судал, брекч зэрэгт их хэмжээгээр агуулагдах шигтгээлэг болон цул сульфидын хүдэржилттэй.	<1–31	Со-арсенид, сульфид, сульфарсенид	Модум дүүрэг, Норвеги (Co-0.26%)
Исэлдсэн төмрийн хүдэрт агуулагдах орд (Ag-U-REE-Co-Ni) (IOCG)	Магмын гидротермаль, структураар хянагдсан түрэлтийн ордууд.	5→9 000	Кобальтит, глаукодот	Олимпийн далан, Австрали (Co-0.02%)
Галт уулын цул сульфидын орд (VMS) Cu (-Zn-Co-Ag-Au)	Далайн ёроолд үүссэн цул сульфидын ордын хэт суурилаг, суурилаг чулуулагт кобальтын агуулга тогтоогддог.	<10–300	Кобальт, кобальтпентландит,	Киллахти, Финланд (Co-0.15%)
Миссисипи төрлийн орд (MVT) Zn-Pb (-Co-Ni)	Доломит болон шохойн чулууг зүссэн гидротермаль судлуудтай холбоотой хүдэржилт тогтоогддог.	7 (дунд хэмжээтэй орд)	Сигенит, бравоит, герсдорфит, пирит	Хигдон, АНУ (Co-0.14%)
Скарны орд Ag-Ni-As-Bi)-Co	Шохойлог-цахиурлаг чулуулагт хүдэржилт агуулагдана.	100–500	Кобальтит, карролит-линнаеит, пирит, сафлорит	Корнуолл, АНУ (Co-0.03%); Гороблагодат, Орос (Co-0.02%)
Далайн ёроолын Fe-Mn (Ni-Cu-Co-Mo) орд	Далайн ёроолын цахиурлаг хурдасд үүссэн Fe-Mn баяжсан хэсгүүд	100-500		Майн Ла Мотте-Фредериктаун, АНУ (Co-0.8)

1.2.4. Кобальтын ордын үйлдвэрлэлийн төрөл

Ордод кобальтын агуулга 0.01%-иас хэдэн арван хувь хүртэл агуулагддаг. Кобальтын нөөцийн зонхилох хэсгийг нийлмэл найрлагатай кобальт агуулсан ордуудаас гарган авдаг. Эдгээр ордуудад зэс-никелийн сульфидын, никелийн силикатын төрлийн хүдрээс гадна зэстэй элсэн чулуу, занар, төмрийн хүдэр (магнетиттай) болон зэсийн цул сульфидын ордууд орно.

Кобальт агуулсан зэстэй элсэн чулуу болон занар төрлийн стратиформ ордууд нь Африкийн Конго, Замби, Угандад тогтоогдсон. Эдгээр ордуудад хүдрийн биет нь давхарга, ховроор судал маягийн хэлбэртэй. Кобальт нь хүдэрт ураны болон зэсийн эрдсүүдтэй эвшилдсэн кобальт агуулсан пирит, линнеит болон карролит агуулагдана. Кобальтын агуулга өндөр буюу сульфидын хүдэрт 0.3%, исэлдсэн хүдэрт 0.25-2.0% хүрдэг. Энэ төрлийн ордууд маш том бөгөөд дэлхийн кобальтын нөөцийн 50%, үйлдвэрлэлийн 40%-ийг бүрдүүлдэг.

Кобальт нь төмрийн хүдрийн ордуудад пиритэд, заримдаа магнетитад, ховроор арсенид ба сульфоарсенидуудад агуулагддаг. Энэ ордуудад кобальтын агуулга 0.007-0.028% байдаг. Энэ төрлийн ордууд нь дэлхийн олон оронд өргөн тархалттай, ялангуяа ОХУ-д олноор тогтоогдсон. Төмрийн хүдрийн ордуудын баяжуулалтын үед кобальт нь хам баяжмалаар гардаггүй тул эдгээр ордуудад эдийн засгийн үнэлгээнд нь үндэслээд нэмэлт технологи суурилуулах шаардлага гардаг.

Зэсийн цул сульфидын төрлийн ордуудад кобальт нь пиритэд изоморф хольц байдлаар зонхилон агуулагдах ба заримдаа кобальтин, линнеит зэрэг бие даасан эрдэс үүсгэдэг. Энэ төрлийн ордод кобальт 0.013-0.07% агуулагддаг. Ийм ордууд Финлянд, Норвеги болон ОХУ-д тогтоогдсон, харин кобальтыг ашиглаж байгаа нь зөвхөн Финлянд улс юм.

Кобальт үүссэн байж болох шинэ хэтийн төлөв бүхий үйлдвэрлэлийн төрөлд орчин үеийн болон эртний далайн ёроолд 4500-5500 м гүн усны нөхцөлд хуримтлагдсан төмөр-манганы конкреци (ТМК) байж болох юм гэж үздэг. Номхон далайн ёроолд илрүүлсэн Кларион-Клиппертон (1500 × 2000 км) бүс нь энэ төрлийн ордын орчин үеийн гол төлөөлөл болох юм. Төмөр-манганы конкрец бүхий үеийн хуримтлалын нягтрал нь (далайн ёроолын 1 м²-д ногдох) харьцангуйгаар маш өргөн хэлбэлзэл үзүүлдэг ба заримдаа 30 кг/м² хүрдэг. Ийм конкрец агуулсан давхаргад Mn, Ni, Co ба Cu зэрэг нийлмэл найрлагатай ордууд үүсдэг. Конкрецын диаметр нь 0.1–10 см хэмжээтэй байх ба 3-7 см хэмжээтэй нь зонхилно. Конкрецд агуулагдах металлуудын агуулга: Mn 25–30%, Fe 6–12%, Ni 1–2%, Co 0.2–1.5%, Cu 1–1.5%, P 0.5–1% байдаг. Эдгээрээс гадна хольц байдлаар Mo, ГХЭ, V, цагаан алтны бүлгийн металл, Au болон бусад металлууд агуулагдана.

Мөн орчин үеийн далайн ёроолд далайн голч нурууны ойролцоо 3000-4000 м гүнд илрүүлэгдээд байгаа кобальт-төмөр манганы конкрецууд бүхий хурдас хэтийн төлөвийн хувьд сонирхол татаж байна. Тэдгээр нь далайн ёроолын хурдас хуримтлалын дээгүүр хэдэн мм-ээс 10 см хүртэл зузаантай нөмрөг хэлбэрийн

хучаас үүсгэсэн байна. Энэ хучаас хурдас нь Mn, Ni, Cu, Co ба P агуулсан төмрийн усан ислээс тогтоно.

Сүүлийн жилүүдэд никель, кобальтын хүдрийн болон тэдгээрийг агуулсан хүдрийн бага агуулгатай хэсгийг хадгалсан овоолго, баяжмалын (пирротины баяжмал, хаягдал) болон металлургийн үйл ажиллагааны үед гарсан (шлак, хуурай хаягдал) зэргээс үүссэн техноген ордуудыг дахин ашиглах явдал ихсэж байна.

Техноген ордуудын дотоод бүтэц ба хүдрийн найрлага нь анхдагч ордын гарал үүслийн болон үйлдвэрлэлийн төрөл, олборлолтын арга, баяжуулалтын технологийн схем, бага агуулгатай хүдрийн агуулах, хадгалах аргачлал, овоолгын хугацаа зэргээс шууд хамаарна. Иймд техноген ордын хайгуул хийж эдийн засгийн үнэлгээ өгөх тохиолдолд энэ төрлийн ордод зориулан гаргасан аргачлалыг мөрдөх нь зүйтэй юм.

1.2.5. Кобальтын үйлдвэрлэл, хэтийн төлөв

Шинжлэх ухаан, технологи эрчимтэй хөгжиж буй өнөө үед кобальт нь өндөр үзүүлэлттэй хайлшийн үйлдвэрлэл (*Shedd 2013a, b*), өндөр технологийн салбарт ашиглагддаг цэнэглэдэг батарей, катализатор болон карбид үйлдвэрлэлд өргөнөөр ашиглагдаж байна (*Donachie 2002*). Мөн түүнчлэн цахилгаан тээврийн хэрэгслийн үйлдвэрлэл, хайлшны температурын тогтворжилт, нисэх онгоцны хөдөлгүүрийн турбины товчлууруудад хэрэглэгддэг (*Donachie 2002*). 2019 онд дэлхийн кобальтын хэрэглээний 46 орчим хувийг өндөр технологийн салбарт цэнэглэдэг батарей хийхэд ашигласан бол, 17 орчим хувийг супер хайлш хийхэд ашигласан байна (*Petavratzi et al., 2019*).

2019 онд дэлхийн хэмжээнд 168000 тонн кобальт олборлосны (*Brown et al., 2019*) 65% орчмыг Бүгд Найрамдах Ардчилсан Конго Улс (БНАКУ) –ын хэмхдэслэг чулуулагт агуулагдах кобальтын давхарга маягийн ордуудаас олборлосон байна. Бусад олборлогч орнуудад Шинэ Каледон, Хятад, Канад, Австрали зэрэг орнууд ордог. 2019-2020 онд олборлосон кобальтын нөөцийн 49%-ийг никель сульфидын хүдрээс, 32% -ийг зэсийн сульфидын хүдрээс, 19%-ийг никелийн латеритын хүдрээс олборлосон (*USGS., 2017, 2020*).

2020 байдлаар тогтоогдсон кобальтын нийт нөөц 154 сая тонн бөгөөд үүний 121 сая тонн нөөцийг ирээдүйд далайн ёроолын ордуудаас олборлоно гэж судлаачид тогтоосон байна (*Mudd et al., 2013*).

ХОЁР. ОРДУУДЫГ ХАЙГУУЛ ХИЙХ ЗОРИЛГООР ГЕОЛОГИЙН ТОГТЦЫН НИЙЛМЭЛ БАЙДЛААР АНГИЛАХ

Хүдрийн биетийн хэлбэр хэмжээ, түүний зузааны дагуух өөрчлөлт, дотоод бүтцийн тогтвортой байдал болон хүдэр дэх никель, кобальтын агуулгын тархалтын онцлогт нь тулгуурлаад Монгол улсын 2015 онд батлагдсан “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”-ыг баримтлан хайгуулын зорилгоор ордыг I, II ба III бүлэгт ангилна. Харин кобальтын ордын хувьд ордын нийлмэл байдлаас хамаарч IV бүлгийг ялгана.

2.1. I бүлгийн ордод дараах ордыг хамруулна.

- Геологийн тогтцын хувьд энгийн, шигтгээлэг хүдэртэй, зузаан ихтэй, томоохон хэмжээтэй давхарга хэлбэрийн хүдрийн биеттэй никелийн агуулгын тархалт нь жигд (Норилск-1 ба Талнах-Октябрьскийн дүүргийн шигтгээ хүдэртэй хэвтэшнүүд) зэс никелийн сульфидын ордуудыг (түүний хэсэг) хамааруулна.
- Хүдрийн биет нь 300 м-ээс 1.5 км хүртэл өргөнтэйгөөр хэдэн км хүртэл үргэлжилдэг
- Хүдрийн биетийн зузаан нь дунджаар 30-40 м, захын хэсгүүд рүүгээ 5-10 м, төв хэсэгтээ 60-100 м.

2.2. II бүлгийн ордод дараах ордыг хамруулна.

- Геологийн тогтцын хувьд нийлмэл, хүдрийн биет нь томоохон хэмжээтэй давхарга болон хавтан хэлбэртэй, нийлмэл тогтоцтой, тогтвортой зузаантай, зарим хэсэгтээ цүлхэн маягаар зузаарч, зарим хэсэгтээ аажим нимгэрсэн, зах хэсэг рүүгээ салаалсан, никелийн агуулгын тархалт жигд бус (Октябрьск ба Талнахын ордуудын хүдрээр баян хэвтэшүүд Ждановское, Заполярное, Котсельваара-Каммикиви, Семилетка зэрэг ордууд) зэс-никелийн сульфидын ордууд (түүний хэсэг) хамаарна.
- Хүдрийн биет нь хэдэн зуун метрээс хэдэн км урттай, бараг ижил хэмжээний өргөнтэй бага налуутай биетүүд, зарим эгц уналтай налуу биетүүд нь уналын дагуу 1.5 км хүртэл мөрдөгддөг. Хүдрийн биетийн зузаан нь 1-2 метрээс 100 м хүрнэ.
- Давхарга, нөмрөг, мэшил, шаантаг хэлбэрийн том, дунд зэрэг хэмжээтэй, заримдаа жижиг хэмжээтэй, зузаан нь тогтворгүй, заримдаа томоохон үүрүүд үүсгэх, эсвэл нарийсаж шувтарсан хүдрийн биетүүд бүхий никелийн агуулгын тархалт жигд биш никелийн силикатын ордууд (Буруктадьск, Черемшанск, Серовск, Сахаринск ордууд).
- Хүдрийн биетүүд нь ерөнхийдөө хэвтээ, заримдаа бага зэргийн хэвгий байрлалтай байх ба зузаан нь 1 м-ээс 30-50 м, харин урт нь хэдэн 100 м-ээс хэдэн км хүртэл үргэлжилнэ.

2.3. III бүлгийн ордод дараах ордыг хамруулна.

- Геологийн тогтцын хувьд маш нийлмэл тогтоцтой мэшил судал хэлбэрийн хүдрийн биетүүдтэй, зузаан нь маш тогтворгүй, олон салаалсан, өргөсөж нарийссан, шувтарч тасарсан дунд зэргийн болон

жигиг хэмжээтэй зэс-никелийн сульфидын ордууд (түүний хэсэг) хамаарна. Эдгээрт никелийн тархалт маш жигд бус байна.

- Хүдрийн биет нь унал болон суналынхаа дагуу хэдэн арав болон 100-200 м үргэлжилнэ. Зузаан нь 1-2 м заримдаа 10 м (Спутник, Шануч, Октябрьск ба Талнахын ордуудын «зэст» хүдэр).
- Дунд зэргийн болон жигиг хэмжээтэй нарийхан шаантаг хэлбэрийн, маш тогтворгүй зузаантай хүдрийн биет бүхий өгөршлийн гадаргуутай холбоотой никелийн силикатын ордууд.
- Хүдрийн биет нь унал болон суналын дагуу 100-200 м-ээс хэтрэхгүй. Хүдрийн биетийн зузаан нь 1 м-ээс 10-20 м хүрдэг (Кунгурск, Покровск, Синарск ордууд)

2.4. IV бүлэгт ордод дараах ордыг хамруулна.

- Геологийн тогтоц нь маш нийлмэл, жигиг хэмжээтэй олон тооны хагарал ан цавшилаар таслагдсан олон салаалсан нийлмэл хүдрийн биеттэй, никелийн тархалт нь маш жигд бус никель-кобальт болон кобальт зонхилон агуулсан арсенид, сульфоарсенид төрлийн ордууд.
- Хүдрийн биет нь суналын дагуу 100-400 м, уналын дагуу 20-600 м үргэлжилдэг зузаан нь 0.5-1.0 м байна (Ховуакс орд)

Ордыг ийнхүү геологийн тогтцын нийлмэл байдлаар нь бүлэгт хамааруулахдаа ордын нөөцийн 70%-иас ихийг агуулж байгаа хамгийн томоохон хүдрийн биетийн геологийн тогтцыг харгалзан үзнэ. Ордыг геологийн тогтцын нийлмэл байдлаар нь бүлэгт хамааруулахдаа хүдэржилтийн гол чанаруудын тоон үзүүлэлтийн статистик үнэлгээг харгалзан үзэх боломжтой (Хавсралт-1).

- #### 2.5. Никель кобальтын ордыг нөөцийн хэмжээгээр нь том, дунд жигиг хэмжээний орд хэмээн ангилах ба хүдрийн агуулгаар нь мөн баян, дунд, ядуу хүдэр гэж ангилна. Ийнхүү ангилах тоон хэмжээг хүснэгтээр илэрхийлэв.

Никель, кобальтын ордуудын нөөцийн хэмжээ, хүдрийн агуулгын ангилал

Хүснэгт-5.

Металл	Никель, кобальтын ордын нөөцийн хэмжээний ангилал, мян.тн			Никель, кобальтын хүдрийн чанарын ангилал, %		
	Том	Дунд	Жигиг	Баян	Дунд	Ядуу
Никель	>200	30-200	<30	>2	0.5-2	0.3-0.5
Кобальт	>15	2-15	<2	>0.5	0.1-0.5	0.05-0.1

ГУРАВ. ОРДЫН ГЕОЛОГИЙН ТОГТОЦ, ХҮДРИЙН ЭРДЭСЛЭГ БҮРЭЛДЭХҮҮНИЙ СУДАЛГАА

3.1. Хайгуул хийсэн ордуудад түүний хэмжээ, геологийн тогтоц, орон нутгийн рельефийн шинж байдал, хэрчигдэлд тохирсон масштаб бүхий байр зүйн зурагтай байх ёстой. Никель, кобальтын хүдрийн ордуудын талбайн байр зүйн зураг болон плануудыг ихэвчлэн 1:1000-1:5000 масштабаар бэлтгэн хэрэглэнэ. Хайгуулын ба ашиглалтын бүх малталтууд (суваг, шурф, хэвтээ ам /штольн/, налуу ба босоо амууд /шахт/, цооногууд), геофизикийн нарийвчилсан судалгааны шугамууд, мөн хүдрийн биет, хүдэржсэн бүсийн байгалийн гаршууд нь маркшейдерын хэмжилтээр холбогдож, байр зүйн зургийн суурин дээр буулгасан байна. Уулын далд малталтууд ба цооногуудыг горизонтын планууд дээр маркшейдерын хэмжилтийн үр дүнгээр буулгана. Уулын малталтуудын хувьд горизонт бүрийн маркшейдерын плануудыг 1:200-1:500 масштабаар, нэгдсэн план зургийг 1:1000-аас багагүй масштабтай үйлдэнэ. Хайгуулын цооногуудын хүдрийн биетийн тааз ба улыг огтолсон цэгүүдийн координатыг маркшейдерын хэмжилтээр тодорхойлж, мөн зүсэлт ба план зургуудын хавтгайд цооногийн баганын тахийлт, хазайлтыг буулгасан байна.

3.2. Ордын геологийн тогтцыг нарийвчлан судалж, ордын хэмжээ ба нийлмэл байдалтай нь уялдуулан 1:1000-1:10000 масштабтай геологийн зураг (никелийн силикатын хүдрийн хувьд ижил масштабтай өгөршлийн гадаргуугийн зураг), планууд, проекцуудад, шаардлагатай тохиолдолд блок диаграммууд болон загваруудад үзүүлсэн байх ёстой. Ордод хийгдсэн геологийн ба геофизикийн судалгааны материалууд нь хүдрийн биетүүд эсвэл хүдэржсэн бүсүүдийн хэмжээ ба хэлбэр дүрс, тэдгээрийн байрлалын нөхцөлүүд, дотоод тогтоц, тасралтгүй үргэлжлэх байдал (эрдэсжсэн бүсүүдийн хүдрээр ханасан байдал), хүдрийн биетүүдийн шувтарч байгаа шинж төрх, агуулагч чулуулгуудын өөрчлөлтийн онцлогууд, хүдрийн биетүүд ба агуулагч чулуулгийн хоорондын харилцан хамаарал, атираат структур, тасралтат хагарлуудтай үүсгэж байгаа харьцаануудын талаарх ойлголт нь ордын нөөцийг тооцоолоход шаардлагатай бөгөөд хангалттай хэмжээний ойлголт, төсөөлөл өгч чадах хэмжээнд судлагдсан байх ёстой. Мөн хүдрийн биет нь хэрхэн шувтарч байгаа, агуулагч чулуулагтаа үзүүлж буй хувирал өөрчлөлт, хүдрийн биет нь агуулагч чулуулаг, атираашил ба тектоник эвдрэл зэрэгтэй үзүүлж буй хамаарал, никелийн силикатын ордын хувьд өгөршлийн гадаргуугийн төрх (шугаман эсвэл талбайн), тэдгээрийн анхдагч хувираагүй чулуулаг болон тектоник эвдрэл, түүний эрчимтэй үзүүлэх харилцан хамаарал зэргийг нөөцийг тооцоолоход хангалттай хэмжээний ойлголт, төсөөлөл өгч чадах хэмжээнд судалсан байх ёстой. Ордод хэрэв илрүүлсэн (P_1) зэрэглэлээр баялаг үнэлж байгаа бол хэтийн төлөвтэй хэсгийн байрлалыг тодорхойлж байгаа геологийн хил заагууд, эрлийн шалгууруудын үндэслэлийг гаргасан байх шаардлагатай.

3.3. Хүдрийн биетүүд, эрдэсжсэн бүсүүд болон өгөршлийн гадаргын гаршууд болон гадарга орчмын хэсгийг хүдрийн биетүүдийн суналд хөндлөн чиглэлд суваг,

шурфууд, рассечкатай (хүдрийн биетийг доод хэсгээсээ хэвтээ малталт салбарлуулан огтолсон) шурфууд, цэвэрлэгээтэй траншейгээр, бага гүнтэй цооногуудаар, мөн геофизикийн ба геохимийн аргуудыг хослуулан судалсан байх шаардлагатай. Хүдрийн биетийн хэлбэр дүрс, байрлалын нөхцөлийг тодорхойлох, өгөршлийн гадаргуу болон исэлдлийн бүс түүний хөгжсөн гүн, сульфидын хүдрийн исэлдлийн зэрэг, хүдрийн бодисын найрлагын ба технологийн шинж чанарын өөрчлөлт, ордын никелийн болон кобальтын агуулгын судалгааны үр дүн нь тухайн ордын нөөцийн тооцооллыг хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүдээр нь ангилал хийх боломжийг хангасан байна.

3.4. Зэс-никелийн сульфидын болон никелийн силикатын ордуудын хайгуулыг гүнд нь цооногоор (нийлмэл тогтоцтой хүдрийн биетүүд, ялангуяа арсенид болон сульфоарсенидын ордуудад уулын малталттай хосолсон цооногоор) хийж гадаргуугийн ба далд малталтууд болоод цооногуудад геофизикийн судалгааг хослуулан хэрэглэнэ.

Хайгуулын аргачлал-уулын малталтууд ба цооногуудын тоо хэмжээний харьцаа, уулын малталтын төрлүүд, өрөмдлөгийн арга төрөл, хайгуулын торын хэлбэр ба нягтрал, сорьцлолтын төрөл ба арга аргачлал нь ордуудын геологийн тогтцын нийлмэл байдлын бүлгүүдэд тохирсон зэрэглэлүүдээр нөөцийг тооцоолох боломжийг хангасан байх ёстой. Хайгуулын аргачлал нь ордын геологийн тогтцын онцлог, хайгуул хийх уулын малталтын, өрөмдлөгийн, геофизикийн техник тоног төхөөрөмжүүдийг хэрэглэх боломж, ижил төрлийн ордын хайгуул хийсэн болон олборлож байгаа арга туршлагыг харгалзсаны үндсэн дээр тодорхойлогдоно. Хайгуулын системийн оновчтой хувилбарыг сонгохдоо хайгуулын ажлын төрөл бүрийн хувилбарт тохирох техник эдийн засгийн үзүүлэлтүүд болон хайгуулын ажлыг гүйцэтгэх хугацаа зэргийг харьцуулан тооцоолж, дүн шинжилгээ хийсэн байна.

3.5. Баганат өрөмдлөгийн цооногуудаас дээд зэргийн гарцтай кернийг гарган авах шаардлагатай бөгөөд керн нь хүдрийн биетүүд ба агуулагч чулуулгийн байрлалын онцлог, тэдгээрийн зузаан, хүдрийн биетүүдийн дотоод бүтэц тогтоц, хүдэр орчмын хувирлын шинж байдал, хүдрийн байгалийн янз бүрийн төрлүүдийн тархалт, тэдгээрийн структур, текстурыг бүрэн тодорхойлж болох, мөн кернээс сорьцлолт хийхэд бүрэн төлөөлж чадах хэмжээнд байх ёстой. Сүүлийн үеийн геологи-хайгуулын ажлын туршлагаас үзэхэд керний гарц өрөмдлөгийн рейс бүрд 90%-иас багагүй байх ёстой. Керний шугаман гарцыг үнэн зөв тодорхойлохын тулд жингийн болон эзэлхүүний аргуудаар тогтмол хянаж байх шаардлагатай.

Никель ба кобальтын агуулга болон хүдрийн огтлолын зузааныг тодорхойлоход керний төлөөлөх чадвартай гэдгийг баталгаажуулахын тулд тухайн керн нь сонгомол элэгдэлд автагдсан, эсэхийг судалсан байх шаардлагатай. Үүний тулд хүдрийн үндсэн төрлүүдээр цооногийн керн, шламын сорьцлолтын шинжилгээний үр дүнг (янз бүрийн гарцтай огтлолуудаар) хяналтын уулын малталт, эсвэл өөр аргаар өрөмдсөн (цохилтот, хийн цохилтот ба үрлэн) цооногуудын сорьцлолтын үр дүнтэй, мөн керний гарцыг дээшлүүлсэн баганат

өрөмдлөгийн цооногуудын сорьцолтын үр дүнтэй харьцуулан үзэх хэрэгтэй. Хэрэв керний гарц бага байх, эсвэл сонгомол элэгдэл үрэлтэд автсанаас сорьцолтын үр дүн мэдэгдэхүйц гажих тохиолдолд өөр техник, технологи хэрэглэн шалгах хэрэгтэй.

Сэвсгэр юм уу, сул нягтарсан хүдэр (өгөршлийн гадарга)-ээс тогтсон ордод хайгуул хийж байгаа бол өрмийн керний гарцыг сайжруулах тусгайлан боловсруулсан дэвшилтэт технологийг (угаалгагүй өрөмдөх, богино рейсээр өрөмдөх, өрөмдлөгийн тусгай шингэн ашиглах гэх мэт) ашиглах хэрэгтэй. Өрөмдлөгийн үнэмшил болон түүний мэдээллийн үр дүнг дээшлүүлэхийн тулд цооногийн геофизикийн судалгааны цогц аргуудыг хэрэглэх шаардлагатай бөгөөд энэ нь шийдвэрлэхээр дэвшүүлж байгаа зорилт, ордын геологи-геофизикийн тодорхой нөхцөл, геофизикийн аргуудын орчин үеийн дэвшилтэт аргачлалаас хамааран тодорхойлогдоно. Каротажийн цогц хэмжилт хийх нь хүдрийн огтлолыг ялгах, түүний үзүүлэлтүүдийг тогтооход үр дүнгээ өгдөг тул тухайн ордод өрөмдсөн хайгуулын бүх цооногт хийх шаардлагатай.

Газрын гадаргаас болон газрын гүнээс өрөмдсөн 100 м-ээс их гүнтэй бүх босоо болон налуу цооногуудад 20 м тутамд цооногийн азимутын болон зенитийн өнцгүүдийг тодорхойлж байх шаардлагатай. Эдгээр хэмжилтийн үр дүнгүүдийг геологийн зүсэлтүүд, план зургууд хийхэд болон хүдрийн огтлолын зузааныг тооцож гаргахад ашиглах ёстой. Цооногийг уулын малталт огтолсон тохиолдолд огтлолцлын цэгийн байрлалыг маркшейдерын хэмжилтээр тогтоосон байна.

Цооногуудын налууг хүдрийн биетийг 30°-ээс багагүй өнцгөөр огтолсон байхаар сонгоно. Босоо уналтай хүдрийн биетийг хурц өнцгөөр огтолж байгаа тохиолдолд цооногт хиймэл хазайлт хийх боломжтой. Хайгуулын үр дүнг сайжруулах зорилгоор олон мөргөцөгт цооног өрөмдөх, хэвтээ далд малталтуудаас газрын доор дэвүүр маягийн өрөмдлөг хийх нь ашигтай байдаг. Хүдэрт өрөмдлөгийг аль болох нэг диаметрээр өрөмдөх хэрэгтэй.

3.6. Уулын малталтууд (хайгуулын цооногуудын хамт) нь хүдрийн биетүүдийн дотоод бүтэц, хэлбэр дүрс, байрлалын нөхцөлүүд, хүдрийн биетүүдийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн, тасралтгүй үргэлжлэх байдлыг нарийвчлан судлах, мөн өрөмдлөг болон геофизикийн судалгааны мэдээллийг хянах, технологийн сорьц авах үндсэн арга зам болдог. Арсенид болон сульфоарсенид найрлагатай хүдрийн ордуудад уулын малталтууд нь (хайгуулын цооногуудын хамт) хүдрийн биетийн байрших нөхцөл, хэлбэр дүрс, дотоод бүтэц, мөн хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүний онцлогийг тодруулахад чиглэсэн нарийвчилсан судалгааны гол арга нь болно.

Уулын малталтаар хайгуулын ажлыг хийснээр хүдрийн биетүүдийн тасралтгүй байдал, унал ба суналын дагуух зузаан болон никель, кобальтын агуулгын өөрчлөлтийг төлөөлөх чадвартай хэсгүүдээр хангалттай хэмжээнд судлах боломжтой. Бага зузаантай хүдрийн биетүүдийг суналын дагуу штрэк нэвтрэн, уналын дагуу восстающий нэвтрэн судална. Зузаан ихтэй биетүүдийг орт, рассечки нэвтрэх, эсвэл нягтруулсан тороор газрын доорх хэвтээ

цооногуудын системээр судална. Уулын малталтыг тухайн ордын хэмжээнд хамгийн эхний ээлжид ашиглалтад оруулахаар төлөвлөж буй хэсэг болон түвшингүүдээс эхлэн хийнэ.

3.7. Хайгуулын малталтуудын байрлал, тэдгээрийн хоорондох зайг хүдрийн биетийн структур-морфологийн төрөл тус бүр дээр тэдгээрийн хэлбэр, хэмжээ, геологийн тогтцын онцлогт нь тохируулан сонгосон байх ёстой.

Никель, кобальтын хүдрийн ордуудын хайгуулд хэрэглэдэг хайгуулын торын нягтралын талаарх мэдээллийг Хүснэгт 6-д жишээ болгон үзүүлсэн ба үүнийг геологи-хайгуулын ажлыг төлөвлөхдөө ашиглаж болох хэдий ч заавал ийм хэмжээний тор хэрэглэнэ гэсэн үг биш юм.

Орд бүр дээр нарийвчлан судлах хэсгүүдийн судалгаа, ижил төстэй ордуудын геологи, геофизикийн судалгаа, ашиглалтын мэдээллүүдэд хийсэн дүн шинжилгээнд тулгуурлан хайгуулын торын нягтрал ба оновчтой хэлбэрийг үндэслэн тогтооно.

3.8. Нөөцийн тооцооллын үнэмшлийг баталгаажуулахын тулд ордын тодорхой хэсэгт хайгуулын ажлыг илүү нарийвчлалтай хийсэн байх ёстой. Энэ хэсгүүд нь ордын бусад хэсэгтэй харьцуулахад илүү нягт хайгуулын тороор судалж, сорьцлогдсон байна. I бүлгийн ордуудын хувьд ийнхүү илүү нарийвчлан судалсан хэсэгт хайгуулын нөөцийг нь баттай (А) ба бодитой (В) зэрэглэлээр, II бүлгийн ордуудын хувьд бодитой (В) зэрэглэлээр III ба IV бүлгийн ордуудад боломжтой (С) зэрэглэлээр нөөц тооцоолох шаардлагыг хангахуйц хэмжээнд судлагдсан байна. Харин III ба IV бүлгийн ордуудын хувьд нарийвчлан судалсан хэсэг нь боломжтой (С) зэрэглэлээр нөөц тооцоолоход хэрэглэдэг хэмжээний хайгуулын торыг хоёроос багагүй дахин нягтруулсан байх хэрэгтэй.

Ордын нөөцийн тооцоололд геостатистик аргыг хэрэглэж байгаа бол хайгуулын тор ба сорьцлолтын нягтрал нь орон зайн чиглэлүүдэд тооцоолол хийх шаардлагыг хангаж байх ёстой.

Нарийвчилсан судалсан хэсгүүд нь ордын нөөцийн үндсэн хэсгийг агуулсан хүдрийн биетүүдийн хэлбэр дүрс, байрлалын нөхцөлүүдийн онцлогуудыг, мөн хүдрийн давамгайлах чанарыг тусгасан байх ёстой. Ийм хэсгүүд нь боломжийн хирээр эхний ээлжид олборлох нөөцийн хүрээ хил зааг дотор байрлаж байх нь зүйтэй. Хэрэв эхний ээлжид олборлохоор төлөвлөсөн хэсгүүд нь геологийн тогтцын онцлогууд, хүдрийн чанар, уул-геологийн нөхцөлөөрөө ордыг бүхэлд нь төлөөлж чадахгүй өөрийн гэсэн онцлогтой бол энэ шаардлагыг хангах хэсгүүдийг олж нарийвчлан судлах шаардлагатай. Тухайн ордын хэмжээнд нарийвчлан судлах хэсгийн тоо хэмжээг тухайн тохиолдол бүрд газрын хэвлийг ашиглагч тодорхойлно.

Нарийвчлан судалсан хэсгүүдээс олж авсан геологийн мэдээллийг ордын нийлмэл байдлын бүлгийг бататган үнэлэхэд, хайгуул явуулахад сонгож авсан тоног төхөөрөмж, арга аргачлал ба хайгуулын торлол, түүний хэлбэр дүрс нь ордын геологийн тогтцын онцлогт тохирсон эсэхийг баталгаажуулахад, ордын

бусад хэсэгт нөөц тооцоолоход ашигласан тооцооны үзүүлэлтүүд болон сорьцлолтын үр дүнгийн үнэмшлийг үнэлэхэд, ордыг бүхэлд нь ашиглах нөхцөл байдлыг үнэлэхэд ашигладаг. Олборлож байгаа ордуудын хувьд дээрх зорилгоор ашиглалтын хайгуул ба олборлолтын үр дүнгүүдийг ашиглана.

**Никель, кобальтын ордын хайгуулд хэрэглэсэн хайгуулын
торын нягтралын мэдээлэл**

Хүснэгт-6.

Ордын бүлэг	Хүдрийн биетийн төрөл	Малтал тын төрөл	Хайгуулын огтлол хоорондын зай (нөөцийн зэрэглэл бүрээр), м					
			А		В		С ₁	
			Сунал дагуу	Унал дагуу	Сунал дагуу	Унал дагуу	Сунал дагуу	Унал дагуу
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Энгийн тогтоцтой, тогтвортой зузаантай, кобальт ба никелийн агуулгын тархалт жигд, шигтгээ хүдэртэй, томоохон хэмжээтэй давхарга хэлбэрийн биетүүд	Цооног	100	100	200	200	400	400– 600
II	Нийлмэл тогтоцтой, тогтвортой бус зузаантай, кобальт ба никелийн агуулгын тархалт жигд биш томоохон давхарга ба хавтан хэлбэрийн биетүүд	Цооног	–	–	50– 100	50– 100	100– 200	75– 100
	Жигд бус зузаантай, кобальт ба никелийн тархалт нь жигд бус том, дунд, жижиг хэмжээний давхарга, нөмрөг, мэшил хэлбэрийн биетүүд	Цооног	–	–	20–50	20–50	50– 100	50
III	Никелийн агуулга нь маш жигд бус тархсан, нийлмэл тогтоцтой дунд жижиг хэмжээтэй биетүүд	Цооног	–	–	–	–	50	25–50
IV	Никель болон кобальтын агуулга нь маш жигд бус тархалттай, зузаан нь тогтворгүй, нийлмэл тогтоцтой жижиг судлууд	Уулын малтал т ба цооног	–	–	–	–	Тасрал тгүй мөрдөх	30–40
			–	–	–	–	50	50

* Р зэрэглэлээр баялгийн үнэлгээ хийгдэж буй ордуудын хувьд тухайн ордын геологийн тогтцын нийлмэл байдлаас хамаарч С зэрэглэлийн хайгуулын торыг 2–4 дахин сийрэгжүүлж тооцно.

Хүдэржилт нь тасалдалтай тархалттай ордуудад (IV бүлэг) нөөцийг тооцоолоходоо тодорхой хүдрийн биетүүдийн геометрийн байгуулалт хийлгүйгээр нэгтгэсэн хүрээ хил дотор хүдэржилтийн коэффициент ашиглан хийх бөгөөд эдийн засгийн үр ашигтай гэж үзсэн хүдэртэй хэсгүүдийн орон зайн байрлал, хэлбэр, хэмжээний тодорхойлолт ба хүдрийн огтлолуудын зузаанаар нөөцүүдийн тархалтыг үндэслэн, ангилан олборлох боломжийг үнэлсэн байх ёстой.

3.9. Хайгуулын бүх малталтууд, хүдрийн биетүүд ба бүсүүдийн гадарга дээрх гаршуудад тогтсон журам, хэлбэрийн дагуу баримтжуулалт хийсэн байна. Сорьцлолтын үр дүнг анхдагч баримтжуулалт дээр буулгах ба геологийн

бичиглэлээр шалган баталгаажуулна.

Анхдагч баримтжуулалтын бүрэн бүтэн байдал ба чанар, тэр нь ордын геологийн онцлогтой тохирч байгаа эсэх, структурын элементүүдийн орон зайн байрлалыг зөв тодорхойлсон эсэх, зураг схемүүдийг зохиосон байдал, тэдгээрийн бичиглэлийг хийсэн байдлыг тогтсон журмын дагуу мэргэшсэн геологичоор байгаль дахь байдалтай нь тулган шалгах ажлыг тогтмол хийж анхдагч баримтжуулалтын нэгтгэсэн геологийн материалуудтай тохирч байгаа эсэхэд хяналт тавьж байх шаардлагатай.

Түүнээс гадна геологийн болон геофизикийн сорьцлолтын чанар (сорьцын жин ба сорьцлолтын огтлол тогтвортой эсэх, хэсгийн геологийн тогтцын онцлогт сорьцлолтын чиглэл байрлал нь тохирсон эсэх, сорьц авсан нягтрал ба тасралтгүй үргэлжлэх байдал, хяналтын сорьцлолт хийсэн, үр дүн нь байгаа эсэх), минералоги-технологии, геометаллург, инженер-гидрогеологич, эзлэхүүн жин тодорхойлох, олборлолтын үйл ажиллагаатай холбоотой аналитик сорьцуудын төлөөлөх чадварыг үнэлж сонгосон байх.

3.10. Ашигт малтмалын чанарыг судлах, хүдрийн биетүүдийн хүрээ хязгаарыг тогтоох, нөөц тооцоолоход шаардлагатай хайгуулын малталтаар нээгдсэн хүдрийн бүх огтлолууд болон байгалийн хүдэржсэн гаршуудыг бүгдийг нь сорьцлолтонд хамруулсан байх ёстой.

3.11. Сорьцлолт (геологийн ба геофизикийн) болон түүний аргуудын сонголтыг ордын геологийн тогтцын онцлог, ашигт малтмал ба агуулагч чулуулгийн физик шинж чанар, хайгуулыг явуулж байгаа техник, тоног төхөөрөмжөөс шалтгаалан ордын үнэлгээний болон хайгуулын ажлуудын эхний шатанд хийнэ. Сорьцлолт хийхээр сонгож авсан арга аргачлал, хийх арга замууд нь хөдөлмөрийн бүтээмж өндөртэй, эдийн засгийн хувьд үр ашигтай байдлаар үр дүнг олж авах үнэмшлийг хангасан байх ёстой. Сорьцлолтын өөр өөр төрлийн хэд хэдэн аргыг ашиглаж байгаа тохиолдолд тэдгээрийн үр дүнгийн нарийвчлал болон үнэмшилтэй байдлыг хооронд нь харьцуулан дүн шинжилгээ хийх хэрэгтэй.

Сорьцлолтын төрөл (геологийн, геофизикийн) ба аргыг (керний, ховилон ба хусмал сорьц гэх мэт) сонгохдоо сорьцлолтын чанар, сорьц боловсруулалтын үнэмшлийг үнэлэх аргачлалын зөвлөмжүүдийг баримтлах хэрэгтэй.

3.12. Хайгуулын огтлолын сорьцлолтыг дараах нөхцөлийг баримтлан явуулна. Үүнд:

- Сорьцлолтын торлол тогтвортой, түүний нягтшил нь ордын судалж байгаа хэсгүүдийн геологийн онцлогоор тодорхойлогдсон байх ёстой бөгөөд энэ нь ихэвчлэн ижил төстэй ордуудын хайгуулын туршлагад үндэслэн тогтоогддог бол шинэ объектууд дээр туршилтын замаар тодорхойлогдоно. Хүдэржилтийн зүй тогтол нь хамгийн их өөрчлөлттэй байгаа чиглэлд сорьцыг авна. Хүдрийн биетийг хайгуулын малталтаар (ялангуяа цооногоор) хамгийн их өөрчлөлттэй байгаа чиглэлд хурц өнцгөөр огтолсон тохиолдолд (хэрэв сорьцын төлөөлөх чадвар эргэлзээтэй гэж үзвэл) хяналтын сорьцлолт хийж үр дүнг нь харьцуулах

замаар энэхүү огтлолуудын сорьцолтын үр дүнг нөөцийн тооцоололд ашиглах боломжийг баталгаажуулсан байх ёстой.

- Сорьцолтыг хүдрийн биетийн бүх зузааныг хамруулан тодорхой хэмжээгээр агуулагч чулуулагт оруулан явуулна. Агуулагч чулуулагт нэвтрэн сорьцлох хэмжээ нь нөөцийн хүрээнд багтаах хоосон чулуулгийн үеийн зузаан хэмээх жишгийн шаардлагаас багагүй байх хэрэгтэй. Геологийн тодорхой хил зааггүй хүдрийн биетийн хувьд хайгуулын огтлолыг бүхэлд нь, геологийн тод хил заагтай хүдрийн биетүүдийн хувьд хүдрийн биетийн хэмжээнд сийрэгжүүлсэн торлолоор сорьцолт хийх боломжтой. Суваг, шурф, траншейнд хүдрийн үндсэн гаршуудаас гадна тэдгээрийн өгөршлийн бүтээгдэхүүнийг мөн сорьцолсон байх шаардлагатай.
- Хүдрийн биетүүдийн агуулагч, хувирсан ба хүдэржсэн чулуулгууд, хүдрийн байгалийн төрлүүдийг тус тусад нь сорьцлох ёстой. Сорьц бүрийн урт нь (ердийн сорьцууд) хүдрийн биетийн дотоод бүтэц, хүдрийн бодисын найрлагын өөрчлөлт, текстур-структурын онцлогууд, физик-механикийн болон бусад шинж чанаруудаас хамаарч тодорхойлогдоно. Өрмийн цооногоос сорьц (керн ба шлам) авахдаа өрөмдлөгийн төрөл, чанараас хамаарч харилцан адилгүй авна. Керний (шлагын) гарц өөр өөр байвал цооногийн өрөмдлөгийн диаметр ондоо огтлолуудыг тус тусад нь сорьцолно. Кернд тодорхой хэмжээгээр сонгомол элэгдэл үрэлтэд автсан тохиолдолд керн болоод үрэгдэлтээс болж гарсан материалыг агуулж байгаа шлагыг мөн сорьцолж тус тусад нь шинжилгээнд хамруулна. Хэрэв өрөмдлөгийн диаметр бага, хүдрийн эрдсийн тархалт нь маш жигд бус байвал тухайн кернийг бүтнээр сорьцолно.
- Уулын малталтын хувьд хүдрийн биетийн бүх зузааныг огтолж байгаа хэвтээ болон босоо малталтын хоёр хананаас, харин хүдрийн биетийн суналын дагуу малтсан малталтуудын хувьд мөрөгцөгт сорьцолт хийнэ. Хүдрийн биетийн дагуу малтсан малталтын мөргөцөгөөс сорьцлохдоо сорьц хоорондын зай ихэвчлэн 2-4 м, арсенид, сульфо-арсенидын хүдрийн ордод 1-2 м байхаар (зайг ихэсгэх бол туршилтын ажлын үр дүнгээр баталгаажуулсан байх ёстой) тооцно. Босоо уналтай хүдрийн биетэд малтсан хэвтээ малталтаас сорьцлохдоо урьдчилан тодорхойлсон тогтвортой түвшнээс сорьцуудыг авч, хэрэглэж байгаа үзүүлэлтийг туршилтын ажлаар баталгаажуулсан байх ёстой. Уулын малталтад хэрэглэж байгаа сорьцолтын аргыг ашиглахад хүдрийн ба хүдрийн бус эрдсүүдийн наалдаж, нялзах тохиолдол байгаа эсэхийг судалж тогтоосон байх ёстой.
- Өрмийн цооног болон уулын малталтуудаас авсан геологи, геофизикийн сорьцолтын үр дүнг тухайн хүдэржилтийн жигд бус байдлыг үнэлэх, цацраг идэвхжил байгаа эсэхийг тогтооход хэрэглэнэ. Иймд томоохон хэмжээгээр авах сорьцыг секц тус бүрд жигд алхмаар (ердийн сорьц) буюу 1 м-ээр авах хэрэгтэй. Хүдэржилтийн үзүүлэлтүүд нь маш тогтвортой тохиолдолд сорьцолтын уртыг нэмж болно, маш жигд бус байвал заавал 1 м гэхгүйгээр багасгаж бас болно. Сорьцолтын үр дүн өрмийн цооног болон уулын малталтаас гарсан чулуун дээж материалын баримтжуулалт зэргээр тухайн

ордын нөөцийн тооцооны хүрээнд агуулагдах ядуу (жишгийн бус) эсвэл хоосон үеүдийн тархалтын тоон үнэлгээ өгч болно.

3.13. Хүдрийн үндсэн төрлүүдээр хийгдэж байгаа сорьцлолтын арга аргачлал тус бүрээр сорьцлолтын чанарыг тогтмол хянаж үр дүнгийн үнэмшил, нарийвчлалыг үнэлж байх ёстой. Геологийн тогтцын тодорхой элементүүдэд сорьц хэрхэн байрлаж байгааг хянаж, хүдрийн биетүүдийг зузаанаар нь хүрээлэх буюу хил заагийг тогтооход найдаж болох эсэх, сорьцын үзүүлэлтүүд тогтвортой байгаа эсэх, түүний жин нь ховилон сорьц авахаар төлөвлөсөн огтлолын онолын жинтэй, мөн гаргаж авсан керний сорьцын жин нь онолын жинтэй тохирч байгаа эсэхийг (хүдрийн нягтын өөрчлөлтийг харгалзан үзэхэд ийм зөрөө $\pm 10-20\%$ -иас хэтэрч болохгүй) шалгаж, хянаж байх ёстой.

Ховилон сорьцын нарийвчлалыг яг ижил ховилоор зэрэгцүүлэн сорьцлолт хийж, керний сорьцыг түүний үлдсэн талыг сорьцлох замаар шалгана. Хэрэглэж байгаа сорьцлолтын аргачлал, сорьц авч байгаа аргуудын үнэмшлийг илүү төлөөлөх чадвартай сорьц авч үр дүнг харьцуулах замаар хянадаг.

Геофизикийн судалгааны хувьд байгалийн хэмжилт хийхдээ хэмжилтийн аппаратурын тогтвортой байдлыг хянах хэрэгтэй ба үүнийг ердийн хэмжилт болон давтан хэмжилтээр хийнэ. Каротажийн үр дүн нь өрмийн керний гарц өндөртэй (90%) сорьцын үр дүнгээр баталгаажигдана.

Сорьцлолтын үнэн зөв байдалд ямар нэг дутагдалтай зүйл тохиолдсон үед хүдрийн интервалыг дахин сорьцлоно (эсвэл давтан каротаж хийх).

Хэрэв өрмийн керн сонгомол элэгдэлд орж тэр нь сорьцлолтын үр дүнд мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлж байгаа тохиолдолд тухайн цооногийн мэдээллийн үнэн зөв байдлыг тодорхойлохдоо зэргэлдээх уулын малталтын сорьцлолтоор баталгаажуулна.

Сорьцлолт хийсэн аргын хяналтыг илүү төлөөлөх чадвартай аргаар сорьцлолт хийж, үр дүнг харьцуулах замаар хийдэг. Түүнээс гадна сорьцлолтын үнэмшлийг тодорхойлоход технологийн сорьц, эзлэхүүний жинг тодорхойлох зорилгоор целикүүдээс авсан бөөн сорьцуудын мэдээллүүд, мөн ордын олборлолтын үр дүнгүүдийг ашиглах шаардлагатай.

Ашиглалтын үйл ажиллагаа явагдаж буй үйлдвэрлэлийн хувьд сорьцлолтын арга аргачлалыг шалгахдаа уулын малталт эсвэл өрмийн цооногоор хязгаарлагдсан нөөцийн блокууд, уурхайн түвшингүүдийн үр дүнг хооронд нь харьцуулах замаар шалгана.

Хяналтын сорьцын хэмжээ нь статистик боловсруулалт хийхэд болон байнгын (системтэй) алдаа байгаа эсэх талаар үндэслэлтэй дүгнэлт гаргахад, мөн шаардлагатай тохиолдолд хэрэглэх засварын итгэлцүүрийг үндэслэхэд хангалттай байх ёстой.

3.14. Сорьцын боловсруулалтыг орд тус бүр дээр ашигт бүрдвэрийн тархалт, түүнийг агуулагч эрдсийн мөхлөгийн хэлбэр ба хэмжээг тооцон үзэж

боловсруулсан бүдүүвчийн дагуу хийнэ. Үндсэн ба хяналтын сорьцуудыг ижил бүдүүвчээр боловсруулна.

Боловсруулалтын чанарыг бүх үйл ажиллагаа тус бүрээр, тухайлбал “К” коэффициентын үндэслэл болон боловсруулалтын бүдүүвчийг баримталж байгаа байдлыг тогтмол хянана. Сорьцыг боловсруулахдаа бутлах төхөөрөмжийн цэвэрлэгээг тогтмол хянах хэрэгтэй.

Хяналтын бөөн сорьцын боловсруулалтыг тусгайлан боловсруулсан хөтөлбөрийн дагуу хийнэ.

3.15. Хүдрийн химийн найрлагыг судлахдаа голлох ашигт ба дагалдах бүрдвэрүүд болон хорт хольцуудыг илрүүлэхэд чиглэсэн бүрэн хэмжээний судалгааг хийнэ. Тэдгээрийн хүдэр дэх агуулгыг сорьцуудад химийн, гэрлийн, физикийн болон бусад шинжилгээний аргуудаар улсын батлагдсан стандартын дагуу тодорхойлно.

Хүдэр дэх дагалдах ашигт бүрдвэрийн судалгааг ашигт малтмалыг цогцоор судалж, ашиглах зорилгоор дагалдах ашигт бүрдвэрийн судалгаа хийх аргачилсан зөвлөмжийн шаардлагыг баримтлан гүйцэтгэнэ. Энэ төрлийн аргачилсан зөвлөмж боловсруулагдаагүй тохиолдолд түүнтэй адил төсөөтэй тухайлбал ОХУ-ын “Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов, 2007” зөвлөмжийг ашиглаж болно.

Бүх ердийн сорьцуудад үндсэн ашигт бүрдвэрийг тодорхойлох ба түүний үр дүнг хүдрийн биетийг хүрээлэн, нөөцийг тооцоолоход хэрэглэнэ.

Зэс-никелийн сульфидын хүдрийн ордуудад ердийн сорьцуудыг никель, зэс, кобальт болон хүхрийн агуулгыг тодорхойлох шинжилгээнд хамруулах ба эдгээр элементүүд өндөр агуулагдаж буй тохиолдолд алт болон цагаан алтны бүлгийн элементүүдийг шинжилнэ. Бусад ашигт бүрдвэрүүд (мөнгө, селен, теллур) болон хорт хольц (цайр, хар тугалга, хүнцэл, фтор, кадми, висмут), мөн эдгээрээс гадна шлак (шаар) үүсгэгч бүрдвэрүүд (SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , MgO ба CaO) зэргийг бүлэгчилсэн сорьцуудад тодорхойлно.

Никелийн силикат хүдрийн ордуудад ердийн сорьцуудад никель, кобальт, төмөр (төмөрлөг хүдэрт)-ийн агуулга тодорхойлно. Бүлэгчилсэн сорьцуудад никель, кобальт, төмөр, шлак үүсгэгч бүрдвэрүүд (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , CaO , заримдаа FeO , MnO , TiO_2) болон хорт хольцын (Cr_2O_3 , Cu , P_2O_5) шинжилгээнд хамруулна.

Арсенид болон сульфо-арсенидын никель, кобальтын хүдрийн ордод ердийн сорьцуудад никель, кобальт, заримдаа хүнцэл, бүлэгчилсэн сорьцонд зэс, хүнцэл, висмут, алт, мөнгө, хүхэр, сурьма, хар тугалга, цайр болон шлак үүсгэгч (SiO_2 , CaO и MgO) бүрдвэрүүдийг тодорхойлно.

Энгийн сорьцуудыг бүлэгчилсэн сорьцуудад нэгтгэх, тэдний тархалтын байдал ба ерөнхий тоо хэмжээг тогтоох журам нь хүдрийн үндсэн төрлүүдийн хувьд дагалдах ба хортой хольцууд, мөн шлак үүсгэгч бүрдвэрүүдийг

тодорхойлоход жигд сорьцлогдсон байдалтай байх, хүдрийн биетүүдийн унал ба суналын дагуу тэдгээрийн агуулгын өөрчлөлтийн зүй тогтлыг гаргаж чадах нөхцөлийг хангахад чиглэгдэнэ.

Никелийн силикат хүдрийн ордуудад шлак үүсгэгч бүрдвэрүүдийг тухайн ордын хайгуулын боломжтой (С) зэрэглэлд хамаарах нөөцийн бүх цооногуудад судлагдсан байна.

Сульфид, арсенид болон сульфо-арсенидын хүдрийн исэлдлийн зэргийг тогтоох, исэлдсэн бүсийн хилийг зураглах, мөн силикаттай холбоотой никель, кобальтын хэмжээг тодорхойлохдоо фазын шинжилгээг заавал хийнэ.

3.16. Сорьцын шинжилгээний чанарыг тогтмол хянаж, хяналтын үр дүнг цаг тухайд нь зохих аргачлалын заалтын дагуу боловсруулж байх ёстой. Сорьцын шинжилгээний геологийн хяналтыг лабораторийн дотоод хяналтаас хамаарахгүйгээр ордын хайгуулын төслийн үргэлжлэх хугацааны туршид хийж байх ёстой. Шинжилгээний хяналтад үндсэн ашигт бүрдвэрээс гадна дагалдах ашигт бүрдвэрүүд болон хортой хольцуудыг нэгэн адил хамааруулсан байна.

3.17. Санамсаргүй (тохиолдлын) алдааны хэмжээг тогтоохын тулд шинжилгээний сорьцуудын дубликатаас авсан хяналтын сорьцуудад өөр дугаар өгөөд үндсэн шинжилгээг хийсэн лабораторид нь шинжлүүлэх замаар дотоод хяналтыг ашиглана.

Байнгын алдааг илрүүлэх, үнэлэхийн тулд гадаад хяналт хийх эрх бүхий өөр лабораторид гадаад хяналтын шинжилгээ хийлгэнэ. Гадаад хяналтын шинжилгээнд үндсэн шинжилгээ хийсэн лабораторид хадгалагдаж байгаа ба дотоод хяналт хийсэн сорьцуудын дубликатыг илгээнэ. Судалж шинжилж байгаа сорьцуудтай ижил төсөөтэй стандарт найрлагатай сорьц (СНС)-ууд байгаа тохиолдолд стандарт сорьцуудаа шинжилгээ хийлгэх гэж байгаа ердийн сорьцуудын бүлэгт багтаан үндсэн шинжилгээ хийсэн лабораторид шинжлүүлэх замаар гадаад хяналтыг хийж болно.

Дотоод болон гадаад хяналтад илгээж байгаа сорьцууд нь ордын хүдрийн бүх төрлүүд, агуулгын бүлгүүдийг төлөөлж чадах хэмжээнд байх ёстой. Дотоод хяналтад гоц өндөр агуулгатай бүх сорьцыг заавал хамааруулсан байна.

3.18. Дотоод ба гадаад хяналтын хэмжээ нь шинжилгээ хийгдсэн үе шат бүрээр (улирал, хагас жил г.м.), агуулгын бүлэг бүрээс сонгогдсон тэднийг төлөөлөх хэмжээнд байх ёстой. Агуулгын бүлгүүдийг ялгахдаа ашигт бүрдвэрийн агуулгаар нөөцийн тооцоонд хэрэглэх жишгийн (захын агуулга, үйлдвэрлэлийн бага агуулга гэх зэрэг) үзүүлэлтүүдийг тооцон үзнэ. Шинжлүүлж байгаа сорьцын тоо маш их (жилд 2000 ба түүнээс их) бол хяналтын шинжилгээнд 5%-тай тэнцэх тооны сорьцыг илгээнэ. Агуулгын бүлэг бүрээр шинжлүүлсэн сорьцуудын тоо бага бол хяналтын хугацаанд тус бүрээс 30-аас багагүй тооны хяналтын сорьцод шинжилгээ хийлгэнэ.

3.19. Агуулгын бүлэг тус бүрээр дотоод ба гадаад хяналтын мэдээллийн боловсруулалтыг тодорхой давтамжтай (улирал, хагас жил, жил)-гаар

шинжилгээний төрөл ба үндсэн шинжилгээ хийсэн лаборатори тус бүрээр хийнэ. Стандарт сорьцын шинжилгээний үр дүнгээр гарсан байнгын алдааны үнэлгээг шинжилгээний өгөгдлийн статистик боловсруулалт хийх аргачлалын дагуу хийнэ. Дотоод хяналтын үр дүнгээр тооцоолсон харьцангуй дундаж квадрат алдаа нь хүснэгт 7-д заасан хэмжээнээс хэтрэхгүй байх ёстой. Хэтэрсэн тохиолдолд тухайн агуулгын бүлгийн үндсэн шинжилгээний үр дүн болон лабораторийн уг шинжилгээг хийсэн хугацааны бүх сорьцуудын үр дүн хүчингүй болж сорьцуудад дахин шинжилгээг геологийн дотоод хяналттай хамтруулан хийнэ. Үндсэн шинжилгээг хийсэн лаборатори алдаа гарах болсон шалтгааныг тогтоож, арилгах арга хэмжээг авах ёстой.

3.20. Гадаад хяналтын шинжилгээгээр үндсэн ба гадаад хяналт хийсэн лабораториудын үр дүнгийн хооронд байнгын зөрүү илэрсэн тохиолдолд арбитрын хяналтын шинжилгээг эрх бүхий лабораторид хийлгэнэ. Арбитрын хяналтад лабораторид хадгалагдаж буй ердийн болон гадаад хяналтын шинжилгээний үр дүн бүхий сорьцуудын дубликатыг (шаардлагатай тохиолдолд шинжилгээ хийсэн сорьцын нунтаг үлдэгдэл) илгээнэ. Хяналтад байнгын зөрүү илэрсэн агуулгын бүлэг тус бүрээс 30-40 сорьцыг арбитрын хяналтад хамааруулна. Шинжилж байгаа сорьцтой ижилхэн найрлагатай СНС байгаа бол тэдгээрийг мөн арбитрын шинжилгээнд илгээж буй сорьцуудын дунд оруулж шинжлүүлнэ. СНС тус бүрээр хяналтын шинжилгээний 10-15% -д үр дүн байх ёстой.

Арбитрын шинжилгээгээр байнгын алдаа байгаа нь батлагдсан тохиолдолд түүний шалтгааныг олж, арилгах арга хэмжээ авч, тодорхой бүлэг тус бүрийн бүх сорьцуудыг дахин шинжлэх, эсвэл үндсэн лабораторийн уг сорьцуудын шинжилгээ хийсэн цаг үеийн бүх шинжилгээний үр дүнг хүчингүй болгох, эсвэл зохих засварын коэффициент (итгэлцүүр) хэрэглэх эсэхийг шийдвэрлэх шаардлагатай болно. Арбитрын шинжилгээ хийлгүйгээр засварын коэффициент хэрэглэхийг хориглоно.

Дундаж квадрат алдааны зөвшөөрөгдөх хэмжээ

Хүснэгт-7.

Найрлага	Хүдрийн агуулгын бүлэг*, % (Au, Ag, Se, Te, г/т)*	Дундаж квадрат алдааны зөвшөөрөгдөх хэмжээ, %	Найрлага	Хүдрийн агуулгын бүлэг*, % (Au, Ag, Se, Te, г/т)*	Дундаж квадрат алдааны зөвшөөрөгдөх хэмжээ, %
1	2	3	4	5	6
Ni	1-2	5	Te	100-500	17
	0.5-1	7		50-100	22
	0.2-0.5	10		20-50	25
Co	>1	2.5		5-20	30
	0.5-1.0	3.5		1-5	30
	0.1-0.5	6.0	Cr ₂ O ₃	10-20	2.5
	0.05-0.1	10		5-10	3
	0.01-0.05	25		1-5	5
Cu	1-3	5.5		0.1-1	8.5

	0.5–1	8.5	P ₂ O ₅	0.1–0.3	11
	0.2–0.5	13		0.05–0.1	15
	0.1–0.2	17		0.01–0.05	25
S	30–40	1.2		0.001–0.01	30
	20–30	1.5	SiO ₂	>50	1.3
	10–20	2		20–50	2.5
	2–10	6		5–20	5.5
	1–2	9		1.5–5	11
Au	4–16	18	Fe ₂ O ₃	10–20	3
	1–4	25		5–10	6
	0.5–1	30		1–5	12
	<0.5	30	FeO	5–12	5.5
Ag	100–300	7		3.5–5	10
	30–100	12		<3.5	20
	10–30	15	MgO	20–40	3
	1–10	22		10–20	4.5
	0.5–1	25		1–10	9
Se	100–500	15	Al ₂ O ₃	15–25	4.5
	50–100	20		10–15	5
	20–50	25		5–10	6.5
	5–20	30		1–5	12
	1–5	30			
* Тухайн ордын агуулгын бүлэгт заагдсан хэмжээнээс зөрж байгаа тохиолдолд дундаж квадрат алдааны зөвшөөрөгдөх хэмжээг интерполяциар тодорхойлно.					

3.21. Сорьц авалт, боловсруулалт ба шинжилгээний талаар хийсэн хяналтын үр дүнгээр хүдрийн огтлолуудыг ялгахад болон тэдгээрийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлоход гарсан байж болох алдааг үнэлсэн байх хэрэгтэй.

3.22. Хүдрийн байгалийн ба үйлдвэрлэлийн төрлүүдийн эрдсийн найрлага, тэдний структур-текстурын онцлог болоод физик шинж чанаруудыг минералогипетрографи, физикийн, химийн болон бусад шинжилгээг ашиглан судалсан байх ёстой. Тодорхой эрдсүүдийн бичиглэл хийхийн зэрэгцээ тэдгээрийн физик шинж чанарыг тодорхойлж, тархалтын тоон үнэлгээг хийнэ.

Зэс-никелийн сульфидын, арсенидын болон сульфо-арсенидын хүдэрт никель, кобальт, зэс болон цагаан алтны бүлгийн элемент агуулсан эрдсүүдэд онцгойлон анхаарч тэдгээрийн тоо хэмжээ, өөр хоорондоо болон бусад эрдсүүдтэй үзүүлж буй хамаарал (хам ургалт, эрдсийн хэлбэр, хэмжээ гэх мэт), мөхлөгийн хэмжээ тэдгээрийн төрлүүдийн ангилал зэргийг тодорхойлох ёстой. Баяжуулалт хийх шаардлагатай хүдрийн хувьд хүдрийн хаягдалд үлдэж болох сульфидтай холбоогүй никель, кобальтын хэмжээг тодорхойлно.

Хэт суурилаг чулуулгийн өгөршлийн гадаргууд үүссэн никелийн силикатын хүдрийн хувьд юуны түрүүнд түүний химийн найрлагад тусгайлан анхаарч, хүдрийн биетийн хэмжээнд никель, кобальт, шлак үүсгэгч бүрдвэрүүд, хромын гуравч исэл болон бусад хорт хольцуудын тархалтын зүй тогтлыг тодруулах хэрэгтэй. Мөн хүдрийн эрдэслэг бүрэлдэхүүнийг нарийвчлан судалж никель, кобальт агуулсан эрдсүүдийг нэг бүрчлэн тогтоох хэрэгтэй. Ялангуяа никель, кобальт агуулсан силикат хүдэрт хүдрийн эрдэс нь оптик микроскопоор ялгахад хүндрэлтэй тохиолдол байдаг тул XRD (рентген фазын шинжилгээ), Лазер раман

спектрометр зэрэг минералогийн шинжилгээний тусгай аргуудыг хэрэглэх шаардлагатай.

Минералогийн судалгааны явцад хүдрийн голлох, дагалдах ашигт бүрдвэрүүд болон хортой хольцын тархалтыг хослуулж тэдгээрийн тархалтын баланс нь эрдсийн хэлбэрээрээ тохирч байгаа эсэхийг судлах хэрэгтэй.

3.23. Хүдрийн эзлэхүүн жин, байгалийн чийгшлийг тухайн хүдрийн байгалийн төрөл тус бүрд тодорхойлох бөгөөд хүдэр доторх жишгийн бус агуулгатай үеүдийг ялгахдаа зохих аргачлалын дагуу гүйцэтгэнэ.

Нягт тогтоцтой цул хүдрийн эзлэхүүн жинг голчлон шаардлага хангасан сорьцыг парафинаар бүрж тодорхойлдог ба хяналтыг том хэмжээний сорьцод хийж байх шаардлагатай. Сэвсгэр, ан цав ихтэй, нүх сүвэрхэг хүдрийн эзлэхүүн жинг целикэд тодорхойлох шаардлагатай. Хяналтын ажил шаардлагатай хэмжээнд байгаа тохиолдолд эзлэхүүн жинг гамма туяагаар шарж шингээх аргаар тодорхойлж болно. Эзлэхүүн жин тодорхойлсон сорьцонд хүдрийн чийгшлийг заавал хамт тодорхойлно. Эзлэхүүн жин болон чийгшил тодорхойлсон сорьцууд нь минералогийн хувьд бүрэн бичиглэл хийгдсэн ба үндсэн бүрдвэрүүдийн агуулгын шинжилгээ хийгдсэн байх ёстой.

3.24. Хүдрийн химийн болон эрдсийн найрлага, структур-текстурын онцлогууд, физик шинж чанаруудыг судалсны үр дүнд хүдрийн байгалийн төрлүүдийг тогтоож, ангилан (селектив) олборлолт хийж тусад нь боловсруулах шаардлагатай үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүдийг урьдчилан таамаглана. Хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүд болон сортуудын эцсийн ангиллыг ордуудад илэрсэн хүдрийн байгалийн төрлүүдийн технологийн судалгааны үр дүнг үндэслэн хийнэ.

ДӨРӨВ. ОРДЫН ХҮДРИЙН ТЕХНОЛОГИЙН ШИНЖ ЧАНАРЫН СУДАЛГАА

4.1. Никель, кобальтын ордын хүдрийн технологийн судалгааг явуулахын тулд юуны өмнө ордын төрлөөс хамааран хүдрийн байгалийн (минералогийн) болон технологийн бүх төрөл, сортуудыг хамааруулан туршилт хийх сорьцыг тогтоосон аргачлал, журмын дагуу тухайн ордыг бүрэн төлөөлж чадахуйц хэмжээнд авна.

Никелийн хүдэржилт нь эрдэслэг бүрэлдэхүүний хувьд сульфидын болон силикатын үндсэн 2 төрөлд ангилагдах ба үүнтэйгээ холбоотой баяжуулалтын технологийн туршилт нь харилцан адилгүй аргуудыг шаардаж болно. Кобальтын хувьд маш олон төрлийн гарал үүсэлтэй сүүлийн жилүүдэд сэргээгдэх эрчим хүчний технологид кобальтыг ашиглах болсонтой холбоотойгоор бусад төрлийн ашигт малтмалын ордоос дагалдах ашигт бүрдвэр байдлаар гарган авч байна. Тус аргачилсан зөвлөмжид дэлхийн хэмжээнд өргөнөөр хэрэглэж байгаа баяжуулалтын технологийн аргуудыг тусган харуулахыг зорилоо.

Никелийн силикат хүдрийн хувьд никель нь силикат, усан исэл хэлбэрт орсон байх тул эрдэслэг бүрэлдэхүүнийг оптик микроскопоор тогтооход хүндрэлтэй байдаг. Иймд рентген фазын судалгаа буюу XRD мөн лазер раман спектрометр

багажийн тусламжтайгаар эрдсийн чанарын болон оронт торын шинжилгээг заавал хийх хэрэгтэй.

Индукцийн холбоост плазмын оптик шингээлт (ICP-OES), атом шингээлт (ICP-AES) болон массын (ICP-MS) спектрометр зэрэг өндөр нарийвчлалтай лабораторийн шинжилгээний аргууд аль ч төрлийн ашигт малтмалын ашигт бүрдвэрийн агуулгыг тогтоох судалгаанд өргөн хэрэглэгдэж байгаа ба эдгээрийг никель, кобальтын агуулгыг тогтооход хэрэглэхийг зөвлөж байна. Мөн силикатын буюу XRF шинжилгээгээр чулуулаг бүрдүүлэгч гол ислүүдийн хамт хром, зэс, никель, кобальт зэрэг дагалдах элементүүдийн агуулгыг тогтоож болох тул агуулагч чулуулгийн химийн онцлогтой нь хамтруулан судлахад энэхүү шинжилгээний төрлийг санал болгож болно.

Хүдрийн эрдэс нь маш жижиг хэмжээтэй байх эсвэл ашигт бүрдвэр нь ямарваа нэг эрдсийн дотор хатуу хайлш байдлаар үүссэн тохиолдолд, мөн хүдрийг нунтаглах бондын индексийг тогтоох шаардлагатай тохиолдолд QEMSCAN, MLA зэрэг багажуудыг ашиглаж болно.

4.2. Хүдрийн баяжигдах шинж чанарын туршилтыг минералогии-технологийн, бага технологийн, лабораторийн, томсгосон лабораторийн, хагас үйлдвэрлэлийн зориулалттай сорьцод лабораторийн болон хагас үйлдвэрлэлийн нөхцөлд түвшинд хийнэ.

4.3. Хялбар баяжигддаг хүдрийн хувьд лабораторийн түвшний технологийн судалгааны аргачлалыг ижил төстэй шинж чанар бүхий хүдэр баяжуулах үйлдвэрийн технологийг жишиг болгон авч ашиглахыг зөвшөөрнө. Баяжигдах чанар нь хүнд (төвөгтэй), эсвэл шинэ төрлийн хүдрийн хувьд ийм төрлийн хүдрийг баяжуулсан туршлага байхгүй бол, шаардлагатай тохиолдолд тухайн хүдрийг баяжуулсан бүтээгдэхүүнийг сонирхсон байгууллага, компанитай зөвшилцсөний үндсэн дээр техникийн даалгаврын дагуу хүдрийн технологийн судалгааг явуулна.

4.4. Хүдрийн технологийн төрлүүд, сортуудыг ялгахдаа геологи-технологийн зураглал хийх ба үүний үндсэн дээр сорьцлолт хийх торыг хүдрийн байгалийн төрлүүдийн тоо хэмжээ болон илрэх давтамжаас шалтгаалан сонгоно.

4.5. Тодорхой торлолоор авагдсан минералогии-технологийн болон бага хэмжээний технологийн сорьцууд нь тухайн орд дээр илэрсэн хүдрийн байгалийн бүх төрлийг төлөөлөхүйц хэмжээгээр авагдсан байх ёстой. Тэднийг урьдчилсан технологийн туршилтад хамруулсны үр дүнд хүдрийн геологи-технологийн төрлүүдийг тогтоож, хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүд, сортуудыг ангилж, ангилсан үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүдийн хэмжээнд хүдрийн бодисын найрлага, физик-механикийн ба технологийн шинж чанаруудын орон зайн өөрчлөлтийг судлан, хүдрийн геологи-технологийн зургууд, планууд, зүсэлтүүдийг байгуулна.

4.6. Лабораторийн ба томсгосон лабораторийн сорьцуудад хүдэрт ялгасан үйлдвэрлэлийн (технологийн) бүх төрлүүдийн технологийн шинж чанарыг судалж хүдрийг баяжуулах (боловсруулах) технологийн оновчтой бүдүүвчийг сонгох,

баяжуулалтын технологийн болоод гаргаж авсан бүтээгдэхүүний үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлоход шаардлагатай хэмжээнд тодорхойлсон байна. Энэ тохиолдолд хүдрийг бутлах, нунтаглалтын оновчтой зэргийг тогтоож, ашигт эрдсүүдийг баяжуулж авах, хаягдалд ашигт эрдсүүдийг хамгийн бага хаях боломжийг хангана.

4.7. Хагас үйлдвэрлэлийн технологийн туршилт нь хүдрийг баяжуулах технологийн бүдүүвчийг шалгах, лабораторийн туршилтаар тогтоосон хүдрийн баяжилтын үзүүлэлтүүдийг тодруулах зорилгоор хийгдэнэ. Хагас үйлдвэрлэлийн технологийн туршилтыг хийхдээ технологийн туршилт хийх тусгай эрхтэй байгууллагаар гэрээ хийсний үндсэн дээр тусгайлан бэлтгэсэн программын (хөтөлбөр) дагуу хийнэ. Хагас үйлдвэрлэлийн туршилтад зориулж сорьц авахдаа зөвхөн тус төсөлд тусгайлан гаргасан аргачлалыг мөрдөж авна

4.8. Лабораторийн томсгосон ба хагас үйлдвэрлэлийн технологийн туршилтад зориулж авсан сорьц нь тухайн хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлийн химийн ба эрдсийн найрлага, структур-текстурын онцлог, физикийн болон бусад шинж чанаруудын дундаж найрлагыг төлөөлөх чадвартай байх ёстой бөгөөд ашиглалтын үеийн боломжит бохирдол болон сортлолтын үеийн баяжилтыг тооцож үзсэн байх ёстой. Сорьц нь гранулометрийн найрлагын хувьд тухайн ордын хүдрийн баяжуулалтад хэрэглэхээр төлөвлөж байгаа технологийн бүдүүвчид тохирч ёстой.

4.9. Хүдрийн технологийн туршилтыг хийхдээ тухайн хүдрийг радиометрийн (рентгенорадиометрийн болон бусад) аргаар ялгалт хийх боломжийг судлахыг зөвлөж байна. Холбогдох арга зүйн баримт бичгийг удирдлага болгон хүдрийн массыг ялгахад ашиглаж болох физик шинж чанар, хүдрийг найрлагаар нь багцлах ялгарал, хүдрийн бүрэлдэхүүний янз бүрийн агуулгын утгуудад ялгагдаж болох радиометрийн ялгалтыг үнэлсэн байх ёстой. Радиометрийн аргаар ялгах боломжийг үнэлэх, хүдрийг ангилан олборлоход шаардлагатай хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрлүүдийг тодруулах, хүдрийн массыг бөөнөөр нь олборлох боломжийг баталгаажуулах, мөн радиометрийн аргаар баяжуулах схемийг боловсруулсан байх ёстой. Цаашид хүдрийг боловсруулах туршилтуудыг хийхдээ хүдрийн радиометрийн аргаар баяжуулах технологийн ерөнхий бүдүүвчийг гаргаж эдийн засгийн ач холбогдлыг үнэлэхэд дараах зүйлсийг анхаарах хэрэгтэй. Хүдрийн бутлагдах, нунтаглагдах чанар, эрдсийн фазуудын задрах хэмжээ, хүдрийн угаагдах чанар зэргийг тодорхойлохын тулд хүдрийн ширхэглэлийн янз бүрийн бүлгүүдийн шигшүүрийн шинжилгээ хийхээс гадна, угаагдсан хүдэр болон угаасан шламанд гравитацын шинжилгээ, жижиг ширхэглэг хэсэгт соронзон шинжилгээг тус тус хийнэ. Хүдэр баяжуулах технологийн бүдүүвчийг сонгож, бутлах-нунтаглах үе шатны тоо ба үе шатуудыг тогтооно. Баяжуулалтын арга замууд, баяжмал болон хагас бүтээгдэхүүнүүд, тэдгээрт агуулагдсан ашигт бүрдвэрүүдийг гүйцээн гаргаж авах арга замуудыг тодорхойлно.

4.10. Сульфидын болон арсенидын хүдрийн баяжигдах чанарын судалгааг

хийхдээ хүдрийн исэлдлийн зэрэг, эрдэслэг бүрэлдэхүүн, хүдрийн структур, текстурин онцлог дагалдах ашигт болон хорт хольц байгаа эсэх хэрэв байгаа бол тэдгээрийг гарган авах арга замыг технологийн минералогийн аргаар тогтоосон байх ёстой. Хүдрийн бутлагдах, нунтаглагдах чанар, эрдсийн фазуудын задрах хэмжээ, хүдрийн угаагдах чанар зэргийг тодорхойлохын тулд хүдрийн янз бүрийн бүлгүүдийн шигшүүрийн шинжилгээ, хүндийн хүчний шинжилгээг хийнэ. Хүдэр баяжуулах технологийн бүдүүвчийг сонгож, бутлах-нунтаглах үе шатны тоо ба үе шатуудыг тогтооно. Баяжуулалтын арга замууд, баяжмал болон хагас бүтээгдэхүүнүүд, тэдгээрт агуулагдсан ашигт бүрдвэрүүдийг гүйцээн гаргаж авах арга замуудыг тодорхойлно.

4.11. Хүдрийн технологийн шинж чанарыг судалсны үр дүнд тухайн хүдрийг баяжуулах, түүнд агуулагдах үйлдвэрийн ач холбогдол бүхий бүх төрлийн ашигт бүрдвэрүүдийг салган авахад зориулсан технологийн бүдүүвчийг гарган авахад шаардлагатай гол өгөгдлүүдийг тодорхойлсон байна.

4.12. Хүдрийн үйлдвэрлэлийн (технологийн) төрөл ба сортууд урьдчилан төлөвлөсөн жишгийн үзүүлэлтүүдийг хангах шаардлагатай, баяжуулалтын болон химийн боловсруулалтын технологийн үндсэн параметруудийг (гравитаци, соронзон ялгалт болон флотацын үед баяжмалын гарц ба түүний чанарт ховор металл, бусад дагалдах ашигт бүрдвэр болон хорт хольцын агуулга хамаарна) тогтоосон байх ёстой. Үүнээс гадна баяжмалыг дахин боловсруулж дагалдах ашигт бүрдвэрүүдийг гарган авах тусгай ажиллагаанууд болон тэдгээрийг гарган авахтай холбоотой хэрэглэгдэх урвалж материалуудын зарцуулалт (мөхлөгийн хэмжээ, урвалжийн үлдэгдэл концентраци) зэргийг тооцоолж хаягдлын далан, хоргүйжүүлэх асуудлыг судалж шийдвэрлэсэн байна.

4.13. Хагас үйлдвэрлэлийн туршилтын үр дүнд хүлээн авсан технологийн бүдүүвчийн найдвартай байдлыг үйлдвэрлэлийн явцад технологийн болон эцсийн бүтээгдэхүүний балансын тооцоогоор үнэлнэ. Туршилтын үр дүн болон бүтээгдэхүүний балансын тооцоогоор зөрүү 10%, түүнээс ихгүй байх ёстой ба түүний хэмжээг баяжмал дахь металлын масс болон хаягдалд пропорциональ хэмжээгээр тархаах ёстой. Дахин боловсруулалтын үзүүлэлтүүдийг орчин үеийн никель ба кобальтын хүдрийн баяжуулах үйлдвэрүүдийн үзүүлэлтүүдтэй харьцуулан үзэх хэрэгтэй. Баяжмалын чанарыг уурхайн олборлогч болон металлургийн үйлдвэрийн тохирсон гэрээний дагуу тодорхой цаг хугацаанд зохицуулалт хийх, эсвэл тохирох стандарт болон техникийн нөхцөлөөр тохирох ёстой. Манай улсад өнөөгийн байдлаар никель, кобальтын баяжмалд тавих улсын, салбарын техникийн нөхцөлийн стандарт хараахан байхгүй байна.

4.14. Дагалдах ашигт бүрдвэрийн хувьд Монгол улсын Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн яамнаас батлагдахаар хүлээгдэж байгаа “Ордыг иж бүрэн судлах болон дагалдах ашигт малтмал ба ашигт бүрдвэрийн нөөцийг тооцоолох аргачилсан зөвлөмж” байхгүй байгаа учраас ОХУ-д боловсруулан мөрдөж байгаа “Ордыг иж бүрэн судлах болон дагалдах ашигт малтмал ба ашигт бүрдвэрийн нөөцийг тооцоолох аргачилсан зөвлөмж”-ийн дагуу хийж, хүдэр дэх боловсруулалтын бүтээгдэхүүнүүдэд тэдгээрийн тархалтын тэнцэл (баланс) ба

орших хэлбэрийг тодорхойлж, ялган авах нөхцөлүүд болон эдийн засгийн хувьд ашигтай эсэхийг тогтоосон байх хэрэгтэй.

4.15. Боловсруулан санал болгосон технологийн бүдүүвчинд баяжуулалтын хаягдал, баяжуулалтад хэрэглэсэн усыг эргүүлэн дахин ашиглах боломж, тухайлбал баяжуулалтын хаягдлыг боловсруулан микробордоо болгох, хаягдал усыг цэвэршүүлэх зөвлөмжүүдийг өгсөн байх шаардлагатай.

4.16. Монгол орны хувьд өнөөгийн байдлаар олборлолт, баяжуулалтын үйл ажиллагаа хийгдэж байгаа никель ба кобальтын орд хараахан байхгүй байна. Хэдий тийм боловч ОХУ-ын жишээнээс харахад зэс-никелийн сульфидын болон өгөршлийн гадаргуутай холбоотой никелийн силикатиин (лиственит хамаарч болно) гэсэн үндсэн 2 төрөл байж болох юм.

4.17. Зэс-никелийн сульфидын хүдэр нь никелийн агуулгаасаа хамаарч баян (цул) болон ердийн (шигтгээлэг) гэж үндсэн 2 төрөлд ялгагдана.

- Ердийн (шигтгээлэг төрөл) хүдрээс зэс-никелийн хам баяжмал гаргадаг. Норильскийн төрлийн ердийн хүдрийг гравитац-флотацын аргаар баяжуулж, никель, зэс, пирротины болон гравитацын баяжмалуудыг гарган авдаг. Гравитацын баяжмалаас цагаан алтны бүлгийн металлаар баяжсан бүтээгдэхүүн байна.
- Баян (цул төрөл) хүдрийн хувьд никелийн агуулга 1,5% түүнээс их байх тул шууд хайлуулах зуух руу илгээдэг. Норильскийн төрлийн баян хүдрийг ихэвчлэн баяжуулалтын схемийн дагуу боловсруулж ердийн шигтгээлэг хүдрийг агуулсан хөнгөн фракцыг ялгахад гадна никелийн, зэсийн, пирротины болон гравитацын баяжмалуудыг гарган авна. Зарим баян хүдэр нь баяжуулалтын үйлдвэрийг дамжихгүйгээр металлургийн үйлдвэр рүү шууд боловсруулалтад илгээгддэг.
- Зэс-никелийн хам баяжмалыг тусгай цехэд илгээн шатааж үрлэн бөмбөлөг үйлдвэрлэнэ. Орчин үед энэ үйл ажиллагаа нь төгөлдөржиж баяжмалын шахмал (брикет) үйлдвэрлэдэг болсон. Үрлэн бөмбөлөг буюу шахмалыг баян хүдэртэй хамт хайлуулах цехэд боловсруулалт хийх ба үүний үр дүнд эцсийн бүтээгдэхүүн болох зэс-никелийн файнштейн үйлдвэрлэнэ.
- Баяжуулалтын явцад гарсан хөнгөн фракц нь шигтгээлэг хүдэртэй хамт баяжуулалтын үйлдвэрт илгээгдэж ангилсан баяжмал үйлдвэрлэгдэнэ.
- Зарим тохиолдолд никелийн баяжмалыг урьдчилсан агломерацын дараа, харин зэсийн баяжмалыг хатаасны дараа пирометаллургийн боловсруулалтад илгээдэг.
- Пирротины баяжмалд сульфидын үйлдвэрлэлийн бүтээгдэхүүн агуулагдах ба түүнийг гидрометаллургийн автоклав-исэлдүүдэлэлтийн аргаар тусад нь боловсруулж сульфидын баяжмал гарган авах ба хаягдалд нь төмрийн гидратууд үлддэг байна. Ийнхүү гарган авсан баяжмалыг баяжуулах үйлдвэрээс гарсан никелийн болон зэсийн баяжмалтай хамт жигнэсэн хайлуулалтын бүдүүвчээр боловсруулж файнштейн, анодын зэс болон техникийн хүхэр ялгаж авна.

- Гравитацийн баяжмалыг зэсийн флотацын баяжмалтай нийлүүлж зэсийн үйлдвэрт боловсруулна.
- Баяжуулалтын явцад гарсан бүх төрлийн дагалдах ашигт хольцууд нь цаашдын металлургийн боловсруулалтаар ялгагдана. Кобальтыг никелийг боловсруулах явцад гарсан конверторын шаарнаас гидрометаллургийн аргаар кобальтыг үйлдвэрт ялган авна.
- Файнштейн болон анодын зэсийг хайлуулах явцад ялгарсан хийнээс хүхрийн хүчил болон техникийн хүхрийг ялган авна.
- Үнэт металлууд, селен, теллур зэрэг нь никель ба зэсийн үйлдвэрлэлийн үед анодын шааранд хуримтлагдах ба пирометаллург болон гидрометаллургийн аргаар боловсруулагдах үед ялган авсан цагаан алтны баяжмалыг цэвэршүүлэх үйлдвэрт илгээж цэвэр металл гарган авна.
- Зэс-никелийн сульфидын хүдрийн хорт хольц нь цайр, хар тугалга, хүнцэл, фтор, кадми, висмут зэрэг байх ба эдгээр металлын агуулагдах дээд хэмжээг техникийн нөхцөлөөр тогтооно.
- Зэс-никелийн сульфидын хүдрээс гарган авсан эцсийн бүтээгдэхүүн нь никель ба зэсийн электролит, металл кобальт, цагаан алтны бүлгийн металл, алт, мөнгө, селен, теллур, техникийн хүхэр, хүхрийн хүчил зэрэг байна.

4.18. Никелийн силикатын хүдрийн хувьд хүдэр үүсгэгч эрдсүүдийн эвслээс хамаарч байгалийн (геологийн) болон технологийн нэгэн төрлийг агуулна. Хүдрийг урьдчилсан аггломерацд оруулсны дараа эсвэл шахмал хийсний дараа пирометаллургийн аргаар уурхайн штейн дэх сульфиджуулсан хайлшаар боловсруулах ба түүний дараа эцсийн боловсруулалт хийж металл никелийг гаргаж авна. Хайлуулах шихтэнд кокс, шохойн чулуу (гантиг), пирит ба гипс зэргийг хэрэглэдэг. Энэхүү технологийн бүдүүвч нь практикт маш ихээр хэрэглэгддэг хамгийн сайн үр дүнтэй арга нь юм. Энэ аргын үндсэн дутагдалтай тал нь технологийн бүдүүвч нь нийлмэл (олон үе шаттай), өндөр үнэтэй бөгөөд ховор олддог коксыг их хэмжээгээр ашигладаг, никелийн баяжмалын гарц бага, ялангуяа кобальтын гарц маш бага, хүдэрт агуулагдах төмрийг бүгдийг хаягдалд шилжүүлдэг зэрэгт оршино. Кобальтыг конвертерийн шаарнаас нэлээд төвөгтэй технологиор металл болон кобальтын исэл хэлбэрээр ялгана.

Барууны орнуудад никелийн силикатын хүдрийг пирометаллургийн аргаар хүдрийг шатааж ферроникель болгоод цахилгаан хайлуулалтаар, эсвэл гидрометаллургийн аргаар аммиакийн уусгалтаар ашиглан бүтээгдэхүүн гаргах хүхрийн хүчлийн уусгалтаар никель 50% хүртэл, кобальт 5-6% агуулагдах хүхрийн баяжмал гарган авдаг байна.

Никелийн силикатын хүдрийн хорт хольц нь зэс болон хром, ферроникельд хайлуулсан тохиолдолд фосфор байх ба эдгээр металлын агуулагдах дээд хэмжээг техникийн нөхцөлөөр тогтооно.

4.19. Хүдрийг баяжуулахгүйгээр боловсруулах үйлдвэрт илгээх тохиолдолд хүдрийн чанар, гарган авах хам ба ангилсан баяжмалууд, үйлдвэрээс

гарах бүтээгдэхүүн зэрэг нь тухайн тохиолдол бүрд хүдрээр хангагч тал (уурхай, баяжуулах үйлдвэр) болон металлургийн (пирометаллург) үйлдвэрийн хоорондын гэрээ хэлэлцээрээр зохицуулагдах ёстой.

ТАВ. ОРДЫН ГИДРОГЕОЛОГИ, ИНЖЕНЕР-ГЕОЛОГИ, ГЕОТЕХНИК, ГЕОЭКОЛОГИЙН БОЛОН БАЙГАЛИЙН БУСАД НӨХЦӨЛИЙН СУДАЛГАА

5.1. Монгол Улсын нутаг дэвсгэрийн байгаль, цаг уур, газарзүйн ямар бүсэд байршиж байгаагаас хамааран, тухайн орд байрших бүс нутгийн эрозийн базисын (элэгдэл) түвшингээс дээш, эсвэл доор оршиж байгаа нь ордуудын гидрогеологи, инженер-геологи, геоэкологийн нөхцөлүүдийг харилцан адилгүй болгосон байдаг.

Никель, кобальтын ордуудын гидрогеологийн судалгааг явуулахдаа Монгол Улсын Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн сайдын 2017 оны А/237 тоот тушаалаар баталсан “Сэдэвчилсэн болон дунд, том масштабын гидрогеологийн зураглал, ашигт малтмалын хайгуулын ажлын явцад ордын гидрогеологийн судалгаа хийх заавар, түүнд тавигдах шаардлага”-ыг баримтална.

Хайгуулын ажлын явцад орд болон түүний орчны гидрогеологийн талаар хийгдсэн өмнөх судалгааны ажлын материалыг бүрэн ашиглаж нэмэлт судалгаа, ажиглалт явуулан хайгуулын ажлын үр дүнгийн тайлангийн “Ордын гидрогеологийн нөхцөл” бүлэгт тодорхой тусгасан байвал зохино.

5.2. Ордын гидрогеологийн судалгаагаар ашиглалтын үед ордыг усанд автоуулах эрсдэлтэй байж болох ус агуулагч үндсэн үе, давхаргуудыг заавал судалсан байх, ордын хэмжээнд хамгийн их устай хэсэг болон бүсүүдийг тогтоосон байх, уурхайд орж ирэх усны хэмжээг тогтоон тооцоолсон байх шаардлагатай.

Ус агуулсан горизонт бүрд тэдгээрийн зузаан, литологийн найрлага, коллекторын төрөл, гадаргын устай харилцах харьцаа, газрын доорх усны түвшний хөдөлгөөн, найрлага болон бусад үзүүлэлтүүд нь ордыг ирээдүйд олборлох үеийн техник-эдийн засгийн үндэслэлд хэрхэн тусгагдах талаар тодорхойлогдсон байвал зохино. Үүнээс гадна дараах зүйлсэд тусгайлан анхаарах хэрэгтэй. Үүнд:

- Орд усанд автах тохиолдолд оролцох газрын доорх усны химийн найрлага, бактерологийн төлөв байдал, бетон эдлэл, металл, полимерт үзүүлэх идэмхий чанар, уг усан дахь ашигтай ба хортой хольцыг тодорхойлсон байна, олборлож байгаа ордуудад уурхайн ус, хаягдлуудаас гарч байгаа усны химийн найрлагыг судалж тодорхойлно.
- Ордын талбайн усны ундаргын хэтийн төлөвийн үнэлгээ, түүний урсцын байгалийн чиглэлийг зураглаж, ирээдүйн ил болон далд уурхайн малталтад нэвчих усны хэмжээг тодорхойлсон байна.
- Талбайн газарзүй, цаг уурын нөхцөлтэй уялдуулж уурхайн малталтад нэвчих хур тунадасны хэмжээг тооцох шаардлагатай.
- Уурхайн усыг усан хангамжид ашиглах боломж, түүнээс ашигт бүрдвэрүүдийг гаргаж авах боломжийг үнэлсэн, мөн орд орчимд ажиллаж байгаа газрын

доорх усыг хуримтлуулагч усан сан руу уг ордын газрын доорх усыг шавхах, зайлуулахад үзүүлэх боломжит нөлөөний үнэлгээг өгсөн байх.

- Дараагийн шатны нарийвчилсан онцлог судалгааны ажил шаардлагатай эсэх талаар зөвлөмж өгч, уурхайн усны хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөллийг үнэлсэн байх
- Ирээдүйн олборлох ба боловсруулах үйлдвэрийн хэрэгцээг хангах, унд-ахуйн болон техникийн усан хангамжийн боломжит эх үүсвэрийг тодорхойлсон байна.
- Монгол орны хэмжээнд илрээд байгаа никель кобальтын хүдэржилт нь томоохон хэмжээний хагарал даган илэрсэн суурилаг, хэт суурилаг найрлагатай интрузив чулуулагтай оронзайн болон гарал үүслийн холбоотой байх чиг хандлага илэрдэг тул хагарал, тухайн ордын геологи структурын нөхцөлд тохирсон гидрогеологийн судалгааг тусгайлан хийх нь зүйтэй.
- Хэт суурилаг, суурилаг найрлагатай чулуулаг тархсан орчинд хөрсний болон гүний усны найрлагад магни болох хромын агуулга харьцангуй өндөр байх магадлалтай тул усны химийн найрлагыг тусгайлан шинжлэх

Уурхайгаас шавхан гаргаж байгаа усыг ашиглахаар төлөвлөж байгаа бол ашиглалтын нөөцийн үнэлгээг зохих норматив, аргачлалын баримт бичгүүдийг удирдлага болгон хийнэ. Гидрогеологийн судалгааны үр дүнгээр уурхайн төсөл боловсруулах талаар дараах асуудлуудаар зөвлөмж өгнө. Үүнд: геологийн цулуудыг хатаах, усыг зайлуулах, зайлуулж байгаа усыг ашиглах, ус хангамжийн эх үүсвэр, байгаль орчныг хамгаалах асуудал хамаарна.

5.3. Хайгуулын үед ордуудад хийгдэх инженер-геологийн судалгаа нь олборлолтын төслийг боловсруулахад (карьер ба целикүүдийн үндсэн хэмжээсийн тооцоо хийхэд, өрөмдлөг-тэсэлгээний болон бэхэлгээний ажлын паспорт боловсруулахад) болоод уулын ажлын аюулгүй нэвтрэлтийг дээшлүүлэх ажлуудыг мэдээллээр хангах зорилготой.

Инженер-геологийн судалгаагаар хүдэр, агуулагч чулуулаг, хучаас хурдас чулуулгийн байгалийн нөхцөл байдал дахь болон усаар ханасан тохиолдол дахь бат бэх чанарыг тодорхойлогч физик-механикийн шинж чанаруудыг судалсан, ордын хурдас чулуулгийн массивуудын инженер-геологийн онцлогууд, тэдний анизотропи чанар, хурдас чулуулгийн найрлага, ан цавшил, тектоник хагаралд автсан байдал, текстурын онцлогууд, карстад автсан байдал, өгөршлийн бүс дэх эвдрэлийг, мөн ордын олборлолтын асуудлыг хүндрүүлж болох орчин үеийн геологийн процессуудыг тодорхойлсон байх. Онцгой анхаарлыг тектоникийн хагарлууд, ан цавшил ихтэй бүсүүд, чулуулаг хүдрийн бутлагдах шинж чанар ба зэрэгт, хагарлуудын дүүргэгчид, хагарлуудын сунал ба уналын дагуу усны урсгал илрэх боломжид, массивын структурын блоклог тогтцод хандуулах шаардлагатай. Олон жилийн цэвдэг тархсан нутаг дэвсгэрийн хувьд хурдас чулуулгийн температурын горимыг, цэвдгийн дээд ба доод хил заагийг, хайлсан хэсгүүдийн тархалтын хил зааг ба гүнийг, цэвдэг хайлах, мөн эргэн хөлдөх үеийн чулуулгийн физик шинж чанарын боломжит өөрчлөлтийг тодорхойлсон байх ёстой.

Инженер-геологийн судалгааны үр дүнд уулын малталтын тогтвортой байдлын таамагласан үнэлгээ хийх болон карьерын үндсэн хэмжигдэхүүний тооцоонд ашиглах материалуудыг бүрэлдүүлсэн байх ёстой.

Уг ордын дүүрэгт үйл ажиллагаагаа явуулж буй ижил төрлийн гидрогеологийн болоод инженер-геологийн нөхцөлд байгаа далд ба ил уурхай байгаа бол энэ талын шинж байдлыг тодорхойлохдоо уг далд ба ил уурхайн усжилт болон инженер-геологийн нөхцөлүүдийн талаарх мэдээллийг ашиглах хэрэгтэй.

Никель, кобальтын ордын ашиглалтын үйл ажиллагаа ил, далд болон хосолсон байж болно. Хосолсон аргаар олборлолт явагдах үед ил аргаар олборлох хамгийн доод гүнийг хөрс хуулалтын коэффициентын хамгийн их утгаар буюу ашиглалтын төрлүүдийн өөрийн өртгийн тэнцэж байх утгаар тодорхойлно. Аль аргыг сонгох нь тухайн ордын хүдрийн биетийн уул геологийн нөхцөлүүд, уул-техникийн үзүүлэлтүүд, хүдрийг олборлох схемээс шалтгаалах ба ТЭЗҮ-ийн кондицоор (жишиг үзүүлэлтүүд) үндэслэгдэнэ. Никелийн силикатын хүдрийн ордуудыг зөвхөн ил аргаар ашиглана.

5.4. Байгалийн хий (метан, хүхэрт устөрөгч г.м.) байгаа нь тогтоогдсон ордуудад хийн найрлага ба агуулга нь ордын талбайн хэмжээнд болон гүн рүү тархаж буй өөрчлөлтийн зүй тогтлыг судалсан байх ёстой.

5.5. Хүний эрүүл мэндэд нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг (уушгинд нөлөөлөх, өндөр цацраг идэвхжил, геотермийн нөхцөл зэрэг) судалж тогтоосон байх ёстой.

5.6. Шинэ ордуудын дүүрэгт үйлдвэрлэлийн болон орон сууц-иргэний зориулалттай объектууд, хоосон чулуулгийн хаягдал ба баяжуулалтын хаягдлыг байрлуулахад ашигт малтмалгүй болох нь тогтоогдсон талбайнуудыг зааж өгсөн байх шаардлагатай. Тухайн орон нутагт барилгын материалууд байгаа эсэх, судалж байгаа ордын хучаас болон агуулагч чулуулгийг барилгын материал болгон ашиглах боломж байгаа эсэх талаар мэдээлэл өгнө.

5.7. Геоэкологийн судалгаагаар дараах зүйлүүдийг судлан тогтоосон байх шаардлагатай. Үүнд: хүрээлэн буй орчны нөхцөл байдлын (радиацийн түвшин, газрын дээрх, доорх ус ба агаарын чанар, хөрсөн бүрхэвч, ургамал ба амьтдын ертөнцийн шинж байдал г.м.) дэвсгэр үзүүлэлтүүдийг тогтоосон, төлөвлөж байгаа объектыг барьж байгуулахад хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх химийн ба физикийн үйлчлэлийн таамаглаж байгаа төрлүүдийг (орчны газар нутгийн тоосжилт, уурхайгаас гарах ус, баяжуулах үйлдвэрийн хаягдлаас гарах усны урсгалаас болж газрын дээрх, доорх ус ба хөрсөнд учрах бохирдол, агаарт хаягдах зүйлүүдээс агаар бохирдох г.м.) тогтоосон, үйлдвэрлэлийн хэрэгцээг хангахад байгалийн баялгуудаас авч хэрэглэх хэмжээг (ой, техникийн зориулалттай ус, үндсэн ба туслах үйлдвэрлэл явуулахад, хучаас ба агуулагч чулуулаг, кондицийн бус хүдрийн овоолго хийхэд хэрэгцээтэй газрууд г.м.) тогтоосон, үйлчлэлийн шинж байдал, эрч хүч, зэрэг аюулыг үнэлсэн, бохирдлын эх үүсвэрүүдийн ажиллагааны динамик болон тэдгээрийн нөлөөллийн бүсүүдийн хил хязгаарыг үнэлсэн байх зэрэг хамаарна.

Никель, кобальтын хүдрийн ордуудын хувьд хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөгч техноген эх үүсвэрүүдийн үйлчлэлийн онцлог нь олборлолтын арга (далд эсвэл ил), хүдрийг баяжуулах үндсэн арга болох флотац, эсвэл металлургийн (гидрометаллург, автоклав уусгалт) үед бүрэн боловсруулагдах боломжгүй ялгарч атмосферийг болон усыг бохирдуулагч тодорхой элементүүд (хүхэрт хий) зэргээр тодорхойлогдоно.

Биологийн нөхөн сэргээлт хийхтэй холбоотой асуудлуудыг шийдвэрлэхэд хөрсний бүрхэвчийн зузааныг тодорхойлсон, сэвсгэр хурдсын агрохимийн судалгааг явуулсан, мөн хучаас хурдсын хор нөлөөний түвшинг болон тэдгээр дээр ургамлын бүрхэвч үүсэх боломжийг тодорхойлсон байх ёстой.

Газрын хэвлийг хамгаалах, хүрээлэн буй орчны бохирдлыг зайлуулах, биологийн нөхөн сэргээлт хийх талаар зөвлөмжүүд өгсөн байх шаардлагатай.

Ордыг ашиглах үед бий болох бага агуулгатай хүдэр болон хоосон чулуулгийн хаягдлыг хадгалах, хамгаалахтай холбоотой технологийн асуудлыг хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөлөлтэй нь хамт судалж тогтоосон байх. Усыг дахин ашиглах боломжийг судалсан байх, хүдэр баяжуулалтын схем түүнээс гарах аливаа хаягдлыг дахин ашиглах боломжтой эсэхийг тодорхойлсон байх, техникийн усны хэрэглээ, цэвэрлэгээ зэрэгт үнэлэлт дүгнэлт гаргаж зөвлөмж боловсруулсан байх,

5.8. Олборлолтын үеийн маш нийлмэл гидрогеологийн, инженер-геологийн ба байгалийн бусад нөхцөлүүдтэй тохиолдолд тусгай ажлуудыг явуулах шаардлагатай бол судалгааны ажлуудын хэмжээ, хугацаа, журмыг газрын хэвлийг ашиглагч болон төслийн байгууллагуудтай зөвшилцөн тохиролцсон байна.

5.9. Агуулагч болон хучаас хурдас дотор бие даасан биетүүд үүсгэж байгаа бусад төрлийн ашигт малтмалуудын хэвтшүүд байгаа тохиолдолд тэдгээрийг судлан, үйлдвэрлэлийн ач холбогдол, хэрэглэх боломжит салбаруудыг тодорхойлсон байх шаардлагатай.

ЗУРГАА. ОРДЫН НӨӨЦИЙН ТООЦООЛОЛ, БАЯЛГИЙН ҮНЭЛГЭЭ

6.1. Никель, кобальтын ордуудын нөөцийг тооцоолж, хайгуул хийсэн зэрэглэлээр ангилахдаа Уул уурхайн сайдын 2015 оны 09 дүгээр сарын 11-ний өдрийн 203 дугаар тушаалын хавсралтад заасан заавар, ангиллын дагуу хийнэ

6.2. Энэхүү зааварт ордын нөөцийг нөлөөлөх хүчин зүйлээс хамааруулан геологийн нөөц, үйлдвэрлэлийн нөөц гэж ангилсан. Геологийн нөөцийг ордын хайгуулын ажлын үр дүнгээр тооцоолдог бол үйлдвэрлэлийн нөөцийг ордыг олборлох техник-эдийн засгийн үндэслэлээр тооцоолно.

6.3. Ордын геологийн болон үйлдвэрлэлийн нөөцийг тооцоолоход юуны өмнө тооцоололд баримтлах жишиг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлон улмаар үүнийгээ баримтлан нөөцийн тооцоолол хийнэ. Ордын нөөцийн тооцоолол болон баялгийн үнэлгээнд түгээмэл хэрэглэгддэг жишиг үзүүлэлтүүд:

- Үйлдвэрлэлийн бага агуулга, %
- Хүдрийн биетийг хязгаарлах захын агуулга, %
- Хүдрийн биетийн хамгийн бага зузаан, м.

- Хүдрийн биетэд оруулах жишгийн бус хүдрийн болон хоосон чулуулгийн үеийн зузаан, м зэрэг болно.

6.4. Нөөцийн жишиг үзүүлэлтийг тооцохдоо дан элементийн зах зээлийн үнийг үндсэн шалгууруудын нэг болгон тооцно. Орд газарт никель, кобальт, зэс (магадгүй хар тугалга, цайр) зэрэг элементийн аль нэг нь давамгайлсан (өндөр агуулгатай) тохиолдолд тухайн элементийг гол төлөөлөх элемент болгон бусад бага агуулгатай элементүүдийг дагалдах байдлаар тооцож болно. Энэ нь олон элементүүдээс бүрдэх (мөнгө-холимог металл, молибден-вольфрам-цагаан тугалга г.м) ордуудад эквивалент утга шилжүүлэхтэй адил юм. Нөөцийн жишиг үзүүлэлтийг тооцоход эдийн засгийн талаас нь ийнхүү үнийн шалгуур тавьж байгаа нь тухайн орд газрын онцлогийг эдийн засгийн хувьд ашигтай байлгах гол хөшүүрэг болно. Тодруулбал аль нэг өндөр агуулгатай элементийг ордын гол төлөөлөл болгох нь тухайн элемент ордын нийлмэл металлын үнэд шингэж зах зээлийн үнэлгээ багасахаас сэргийлнэ. Цаашлаад никель, кобальтын болон эдгээр металлыг дагалдах ашигт бүрдвэр байдлаар агуулсан ордуудын урьдчилсан техник-эдийн засгийн үнэлгээг тооцон гаргаж, бусад үзүүлэлтүүдтэй харьцуулах замаар эдийн засгийн хувьд хамгийн ашигтай жишгийн хувилбарыг сонгох боломж бүрдэнэ.

6.5. Ордын нөөцийг тооцоолохдоо ордыг геологийн тогтцын нийлмэл байдал, судалгааны түвшин зэрэгт тулгуурлан хэсэгшлүүдэд хувааж тооцоолно. Нөөцийн тооцооллын нэгэн хэсэгшилд хамаарагдах орд, хүдрийн биетийн хэсэг нь дараах шаардлагуудыг хангасан байна). Үүнд:

- Нөөцийн хэмжээ ба хүдрийн чанар нь ижил түвшинд хайгуул хийгдэж судлагдсан байх;
- Хүдрийн биетүүд нь ижил геологийн тогтоцтой, зузаан нь харьцангуй тогтвортой өөрчлөлт багатай байхаас гадна хүдрийн дотоод бүтэц, бодисын найрлага, чанарын үзүүлэлтүүд ба технологийн шинж чанар адил, эсвэл ойролцоо байх;
- Нөөцийн хэсэгшилд хамаарч буй хүдрийн биетийн байрлалын элемент тогтвортой, структурын тодорхой нэг элементэд (атирааны жигүүр, цөм, тасралтат хагарлаар хязгаарлагдсан тектоникийн блок зэрэг) байршсан байх;
- Олборлолтын уул-техникийн нөхцөл нь нэг ижил байх;
- Хүдрийн биетүүдийн уналын дагуух нөөцийн хэсэгшлийг хайгуулын малталтын горизонтуудаар (түвшнүүдээр) эсвэл цооногоор, суналын дагууд хайгуулын шугамуудаар нөөцийг ашиглалтад бэлтгэх дэс дарааллыг харгалзан хязгаарлах;
- Хүдрийн биет, үйлдвэрлэлийн болон технологийн төрлүүдийн хил зааг ба геометржүүлэлтийг тодорхойлох боломжгүй бол нөөцийн хэсэгшил дэх хүдрийн төрлүүдийн хэмжээг статистик аргаар үнэлж болно.

6.6. Ордын геологийн нөөцийг баттай, бодитой, боломжтой зэрэглэлд ангилан баттай нөөцийг (А), бодитой нөөцийг (В) , боломжтой нөөцийг (С) үсгээр тэмдэглэнэ.

Баттай (А) зэрэглэлийн нөөцийг зөвхөн I бүлгийн ордуудад хайгуулын явцад нарийвчлал хийж уулын малталт, цооногийн мэдээллээр хүрээлэгдсэн хэсэгшилд экстраполяци хийхгүйгээр тооцоолно. Олборлож байгаа ордуудад баттай зэрэглэлийн нөөцийг ашиглалтын хайгуул болоод уулын бэлтгэл малталтуудын мэдээллээр тооцоолно. Баттай (А) зэрэглэлийн нөөц нь Монгол улсын “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”-т тусгагдсан баттай зэрэглэлийн нөөцөд тавигдах шаардлагуудыг бүрэн хангасан байна. Хайгуулын ажлын үр дүнгээр I бүлгийн ордод баттай зэрэглэлээр тооцоолсон нөөцийн хэмжээ нь олборлох үйлдвэрийн анхны хөрөнгө оруулалтыг нөхөх хугацаанд хүрэлцэхүйц хэмжээний нөөц байна. Үүнээс гадна хайгуулын зэрэглэлээрээ шаардлага хангасан, олборлоход бэлтгэгдэж бэлэн болсон хэсэгшлүүд дэх нөөцийг энэ зэрэглэлд хамааруулна.

Бодитой (В) зэрэглэлийн нөөцийг I ба II бүлгийн ордуудын нарийвчлан судлагдсан хэсэгт тооцоолно. Бодитой (В) зэрэглэлд ангилах “Нөөцийн ангилал”-ын шаардлагыг хайгуулын зэрэглэлээрээ хангасан ордын болон хүдрийн биетүүдийн нарийвчлан хайгуул хийгдсэн хэсгүүдэд ялгасан нөөцүүдийг хамааруулна. Бодитой зэрэглэлийн нөөцийн хил хүрээг экстраполяци хийлгүйгээр хайгуулын малталтууд, цооногуудаар (өөрөөр хэлбэл малталтаас малталт, хүдрийн жишгийн огтлолоос огтлол хооронд) хязгаарлан татаж, энэхүү хил хүрээ доторх хүдрийн чанар, хүдрийн биетүүдийн геологийн үндсэн шинж чанаруудыг төлөөлж чадах хангалттай тооны мэдээллээр тодорхойлсон байна. Хүдрийн биетийг орон зайн байрлал, хэлбэр дүрс, чанар тоон үзүүлэлтээр нь геометржүүлэлт хийх боломжгүй тохиолдолд дээрх параметруудийг статистик аргаар үнэлж болно. Хүдэржилтийн итгэлцүүр ашиглан хүдрийн хэмжээг нь тодорхойлдог ордуудын хувьд бодитой зэрэглэлийн нөөцөд хүдэржилтийн итгэлцүүр нь ордын дунджаас дээгүүр, хүдрээр ханасан байдлын өөрчлөлт нь талбайн хэмжээгээр болон гүний дагуу тогтоогдсон, жишгийн шаардлага хангах хүдрийн хэсгүүдийн орон зайн байрлалын зүй тогтол, хэлбэр дүрс, онцлог хэмжээсүүд нь тэдгээрийг ангилан (селектив) олборлох аргаар гаргаж авах боломжийг нь үнэлж болох хэмжээнд судлагдсан хэсэгшлүүдийг хамруулж болно.

Бодитой (В) зэрэглэлийн нөөц нь Монгол улсын “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”-т тусгагдсан бодитой зэрэглэлийн нөөцөд тавигдах шаардлагуудыг бүрэн хангасан байна. II бүлгийн ордод нөөцийн дийлэнх хэсэгт бодитой зэрэглэлээр нөөцийг тооцоолно.

Боломжтой (С) зэрэглэлийн нөөц тооцоолоход шаардлага хангасан нягтралтай хайгуулын тороор судлагдсан хэсгүүдийн нөөцийг хамааруулдаг ба үнэмшил нь хайгуулын үр дүнд олж авсан мэдээлэл, олборлож байгаа ордууд дээр ашиглалтын өгөгдлүүдээр батлагддаг. Шинэ төрлийн ордуудын хувьд хайгуулын торлол бүлэгт тусгасан байгаа нарийвчлан судлагдсан хэсгүүдийн үр

дүнгээр батлагддаг. Хүдрийн биетийг орон зайн байрлал, хэлбэр дүрс, чанар тоон үзүүлэлтээр нь геометржүүлэлт хийх боломжгүй тохиолдолд дээрх параметруудийг статистик аргаар тодорхойлж болно. Энэ тохиолдолд тус зэрэглэлийн шаардлага хангасан хэсгүүдийн тархалтын зүй тогтол ба хүдрээр ханасан байдлыг ойлгогдох хэмжээнд судалсан байна. Боломжтой зэрэглэлийн нөөцийн хил хүрээ нь хайгуулын малталтуудаар, харин том хэмжээний ба тасралтгүй үргэлжилсэн хүдрийн биетүүдэд хүдрийн чанар, хүдрийн биетүүдийн зузаан ба хэлбэр дүрсийн өөрчлөлтийг харгалзан үзээд геологийн хувьд үндэслэгдсэн хязгаартай экстраполяциар тодорхойлно.

Боломжтой (C) зэрэглэлийн нөөцөд хамааруулах түвшинд хайгуул хийгдсэн нөөцийн хил заагаас унал ба суналын дагууд нь баталгаажуулсан геофизикийн ажил, геологи-структурын загвар, тэдгээр дэх никель, кобальтын агуулга ба хүдрийн биетүүдийн зузааны өөрчлөлтийн зүй тогтлын судалгаа, ганц нэг огтлолууд байгаа тохиолдолд тодорхой хүдрийн биетүүдээр экстраполяци хийн нөөц тооцоолно. Бие даасан хүдрийн биетүүдийн хувьд бол байгалийн гарш, уулын малталтууд, цооногуудад тогтоогдсон хүдрийн огтлолууд байгаа үед геофизикийн ба геохимийн судалгаа, геологийн тогтцын мэдээллийг тооцон үзэж нөөцийг тооцоолно.

Боломжтой зэрэглэлийн нөөц нь Монгол улсын “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”-т тусгагдсан боломжтой зэрэглэлийн нөөцөд тавигдах шаардлагыг хангасан байна. III бүлгийн ордод нөөцийн дийлэнх хэсгийг боломжтой зэрэглэлээр тооцоолно

Илрүүлсэн баялгийн (P_1) үнэлгээг цөөн тооны малталт ба цооногоор нээсэн хүдрийн биетэд, нөөц тооцоолсон хэсэгшлүүдтэй залгаа орших хүдрийн биетийн захын болон гүний хэсгүүдэд өгнө. Илрүүлсэн баялгийн үнэлгээ өгч байгаа хэсэгшлийн хилийг ордын геологийн тогтоц, геофизикийн судалгааны ажлын үр дүн зэрэгт тулгуурлан боломжтой (C) зэрэглэлд хэрэглэсэн хайгуулын торын нягтралыг баримтлан, эсвэл түүнийг сийрэгжүүлэн тогтооно.

6.7. Ордын геологийн нөөцөд тулгуурлан ордыг олборлох техник-эдийн засгийн үндэслэлийг боловсруулна. Энэхүү үндэслэлээр олборлох уурхайн хязгаарт багтаж байгаа, олборлолтын хаягдал ба бохирдлыг тооцсон геологийн нөөцийн хэсгийг үйлдвэрлэлийн нөөцөд хамааруулах бөгөөд үйлдвэрлэлийн нөөцийг батлагдсан (A'), магадласан (B') гэж ангилан дараах шаардлага хангасан байхаар “Ашигт малтмалын нөөц, баялгийн ангиллын заавар”-т тусгажээ. Ордын уул-техникийн нөхцөл, нөөцийн зэрэглэлүүдийн үндэслэгдсэн байдлын баталгаажуулалтын үнэмшлээс хамаарч геологийн нөөцийн зэрэглэлийг бууруулах, дээшлүүлэх тохиолдол практикт гардаг.

Батлагдсан (A') үйлдвэрлэлийн нөөцийг хайгуулын ажлаар тогтоогдсон баттай (A), бодитой (B) зэрэглэлийн геологийн нөөцөд тулгуурлан уулын үйлдвэрийн техник, технологийн сонголт, тооцоо, хүдрийн технологийн шинж чанарыг үйлдвэрлэлийн технологийн туршилтын түвшинд судлан, инженерийн шийдэл, байгаль орчин, хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуй, эрх зүй, хүний

нөөц, удирдлага зохион байгуулалт, дэд бүтэц хангамж, нийгэм, ахуй үйлчилгээ, эдийн засгийн үр ашгийн тооцоо болон холбогдох хүчин зүйлийг нарийвчлан тооцсон Ашигт малтмалын ордыг ашиглах техник, эдийн засгийн үндэслэлээр тогтоосон байна.

Магадласан (B') үйлдвэрлэлийн нөөцийг хайгуулын ажлаар тогтоогдсон бодитой (B), боломжтой (C) зэрэглэлийн геологийн нөөцөд тулгуурлан уулын үйлдвэрийн техник, технологийн сонголт, тооцоо, хүдрийн технологийн шинж чанарыг үйлдвэрлэлийн технологийн туршилтын түвшинд судлан, инженерийн шийдэл, байгаль орчин, хөдөлмөрийн аюулгүй байдал, эрүүл ахуй, эрх зүй, хүний нөөц, удирдлага зохион байгуулалт, дэд бүтэц хангамж, нийгэм, ахуй үйлчилгээ, эдийн засгийн үр ашгийн тооцоо, болон холбогдох хүчин зүйлийг нарийвчлан тооцсон Ашигт малтмалын ордыг ашиглах техник, эдийн засгийн үндэслэлээр тогтоосон байна.

Үйлдвэрлэлийн нөөцөд хамаарах дээрх 2 зэрэглэлийн нөөцөд тавигдах шаардлага нь хоорондоо төсөөтэй байгаа хэдий ч тэдгээрийн ялгаа нь зөвхөн батлагдсан (A') үйлдвэрлэлийн нөөцийг баттай (A), бодитой (B) зэрэглэлийн геологийн нөөцөд, магадласан (B') үйлдвэрийн нөөцийг бодитой (B), боломжтой (C) зэрэглэлийн геологийн нөөцөд тулгуурлан тогтооход оршино. Боломжтой (C) зэрэглэлээр тооцоолох геологийн нөөцөд тавигдах хүдрийн технологийн шинж чанарын судалгаа харьцангуй энгийн байгаа боловч түүнийг олборлохоор бол үйлдвэрлэлийн технологийн туршилтын түвшинд хүртэл судалсан байхыг магадалсан (B') нөөц шаардаж байгааг анхаарах хэрэгтэй.

Ирээдүйд эдийн засгийн ач холбогдолтой байж болох, дагалдах бүтээгдэхүүнээр гаргаж авахад үр ашигтай байж болох, мөн ирээдүйд өөр технологиор боловсруулахын тулд овоолгод хадгалах зэрэг шийдлийг ТЭЗҮ-ээр тогтоосон тохиолдолд эдгээр нөөцийг *баялагт* хамааруулна. Ирээдүйд эдийн засгийн ач холбогдолтой байж болох хүдрийн нөөцийг тооцоолохдоо энэ бүлэгт хамруулах болсон нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийг (эдийн засгийн, технологийн, уул-геологийн, гидрогеологи, экологи, нийгэм, улс төрийн гэх мэт) харгалзана.

6.8. Нөөцийг хайгуул хийсэн зэрэглэлээр, олборлолтын аргаар (ил уурхай, хэвтээ амны түвшин, босоо ам), хүдрийн үйлдвэрлэлийн буюу технологийн төрлүүд, хүдрийн сорт болон эдийн засгийн үр ашгаар нь тус тусад нь ангилан тооцоолно.

Ашигт малтмалын нөөцийг зэрэглэлүүдэд ангилахдаа нэмэлт үзүүлэлт болгон тооцооллын үндсэн үзүүлэлтүүдийн тодорхойлолтын нарийвчлал, тоо хэмжээ болон үнэмшлийн таамаг үнэлгээг ашиглаж болно. Хүдрийн үйлдвэрлэлийн янз бүрийн төрлүүд ба сортуудын хоорондын хамаарлууд ба хил заагийг тогтоох боломжгүй тохиолдолд статистик аргаар үнэлгээ өгнө.

6.9. Хүдрийн нөөцийг тооцоолохдоо чийгшлийг (хуурай хүдэр) тооцоонд оруулахгүй, харин хүдрийн чийгшлийн хэмжээнд зааж өгсөн байна. Чийгшил болон нүх сүвшил ихтэй хүдрийн нөөцийн тооцоог чийгтэй хүдрээр тооцоолно.

6.10. Хүдрийн нөөцийг уламжлалт аргуудаар (геологийн блок, зүсэлт г.м.) тооцоолоход хэт өндөр агуулгатай сорьцуудыг тодорхойлж, тэдгээрийн хайгуулын огтлол ба нөөцийн блокуудын дундаж агуулгын хэмжээнд үзүүлж байгаа нөлөөлөлд статистикийн дүн шинжилгээ хийж, шаардлагатай тохиолдолд тэдгээрийн нөлөөллийг хязгаарлана. Хэт өндөр агуулгатай болон зузаан нь ихэссэн, эсвэл хүдэржилтийн итгэлцүүр ихтэй хүдрийн биетийн хэсгүүдийг бие даасан хэсэгшил ялгаж арай илүү нарийвчлан хайгуул хийнэ.

Олборлож байгаа ордуудад хэт өндөр агуулгын хэмжээний түвшин болон түүнийг солих аргачлалыг тодорхойлохын тулд хайгуулын болон олборлолтын мэдээллүүдийг харьцуулах (ялангуяа сорьцын агуулгын бүлгүүдээр сорьцуудын тархалтын өөрчлөлтийн онцлогуудыг нягтруулсан торын үр дүнтэй харьцуулах) хэрэгтэй.

6.11. Олборлож байгаа ордуудад хүдрийн нөөцүүдийг хөрс хуулсан, олборлоход бэлэн болсон, уулын үндсэн ба бэлтгэл малталтуудын хамгаалалт (целик) зэрэгт ноогдох/хамаарах нөөцийг тэдгээрийн судалгааны түвшнээс нь хамааруулан судлагдсан түвшинтэй уялдан зэрэглэлд ангилж тооцооллыг нь хийнэ

612. Том усан сангууд, гол мөрнүүд, хүн ам оршин суудаг газрууд, суурин барилга байгууламжууд, ХАА-н объектууд, дархан цаазат газар, байгалийн, түүхийн ба соёлын дурсгалт газруудын хамгаалалтын бүсүүдэд байгаа хүдрийн нөөцүүдийг баталсан жишгийн дагуу тооцоолж геологийн нөөц, баялагт хамааруулна.

6.13. Олборлож байгаа ордуудад өмнө нь бүртгэгдсэн нөөцийг бүрэн олборлож байгаа эсэхийг хянах болон шинээр тооцоолж байгаа нөөцийн үнэмшлийг бататгахын тулд хайгуулаар тогтоогдсон нөөц, хүдрийн биетүүдийн байршлын нөхцөл, хэлбэр дүрс, зузаан, дотоод бүтэц тогтоц, ашигт бүрдвэрийн агуулгын мэдээллийг олборлолтын үед тогтоогдож байгаа байдалтай нь тогтоосон журмын дагуу харьцуулалт хийх хэрэгтэй. ОХУ-д энэхүү харьцуулалтыг “Хатуу ашигт малтмалын ордуудын хайгуул ба олборлолтын өгөгдлүүдийг харьцуулах аргачилсан заавар”-н дагуу хийдэг ба манай улсад адил төсөөтэй заавар гартал уг зааврыг ашиглаж болно.

Харьцуулалтын материалуудад өмнө нь улсын экспертизийн байгууллага бүртгэсэн ба хасалт хийсэн (түүнээс олборлосон ба хамгаалалтын цулд үлдсэн) нөөцүүдийн хил заагууд, батлагдаагүй гэж хассан, нөөц өсгөсөн талбайнуудын хил зааг, мөн Улсын нөөцийн нэгдсэн тоо бүртгэлд бүртгэгдсэн нөөцүүдийн талаарх мэдээлэл (түүний дотор өмнө нь бүртгэсэн нөөцийн үлдэгдэл), нөөцүүдийн хил хүрээг харуулсан байна. Ордын хэмжээнд бүхэлд нь болон хүдрийн биетүүд, нөөцийн зэрэглэл бүрийн нөөцийн хөдөлгөөний хүснэгтүүд хийсэн байна. Хассан нөөцийн хүрээн дэх хүдэр ба металлын баланс, Эрдэс баялгийн мэргэжлийн зөвлөлийн (ЭБМЗ) хурлаар хэлэлцэж бүртгэсэн нөөц гүйцээх хайгуулаар өөрчлөгдсөнийг тусгасан байна. Олборлолт, тээвэрлэлтийн үеийн хаягдал, бүтээгдэхүүний гарц, хүдрийг боловсруулалтын үеийн хаягдлыг

үзүүлнэ. Харьцуулалтын үр дүнг ордын уул-геологийн нөхцөлүүдийн талаарх ойлголтын өөрчлөлттэй уялдуулан графикаар харуулж хавсаргасан байна.

Хэрвээ хайгуулын мэдээллүүд нь олборлолтоор бүхэлдээ батлагдаж байвал, эсвэл бага хэмжээний зөрүү гарсан нь уулын үйлдвэрийн техник-эдийн засгийн үзүүлэлтэд нөлөөлөхөөргүй бол хайгуул ба ашиглалтын мэдээллүүдийн харьцуулалтад геологи-маркшейдерын хэмжилт, эсвэл тооцооны үр дүнг ашиглаж болно.

6.14. ЭБМЗ-ийн хурлаар хэлэлцэж бүртгэсэн хүдрийн нөөц ба чанар нь ордын ашиглалтын явцад батлагдахгүй тохиолдолд гүйцээх хайгуул болон ашиглалтын хайгуулын мэдээллээр нөөцүүдийн тооцооллыг заавал дахин тодотгож, энэ ажлуудын үр дүнд олж авсан мэдээллийн үнэмшлийг үнэлэх шаардлагатай.

Харьцуулалтын үр дүнд хийсэн дүн шинжилгээг ЭБМЗ-ийн хурлаар хэлэлцэж бүртгүүлсэн нөөцийн тооцооны үзүүлэлтүүд (нөөцийн тооцооны талбай, ашигт бүрдвэрүүдийн агуулга, хүдрийн биетүүдийн зузаан, хүдэржилтийн итгэлцүүр, эзэлхүүн жин г.м.), нөөцийн хэмжээсүүд хүдрийн чанар нь гүйцээх хайгуул болон олборлолтын үр дүнд хэрхэн яаж өөрчлөгдсөн хэмжээг тогтоож, эдгээр өөрчлөлтүүд гарах болсон шалтгааныг тайлбарлана.

6.15. Сүүлийн жилүүдэд хүдрийн ордуудын нөөцийн тооцооллыг хийхдээ судалж байгаа хүдрийн шинж чанаруудын (ашигт бүрдвэрүүдийн агуулга, хүдрийн огтлолуудын зузаан, агуулга, метропроцент) орон зайн тархалтын зүй тогтлуудыг геостатистик загварчлалын (кригинг, урвуу зайн, ойр хөршийн гэх мэт) аргыг өргөн хэрэглэж боломжит алдааны хэлбэлзлийг тогтоон үнэлэх болсон.

Геостатистик загварчлалын аргыг хэрэглэх гол ач холбогдол нь хайгуулын анхдагч мэдээллийн тоо хэмжээ ба чанар, хайгуул хийгдсэн тухайн ордын геологийн тогтцын онцлогт (тооцоолол хийгдэж буй хэмжигдэхүүнүүдийн тархалтын зүй тогтлууд, чиглэл ба анизотроп шинж байдал, хагарал эвдрэлүүдийн хил заагуудын нөлөөлөл, туршилтын вариограммуудын структур ба чанар, хайлтын эллипсоидын хэмжигдэхүүнүүд гэх мэт) тулгуурлан анхдагч өгөгдлүүдэд хийх дүн шинжилгээ болон загварчлалыг чанарын өндөр түвшинд хийхэд оршсон байна.

Геостатистик аргыг ашиглахад хайгуулын огтлолын тоо хэмжээ ба нягтрал нь интерполяцийн оновчтой томьёог үндэслэхэд хангалттай (гурван хэмжээст загварчлалд доор хаяж хэдэн зуун сорьцын үр дүн) байна. Тооцоолол хийгдэж буй хэмжигдэхүүнүүд нь орон зайд хэрхэн хувьсан өөрчлөгдөж буй зүй тогтлыг ордын геологийн тогтоцтой уялдуулан нарийвчлан судалж хэсэгшлүүдэд хувааж хийхийг зөвлөж байна.

Вариограммын тооцоолол хийхдээ хүдрийн биетийн огтлолын (судлын биет) хэмжээнд хийгдсэн сорьцлолт болоод туршилтын ажлуудын анхдагч уртаар эсвэл боломжит уурхайн мөргөцгийн өндөртэй дүйцэхүйц уртаар (штокверк ба их зузаантай биет) бүлэглэсэн байдлаар хийнэ.

Ордын хэмжээнд хэрэглэгдэх блок загварыг байгуулахдаа блокийн хамгийн бага хэмжээг төлөвлөж байгаа олборлолтын технологи, хайгуулын торын нягтрал зэргийг (хамгийн бага блокийн хэмжээ нь хайгуулын торын дундаж нягтралын $(1/4-1/8)$ -ээс багагүй байхаар сонгохыг санал болгож байна. Нөөцийн тооцооллын үр дүнг дараах 2 байдлаар үзүүлж болно. Үүнд:

- Жигд чиглэсэн блокуудын тороор тооцоолохдоо бүх элементар нэгж блокуудаар кригингийн дисперсийн утгуудынх нь хамт тооцооллын хэмжигдэхүүнүүдийн хүснэгтүүд зохионо.
- Өөрийн гэсэн геометрийн дүрс бүхий геологийн томоохон хэсэгшлүүдээр тооцоог хийхдээ блок бүрийг орон зайд холбож, нөлөөллийн бүсэд орсон сорьцуудын жагсаалтыг хийсэн байна.

Тоон мэдээллийн бүх өгөгдлүүдийг (сорьцлолтын мэдээлэл, сорьцууд болон хүдрийн огтлолуудын солбицлууд, вариограммуудын тоон шинжилгээнүүд гэх мэт) тооцоолол хийхэд ашигласан программ хангамжууд ашигласан үр дүнгийн хамтаар танилцуулах шаардлагатай. Вариограммуудын чиглэл тус бүрээр хийгдсэн моделиуд, чиглэлүүд түүний туршилтын вариограммууд болоод бусад дүн шинжилгээ хийхэд шаардагдсан хэмжигдэхүүнүүдийг зурган болоод бичиглэл байдлаар тодорхой харуулж тайланд хавсаргасан байна.

Нөөцийн тооцооллын геостатистик арга нь нөөцийн хэсэгшлүүд, хүдрийн биетүүд, нийт ордын хэмжээнд хэт өндөр агуулгатай сорьцуудын нөлөөллийг бууруулах тусгай аргууд хэрэглэлгүйгээр дундаж агуулгын хамгийн оновчтой тооцооллыг хийх боломжийг олгож, маш нийлмэл дотоод тогтоцтой хүдрийн биетүүдийн хил заагийг тогтооход гарах нөхцөлт алдааг бууруулах, ордын олборлолтын технологийг зөв сонгоход дэмжлэг үзүүлдэг. Нөөцийн тооцоолол хийсэн геостатистик арга нь түүнийг дахин шалгах боломжтойгоор тайлбарлагдсан, үндсэн үзүүлэлтүүдийг тодорхой тусгасан байх, ордын геологийн тогтцын онцлогт захирагдсан байна.

Геостатистик загварчлалын ба тооцооллын үр дүнгүүдийг төлөөлөх чадвартай хэсэгшлүүдэд уламжлалт аргаар хийсэн нөөцийн тооцооллын үр дүнтэй харьцуулсан дүн шинжилгээ хийсэн байвал зохино.

6.16. Нөөцийн тооцооллыг геостатистик аргаар хийхдээ анхдагч өгөгдлүүдийг (хайгуулын малталтуудын солбицлууд, литологи, стратиграфийн хил заагууд, инклинометрийн өгөгдлүүд, геологийн мэдээллүүд, сорьцлолт, түүний үр дүн гэх мэт) шалгах, засвар хийх боломжийг хангасан, завсрын тооцооллууд ба үр дүнгүүдэд (жишгийн дагуу ялгасан хүдрийн огтлолуудын жагсаалт, үйлдвэрлэлийн ач холбогдолтой хүдэржилтийн хил хүрээ бүхий геологийн зүсэлтүүд ба планууд, хэвтээ ба босоо хавтгай дахь хүдрийн биетүүдийн проекцууд/тусгалууд, хэсэгшлүүд, мөргөцгүүд болон зүсэлтүүдийн тооцооны хэмжигдэхүүнүүдийн жагсаалт) болоод нөөцийн тооцооны нэгдсэн үр дүнд дахин шалгалт хийх боломжийг хангасан байна. Үйлдсэн бичиг баримтууд болон нөөцийн тооцоололтой холбоотой зохиосон графикууд нь энэ төрлийн бичиг баримтын бүтэц, бүрэлдэхүүн, хэлбэр гэх мэтэд тавих шаардлагыг

хангасан байна.

6.17. Хэрвээ хүдэрт дагалдах ашигт малтмалууд болон ашигт бүрдвэрүүд илэрч, тодорхойлогдож байгаа бол тэдгээрийн нөөцийн тооцооллыг баримталж ирсэн журмын дагуу боловсруулна. ОХУ-ын боловсруулсан “Ордуудыг иж бүрэн судлах, дагалдагч ашигт малтмал, ашигт бүрдвэрүүдийн нөөцийг тооцоолох зөвлөмж”-ийг манай улсад энэ төрлийн зөвлөмж гартал ашиглахыг зөвлөж байна.

6.18. Никель болон кобальтын ордод үндсэн ба дагалдах ашигт бүрдвэрүүд нь орон зайн хувьд сайн хамааралтай, баяжигдах шинж чанар ойролцоо байвал тухайн харгалзах интервалд тэдгээр дагалдах бүрдвэрүүдийн агуулгыг үндсэн бүрдвэр рүү дүйцүүлэн тооцоолж болно.

ДОЛОО. ОРДЫН СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

7.1. Уул уурхайн сайдын 2015 оны 9 дүгээр сарын 11-ний өдрийн 203 дугаар тушаалаар батлагдсан “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”-ын хавсралтын дагуу орд (түүний хэсгүүд)-ыг судалгаа хийгдсэн түвшнээр үнэлгээ хийгдсэн, хайгуул хийгдсэн орд гэж ангилан эрэл ба хайгуулаар тооцоолох нөөц ба баялагт тавих шаардлагыг заасан. Үнэлгээ хийгдсэн ордуудын судалгааны түвшнийг объектууд дээр хийгдсэн хайгуулын ажлыг үргэлжлүүлэх шаардлага байгаа эсэх, хайгуул хийгдсэн ордуудын судалгааны түвшнийг ордуудын олборлолтод бэлтгэгдсэн байдлаар нь үнэлнэ.

7.2. Үнэлгээ хийгдэж буй никель, кобальтын хүдрийн ордуудад эрэл-үнэлгээний ажлын үр дүнд ордын үйлдвэрлэлийн үнэ цэнийг тодорхойлж, ордын ерөнхий цар хүрээг тогтоож, хайгуулын ажлыг цаашид явуулах шаардлага байгаа эсэх, олборлолтын ажлууд явуулах үндэслэл, хэтийн төлөвтэй хэсгүүдийг ялгасан байна.

Эрэл-үнэлгээ хийгдсэн никель, кобальтын ордуудад тэдгээрийн үйлдвэрлэлийн ач холбогдол, үнэ цэнэ, ерөнхий цар хүрээг тогтоож, цаашлаад олборлох зорилгоор хайгуул хийх шаардлагатай хамгийн хэтийн төлөвтэй хэсгүүдийг нь ялгаж өгсөн байх хэрэгтэй.

Шинээр нээгдсэн бүх орд, түүний хэсгүүдэд хийсэн үнэлгээний ажлын үр дүнгийн тайланг үндэслэж боловсруулсан хайгуулын түр жишигт үндэслэн боловсруулсан нөөцийн тооцоололд хэрэглэх жишгийн үзүүлэлтүүдийг урьдчилсан геологи-эдийн засгийн үнэлгээ хийх хангалттай хэмжээнд тогтоосон байна.

Үнэлгээ хийгдсэн ордуудын илрүүлсэн баялгийг (P_1), зарим хэсгийн геологийн нөөцийг боломжтой (C) зэрэглэлд хамааруулна.

Ордын олборлолтын арга, системүүд, олборлолтын боломжит цар хүрээний талаарх төсөөллийг газрын хэвлийг ашиглаж байгаа ижил төстэй төслүүдэд тулгуурлан байдлаар өргөн хүрээнд авч үзнэ. Түүхий эдийг иж бүрнээр ашиглахуйц баяжуулах технологийн бүдүүвч, бүтээгдэхүүний боломжит гарц болоод чанарыг лабораторийн технологийн туршилтын үндсэн дээр тодорхойлно. Уулын үйлдвэрийг байгуулах үндсэн хөрөнгө оруулалтын зардлууд,

бүтээгдэхүүний өөрийн өртөг болон эдийн засгийн бусад үзүүлэлтүүдийг ижил төсөөтэй төслүүдийн үзүүлэлттэй адилтган харьцуулсны (ижил төстэй байдлаар) үндсэн дээр томсгосон тооцоогоор хийнэ.

Хатуу ашигт малтмалын ордуудын үйлдвэрлэлийн ач холбогдлын үнэлгээг өгөхөд олборлох үйлдвэрүүдийн болон ахуй-ундны усан хангамжийн асуудлуудыг одоо ашиглаж байгаа, хайгуул хийгдсэн болон бусад боломжит эх үүсвэр дээр суурилан урьдчилсан байдлаар тодорхойлно.

Ордуудын ашиглалтаас хүрээлэн буй орчинд үзүүлж болох нөлөөллүүдийг авч үзэн үнэлнэ.

Үнэлгээ хийгдсэн ордуудын хүдрийн биетүүдийн хэлбэр дүрс, бодисын найрлага, хүдрийн баяжуулалтын технологийн бүдүүвчийг боловсруулах нарийвчилсан судалгааг хийх зорилгоор туршилт-үйлдвэрлэлийн олборлолт, боловсруулалт (ТҮОБ) хийж болно. ТҮОБ-ыг ордын ихэнх хэсгийг төлөөлж чадах шинж чанартай, ордод хамгийн түгээмэл хүдрийн биетүүдийг агуулсан хэсгүүд дээр 3 жилээс илүүгүй хугацаанд уул уурхайн хяналтын байгууллагын зөвшөөрөлтэйгөөр хайгуулын үе шатны ажлын төслийн хүрээнд явуулна. ТҮОБ-ын хэмжээ ба хугацааг экологи, технологи, цацрагийн асуудал хариуцсан мэргэжлийн хяналтын төрийн байгууллагуудаас шаардлагатай зөвшөөрлийг авсан байна. ТҮОБ-ыг хийх зайлшгүй шаардлага байгаа тодорхой тохиолдол бүрд түүний зорилго ба шийдвэрлэх асуудлыг тодорхойлон үндэслэсэн байна.

ТҮОБ-ыг хүдрийн биетүүдийн геологийн тогтцын онцлогууд (дотоод тогтоц ба хэлбэр дүрсийн өөрчлөлт), олборлолтын уул-геологийн ба уул-техникийн нөхцөлүүд, хүдрийг олборлох ба баяжуулах технологийг (хүдрийн байгалийн ба технологийн төрлүүд, тэдгээрийн хоорондын харьцаа, баяжигдах онцлогууд г.м) тодруулах зорилгоор явуулна. Эдгээр асуудлуудыг хүдрийн биетүүдийг нэлээд гүн бөгөөд урттайгаар нээсэн малталтууд хийсэн үед л шийдвэрлэж болдог. ТҮОБ-ыг ашигт малтмалын олборлолтод шинэ аргуудыг нэвтрүүлэх үед, тухайлбал их ба бага гүний сийрэгжсэн хүдрийг цооногоор гаргаж авах, хүдрийн уламжлалт бус шинэ төрлүүдийг олборлох үед явуулна. Түүнээс гадна том, маш том ордуудыг олборлох үед том үйлдвэр барихын өмнө жижиг хэмжээний баяжуулах үйлдвэрт боловсруулсан технологийн бүдүүвчийг туршин үзэж сайжруулахын тулд ТҮОБ-ыг хийнэ.

7.3. Хайгуул хийсэн ордуудыг үйлдвэрлэлийн эргэлтэд оруулах нөхцөлүүд ба дэс дарааллын асуудлуудыг шийдвэрлэхэд техник-эдийн засгийн үндэслэл (ТЭЗҮ) боловсруулахад хэрэгцээтэй, хангалттай мэдээллийг авахын тулд, мөн уулын олборлох үйлдвэрийг барьж байгуулах ажлын төсөл боловсруулах, тийм үйлдвэрүүдэд шинэчлэл хийхэд зориулан ордын нөөцүүдийн чанар ба хэмжээ, хүдрийн технологийн шинж чанарууд, олборлолтын гидрогеологийн, уул-техник ба экологийн нөхцөлүүдийг цооногуудаар болон уулын малталтуудаар судалсан байна. Хайгуул хийгдсэн ордууд нь судалгааны түвшнээрээ дараах шаардлагуудыг хангасан байна.Үүнд:

- Ордын геологийн тогтцын нийлмэл байдлын бүлэгт тохирох зэрэглэлд нөөцийн ихэнх хэсгийг хамааруулах боломжийг хангасан байх;
- Ашигт малтмалын үйлдвэрлэлийн төрлүүд ба сортуудын технологийн шинж чанаруудыг үйлдвэрлэлийн ач холбогдол өгч байгаа бүх ашигт бүрдвэрүүдийг цогцолбороор гаргаж авах баяжуулалтын оновчтой технологийн төсөл боловсруулах, үйлдвэрлэлийн хаягдлыг ашиглах чиглэлийг тодорхойлох, тэдгээрийг хамгийн оновчтой хадгалах хувилбарыг хангах түвшинд нарийвчлан судалсан байх;
- Хамт оршиж байгаа ашигт малтмал, ашигт бүрдвэрүүд агуулсан бүрдлүүд тухайлбал, хучаас хурдас, газрын доорх усыг оролцуулаад тэдгээрийн нөөцийг тооцоолох, тэдгээрийг жишгийн үндсэн дээр геологийн нөөц, эсвэл баялагт хамааруулах, тэдгээрийн тоо хэмжээ болон ашиглах боломжит чиглэлийг тодорхойлж болох хэмжээнд хангалттай судалж, үнэлсэн байх;
- Гидрогеологи, инженер-геологи, геокриологи, уул-геологийн болон байгалийн бусад нөхцөлүүдийг уулын ажлын аюулгүй байдал, байгаль орчны талаарх хууль тогтоомжуудын шаардлагуудын дагуу тооцон үзэж ордын олборлолтын төсөл боловсруулахад хангалттай хэмжээний нарийвчлалтайгаар судалсан байх;
- Геологийн тогтоц, хүдрийн биетүүдийн байрлалын нөхцөлүүд, хэлбэр дүрсүүд, нөөцүүдийн тоо хэмжээ ба чанарын тухай мэдээллүүдийн үнэмшлийг ордыг бүрэн төлөөлж чадах тогтоцтой хэсгүүд дээр нарийвчилсан ажил хийж баталгаажуулсан байх ба ийм хэсгийн хэмжээ ба байрлалыг тодорхой тохиолдол бүрийг ордын геологийн онцлогуудаас хамаарч тодорхойлсон байх;
- Ордыг олборлоход хүрээлэн буй орчинд үзүүлж болох нөлөөллийг авч үзэх, таамаглаж байгаа экологийн сөрөг үр дагавруудын түвшнийг бууруулах, зайлуулах талаар зохих нормативын баримт бичгүүдтэй нийцсэн зөвлөмжүүдийг гаргах;
- Нөөцийн тооцоололд хэрэглэх жишгийн үзүүлэлтүүдийг үнэмшлийн шаардлага хангах түвшинд, ордын үйлдвэрлэлийн ач холбогдол ба цар хүрээг тодорхойлж болох боломжтой техник-эдийн засгийн тооцооны үндсэн дээр тогтоосон байх;

Хайгуул хийсэн ордын төрөл бүрийн зэрэглэлийн нөөцийн зохистой харьцааг газрын хэвлийг ашиглагч болон ЭБМЗ-ийн шинжээчид, бизнесийн эрсдэлийн түвшин зэргийг харгалзан тогтооно. Ордыг ашиглах төсөл боловсруулахад боломжтой (С) зэрэглэлийн нөөцийг бүрэн, эсвэл түүний хэсгийг олборлох боломжийг тодорхой тохиолдол бүрд ЭБМЗ-ийн шинжээч тодорхойлж, зөвлөмж хэлбэрээр шийдвэр гаргана. Энэ тохиолдолд шийдвэрлэх хүчин зүйлүүд нь хүдрийн биетүүдийн геологийн тогтцын онцлогууд, тэдгээрийн зузаан ба тэдгээр дэх хүдэржилтийн тархалтын шинж чанар, хайгуулын боломжит алдаануудын (аргуудын, техник, багаж төхөөрөмжүүдийн, сорьцлолтын, лабораторийн

шинжилгээний г.м) үнэлгээ, ижил төсөөтэй ордуудын хайгуул ба олборлолтын туршлагыг харгалзан үзэх явдал юм.

Хайгуул хийгдсэн ордуудыг энэхүү зөвлөмжийг хэрэгжүүлсэн ба нөөцийг нь тогтсон журмын дагуу бүртгүүлсний дараа үйлдвэрлэлийн зориулалтаар олборлоход бэлтгэгдсэн гэж үзнэ.

НАЙМ. ОРДЫН НӨӨЦИЙГ ДАХИН ТООЦООЛЖ, БҮРТГЭЛЖҮҮЛЭХ

Нөөцийн дахин тооцоолол ба дахин бүртгэлжүүлэлтийг тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч, төрийн захиргаа ба мэргэжлийн хяналтын байгууллагуудын гаргасан санаачилгаар нэмэлт хайгуулын ба ашиглалтын үр дүнд ордын нөөцийн чанар ба хэмжээний талаарх ерөнхий байдал, түүний геологи-эдийн засгийн үнэлгээнд мэдэгдэхүйц хэмжээний өөрчлөлт илэрсэн тохиолдолд тогтоосон журмаар гүйцэтгэнэ. Тусгай зөвшөөрөл эзэмшигчийн санаачилгаар үйлдвэрийн эдийн засгийн байдал эрс муудсан тохиолдолд нөөцийг дахин тооцоолж, баталгаажуулах ажлыг дараах тохиолдлуудад хийнэ. Үүнд:

- Өмнө нь бүртгэсэн нөөцийн хэмжээ, түүний тодорхой хэсгийн хэмжээ болон чанар нь мэдэгдэхүйц хэмжээгээр батлагдахгүй байгаа тохиолдолд;
- Үйлдвэрлэлийн өөрийн өртгийн түвшин тогтвортой нөхцөлд бүтээгдэхүүний үнэ бодитой, мэдэгдэхүйц хэмжээгээр (20%, түүнээс их) тогтвортой унаж байгаа тохиолдолд;
- Эрдэс түүхий эдийн чанарт тавих үйлдвэрлэлийн шаардлага өөрчлөгдсөн;
- Гүйцээх болон ашиглалтын хайгуул, олборлолтын үед батлагдаагүй нөөцийн нийт хэмжээ, хассан ба хасахад бэлтгэсэн нөөцүүдийн хэмжээ, мөн техник-эдийн засгийн шалтгаанаар олборлох боломжгүй болсон нөөцийн хэмжээ нь уулын үйлдвэрүүдийн балансаас ашигт малтмалын нөөцүүдийг хасах журмын дагуу тогтоогдсон норм, хэмжээнээс их гарсан (20%, түүнээс их) эсвэл буурсан тохиолдол,

Тусгай зөвшөөрөл эзэмшигч ордод нэмэлт хайгуул хийж нөөц тооцоолон нөөцийг өсгөсөн, эсвэл нөөцийн зэрэглэлийг ахисан түвшинд тооцоолсноос өмнө бүртгүүлсэн нөөцөд өөрчлөлт орсон тохиолдол хамаарна.

- Газрын хэвлий дэх баялгийг өмчлөгчийн (улсын) эрх ашиг зөрчигдсөн, ялангуяа татвар ногдуулах нөөц үндэслэлгүйгээр багассан эсвэл ихэссэн дараах нөхцөлүүдэд төрийн захиргааны ба мэргэжлийн хяналтын байгууллагуудын санаачилгаар нөөцийг дахин тооцоолж, дахин бүртгэлжүүлэх ажлыг хийнэ. Үүнд:
 - Өмнө бүртгэгдсэн нөөцийн хэмжээ олборлолтын явцад 30% ба түүнээс их хэмжээгээр өссөн тохиолдолд;
 - Үйлдвэрийн бүтээгдэхүүний дэлхийн зах зээлийн үнэ мэдэгдэхүйц хэмжээгээр, тогтвортой өсөж байгаа (жишигт тусгасан үнээс 30% ба түүнээс их хэмжээгээр өссөн);
 - Үйлдвэрлэлийн хүчин чадлыг ихээхэн хэмжээгээр нэмэгдүүлэх шинэ технологи боловсруулж нэвтрүүлсэн тохиолдолд;
 - Хүдэр ба агуулагч чулуулаг дотор ордын үнэлгээ хийх, үйлдвэрлэлийн төсөл боловсруулах үед тооцож үзээгүй ашигт бүрдвэрүүд болон хорт

хольцууд илэрсэн зэрэг тохиолдлууд хамаарна.

- Түр зуурын шалтгаанаас (геологийн, технологийн, гидрогеологийн ба уул-техникийн нөхцөлд нийлмэл хүндрэлтэй байдал үүссэн, бүтээгдэхүүний дэлхийн зах зээлийн үнийн түр зуурын уналт) үүдэлтэй үйлдвэрлэлийн эдийн засгийн асуудлыг ашиглалтын жишгийн механизмын тусламжтайгаар шийдвэрлэх бөгөөд нөөцийг дахин тооцоолж, бүртгэлжүүлэх шаардлагагүй.

ЕС. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Уул уурхайн сайдын тушаал, 2015 оны 9-р сарын 11-ний өдрийн 203 тоот тушаал, “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангилал, заавар”.
2. Уул уурхай, хүнд үйлдвэрийн сайдын 2018 оны 02 дугаар сарын 05-ны өдрийн А/20 дугаар тушаалын хавсралт “Ашигт малтмал эрэх, хайх, ашиглах үйл ажиллагааны журам”.
3. “Ашигт малтмалын баялаг, ордын нөөцийн ангиллыг тухайн төрлийн ашигт малтмалд хэрэглэх аргачилсан зөвлөмж” ТӨСЛИЙН ДААЛГАВАР /”Уул уурхай, хүнд үйлдвэрлэлийн сайдын 2018 оны 08 дугаар сарын 13-ний өдрийн А/195 тушаалын хоёрдугаар хавсралт.
4. “Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых” Никелевые и кобальтовые руды, Москва, 2007, 40стр.
5. “Методические рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России 2007
6. “Сэдэвчилсэн болон дунд, том масштабын гидрогеологийн зураглал, ашигт малтмалын хайгуулын ажлын явцад ордын гидрогеологийн судалгаа хийх заавар, түүнд тавигдах шаардлага” Буянхишиг, Н., Жадамба, Н., Оюун, Д. 2019,
7. <http://webmineral.com/>
8. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2017. Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply
9. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021
10. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2020
11. Brown, T, Idoine, N, Raycraft, R, Hobbs, S, Shaw, R, Everett, P, Kresse, C, Deady, E, & Bide, T. (2019). World Mineral Production 2013-17. British Geological Survey.
12. Donachie. J.M., Donachie, S.J. 2002. Super all alloys a technical guide.
13. Hazen R.M, Hystad G, Golden J.J, Hummer D.R, Cobalt mineral ecology American Mineralogist, Vol 102, 108-116
14. Petavratzi, E., Gunn, G., Kresse, C. 2019. Commodity review: Cobalt.

British Geological Survey

15. Shedd, K.B., 2013a, Cobalt, in Metals and minerals: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2011, v. I, p. 19.1–19.21. [<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/index.html#myb>.]

16. Shedd, K.B., Cobalt: U.S.G.S Mineral Commodity Summaries 2013, 46–47.

АРАВ. ХАВСРАЛТУУД

Хавсралт 1.

Хатуу ашигт малтмалын ордуудын геологийн тогтцын нийлмэл байдлыг тогтооход ашигладаг үзүүлэлтүүд

Хайгуулын систем болон хайгуулын торын нягтрал нь үндсэндээ байгалийн хэд хэдэн хүчин зүйлээс хамаардаг: хүдрийн биетийн байршиж буй нөхцөл ба структур-геологийн онцлог (хүдрийн биетийн хэлбэр дүрс ба тогтвортой байдал, хил заагийн шинж төрх) болон ашигт бүрдвэрийн тархалт (хүдрийн биет дэх ашигт малтмалын чанарын өөрчлөлтийн түвшин).

Ордын/хүдрийн биетийг нийлмэл байдлаар бүлэглэхэд шаардлагатай үндсэн тоон утгууд байдаг. Үүнд: хүдэржилтийн итгэлцүүр (K_x), хүдрийн нийлмэл байдлын үзүүлэлт (q), хүдрийн биеийн зузааны хэлбэлзлийн итгэлцүүр (V_m) агуулгын хэлбэлзлийн итгэлцүүр (V_a) зэрэг орно (А.П.Прокофьев, 1973).

- а. Хүдэржилтийн итгэлцүүр K_x – ийг тасалдсан хүдэржилттэй ордын нөөцийн нэгж хэсэгшлийг ялгахад хэрэглэнэ. Үүнийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$K_x = \frac{\sum l_i}{L}$$

Энд l_i – малталт ба цооногоор огтолсон хүдэртэй хэсгүүдийн шугаман хэмжээ, L – малталт ба цооногоор тогтоосон нийт хүдэржсэн хэсгийн шугаман хэмжээ.

- б. Ордын нийлмэл байдлын итгэлцүүр q – ийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$q = \frac{N_x}{N_x + N_{x2}}$$

Энд N_x – хүдэржилт огтолсон малталт ба цооногийн тоо, N_{x2} – хүдэржилт огтлоогүй малталт ба цооногийн тоо.

- в. Хүдрийн биетийн зузааны өөрчлөлтийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$V_m = \frac{\sigma_m}{\bar{m}}$$

Энд V_m – хүдрийн биетийн зузааны өөрчлөлтийн вариацийн итгэлцүүр, σ_m – хүдрийн биетийн зузааны дисперс, $\bar{m}$ – хүдрийн биетийн дундаж зузаан.

г. Ашигт бүрдвэрийн агуулгын өөрчлөлтийг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$V_a = \frac{\sigma_a}{\bar{a}}$$

Энд V_a – ашигт бүрдвэрийн агуулгын өөрчлөлтийн вариацийн итгэлцүүр, σ_a – ашигт бүрдвэрийн агуулгын дисперс, $\bar{a}$ – ашигт бүрдвэрийн дундаж агуулга.

I, II, III ба IV бүлгийн ордуудын хүдрийн биетүүдийн нийлмэл байдлыг харуулах хамгийн их хязгаарын боломжит утгууд (Хүснэгт-8)

Хүдэржилтийн үндсэн шинж чанаруудын өөрчлөлтийн тоон утгууд

Хүснэгт-8.

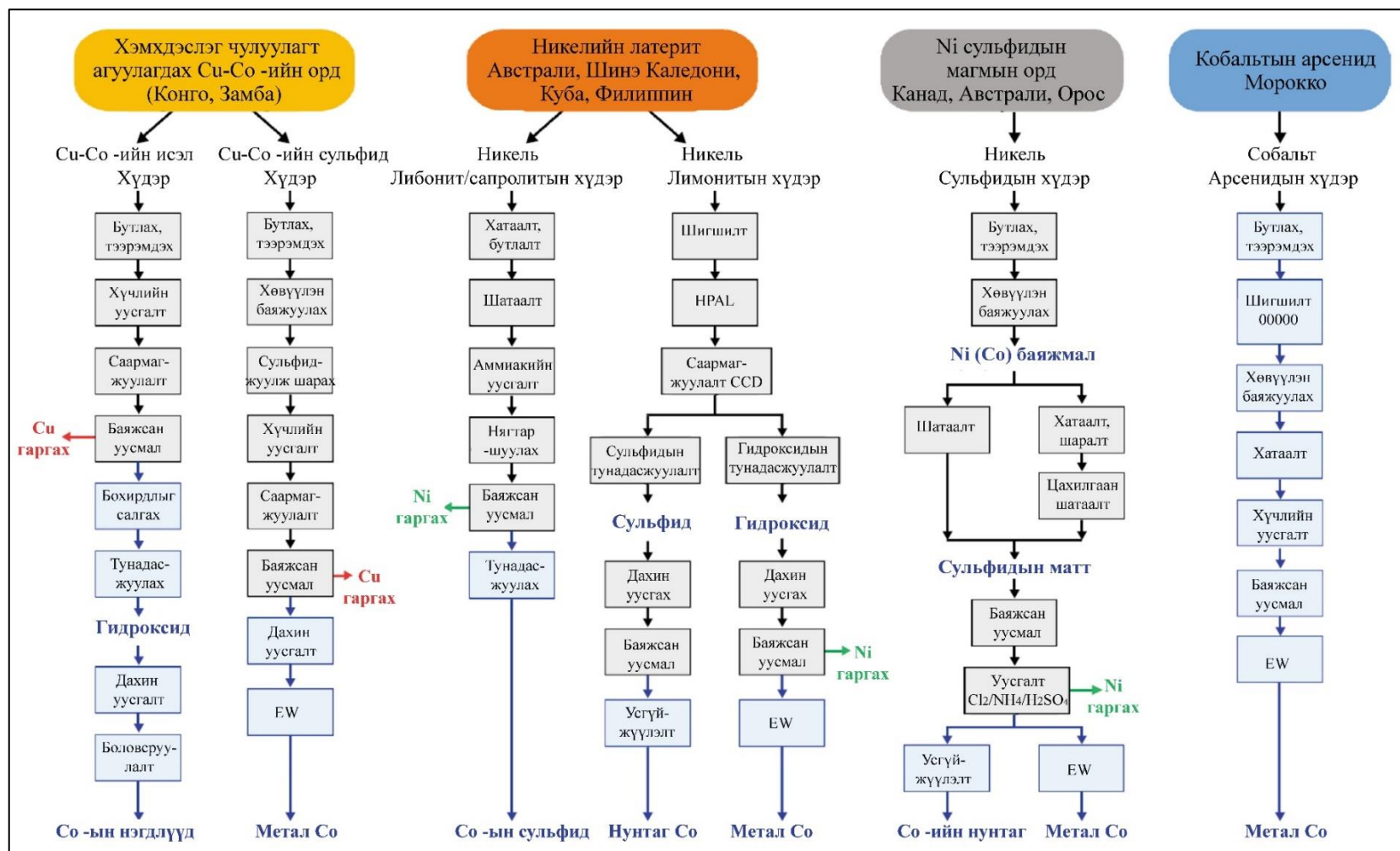
Ордын бүлэг	Ордын геологийн тогтоцын нийлмэл байдлын үзүүлэлтүүд			
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
I бүлэг	0.9–1.0	0.8–0.9	< 40	< 40
II бүлэг	0.7–0.9	0.6–0.8	40–100	40–100
III бүлэг	0.4–0.7	0.4–0.6	100–150	100–150
IV бүлэг	< 0.4	< 0.4	> 150	> 150

Тухайн ордыг тодорхой бүлэгт хамааруулах шийдвэрийг хүдрийн биетийн хэлбэр болон ашигт бүрдвэрийн агуулгын хамгийн их өөрчлөлтийг үзүүлэх геологийн бүх л мэдээллийн бүрэн байдлыг харгалзан гаргана.

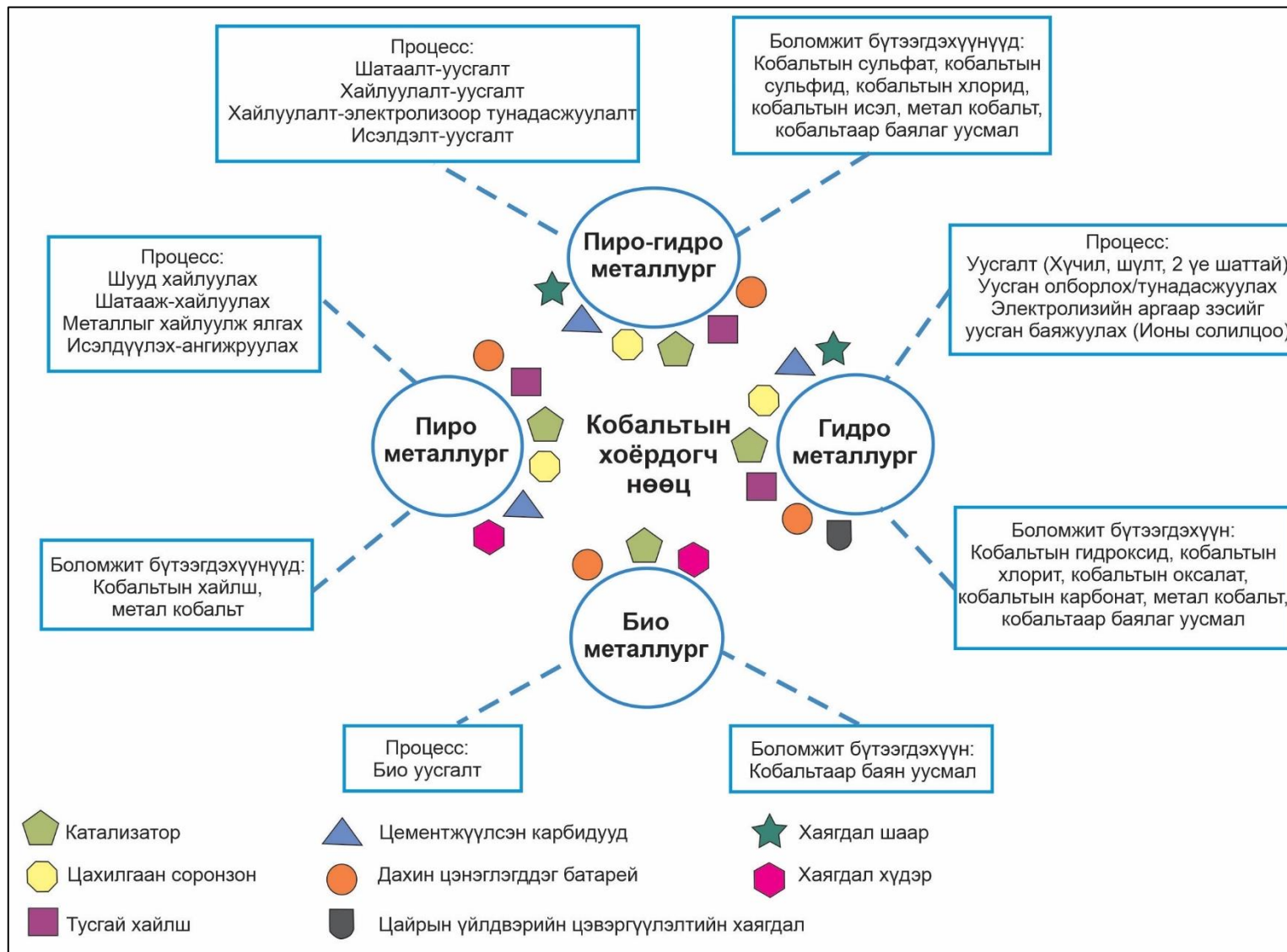
Ижил төрлийн ордын хайгуул хийсэн болон олборлож байгаа арга туршлагыг харгалзсаны үндсэн дээр тодорхойлогдоно. Хайгуулын системийн оновчтой хувилбарыг сонгохдоо хайгуулын ажлын төрөл бүрийн хувилбарт тохирох техник эдийн засгийн үзүүлэлтүүд болон хайгуулын ажлыг гүйцэтгэх хугацаа зэргийг харьцуулан тооцоолж, дүн шинжилгээ хийсэн байна.

НИКЕЛЬ, КОБАЛЬТЫН ОРДУУДЫН БАЯЖУУЛАХ ТЕХНОЛОГИЙН СХЕМҮҮД

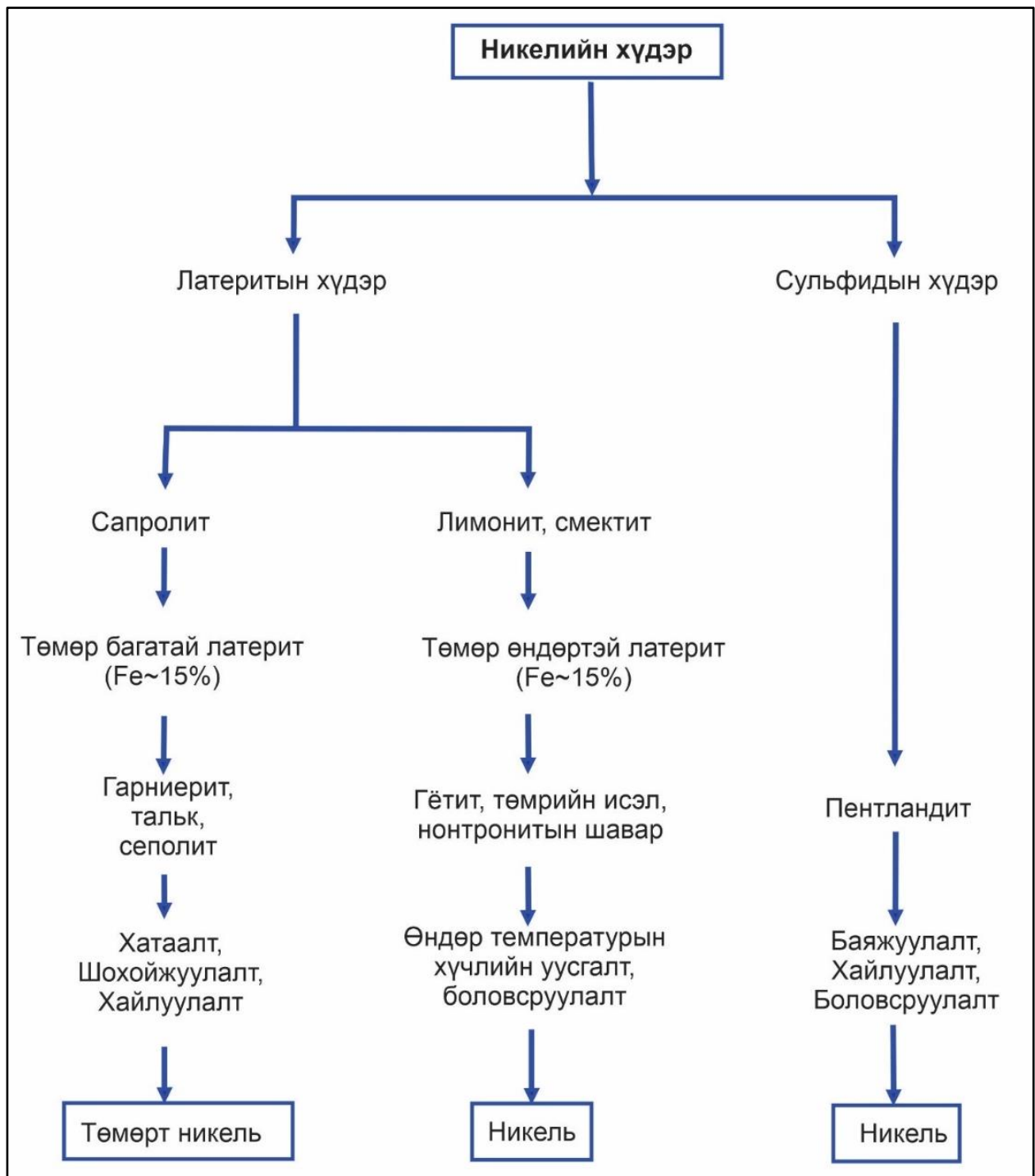
2.1. Хүдрийн ордын төрлөөс хамаарч кобальт ялгах ерөнхий схем



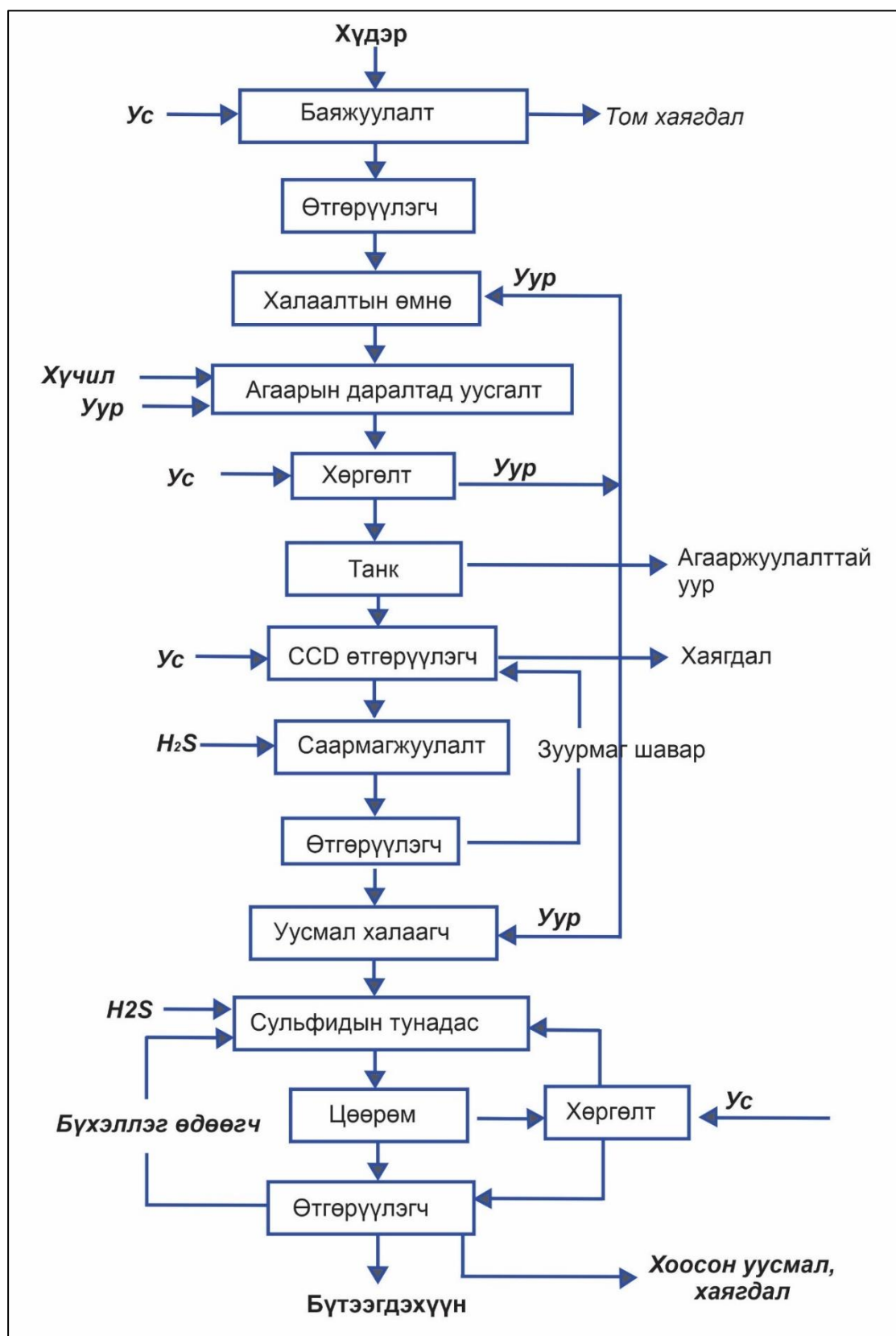
2.2. Кобальтыг хоёрдогч эх үүсвэр байдлаар дахин боловсруулах схем



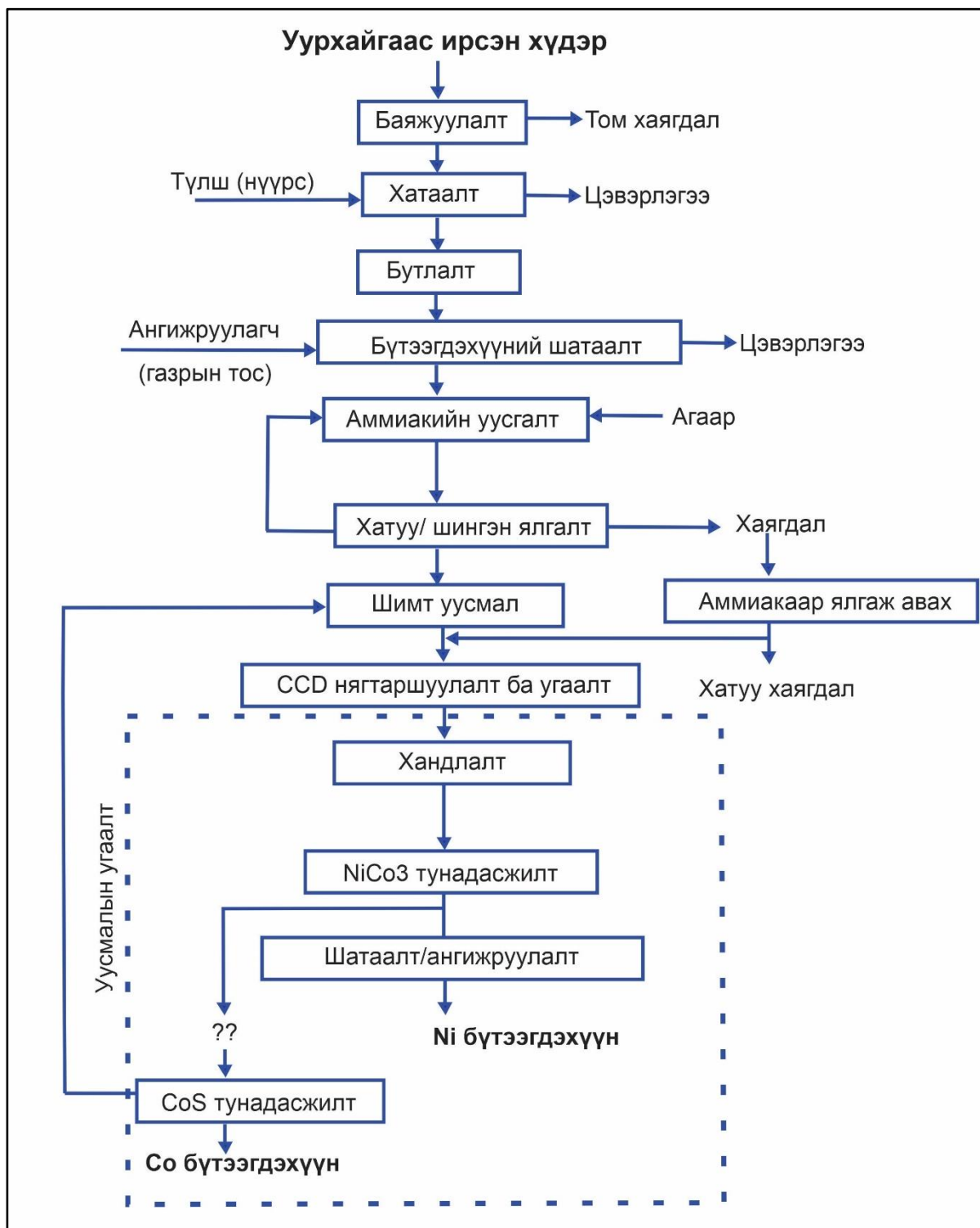
2.3. Никелийн хүдэр баяжуулах ерөнхий схем



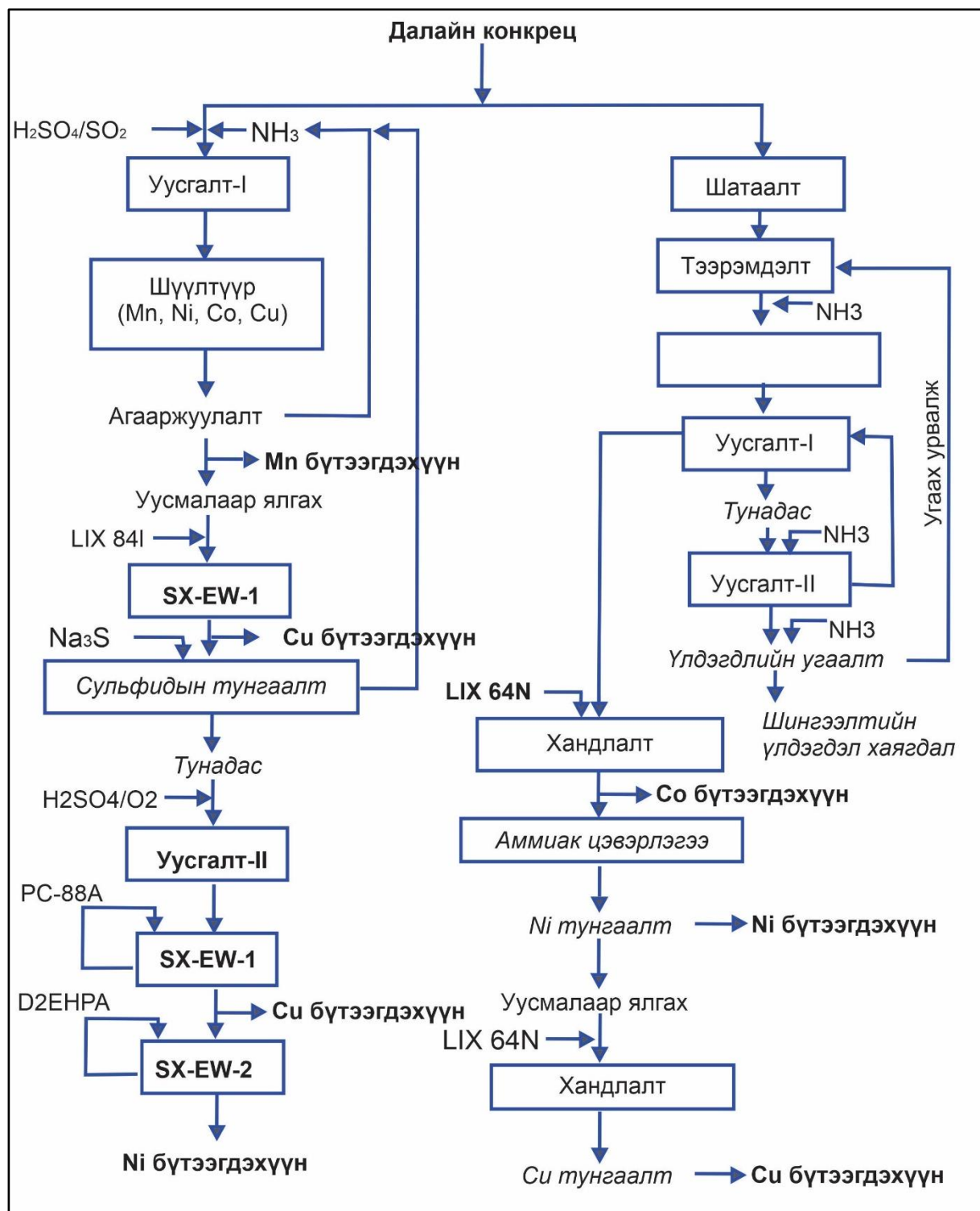
2.4. Латеритын никелийн хүдэр боловсруулах схем



2.6. Төмрийн агууламж өндөртэй лимониттой латеритын хүдэр баяжуулах схем



2.7. Далайн гаралтай нодуль хүдрээс никель ялган авах технологийн схем



2.8. Норильск ордын никелийн хүдэр боловсруулах схем

