

ГАЗРЫН ДОР ХҮЧЛЭЭР УУСГАН УРАН ОЛБОРЛОХОД МӨРДӨХ ТЕХНИКИЙН ЗОХИЦУУЛАЛТ

БҮЛЭГ 1. УРАН ГАЗРЫН ДОР УУСГАН ОЛБОРЛОХ (ГДУО) ТЕХНОЛОГИЙН ҮНДЭС

1.1. УДИРТГАЛ

Газрын дор уусган олборлох /ГДУО/ гэж химийн уусмал ашиглан агуулагч эрдэсжсэн элсэн чулуулгаас тухайн сонирхож буй **металллыг** газрын гадаргад гарган авахыг хэлнэ. ГДУО-д тохиромжтой уусгах шингэнийг чийглэг болон газрын доорх усны түвшинээс доор байх хүдрийн бүс рүү оруулан исэлдүүлэн нэгтгэж ураныг зөөх ба уран уусгасан уусмалыг үйлдвэрлэлийн цооногоор газрын гадаргад гарган авна. Эцэст нь уран уусгасан уусмалыг ураны эрдсээс салган дахин хүдэр агуулагч хурдаслуу өмнө нь уусмал өгсөн тусгай цооногоор дахин өгнө. Хүчлээр уусгах технологи бол хүчилд суурилсан тасралтгүй явагдаж болох уусгалтын систем юм. Үүнд ихэвчлэн нэлээд сулруулсан хүхрийн хүчлийг ашигладаг.

ГДУО-д хэрэглэгдэх нэр томьёо, тодорхойлолтын тайлбарыг Хавсралт 1-д оруулав.

1960-аад оны эхээр АНУ болон ЗХУ бие биенээсээ үл хамааран ГДУО аргыг боловсруулжээ. Энэ нь чийглэг болон ус агуулсан хурдаст орших, хэт бага агуулгатай тул уламжлалт олборлолтын аргаар олборлож болдоггүй элсэн чулууны ордоос уран гарган авахад зориулсан арга юм. Дээрх хоёр оронд ижил технологиор ГДУО аргыг боловсруулсан байдаг. Гэхдээ АНУ-ын мэргэжилтнүүд карбонат суурьтай шүлт/сод/-ээр уусгаж байсан бол ЗХУ хүчлээр уусгаж байжээ. Дараагийн жилүүдэд хүчлээр уусган олборлох технологи Болгар, Чехословак, БНАГУ /хуучнаар Зүүн Герман/ болон БНХАУ улсад нэвтэрсэн. Харин 1998, 1999 онуудад хүчлээр уусгах шинэ төсөл Австралид хэрэгжиж эхэлсэн.

Энэ техникийн зохицуулалтад хуучин ЗХУ буюу өнөөгийн ОХУ-д ашиглаж буй хүчлээр уусгах аргыг тайлбарлан авч үзэв. Үүнд, ГДУО төлөвлөлт ба ашиглалтын үед гарах нийт асуудлуудыг оруулсан болно¹.

Орд газрын ашиглалт явуулах талбайн, ашиглалтын болон эдийн засгийн нөхцөл байдлаас болж, түүнчлэн тухайн улсаас тавигдах шинэ шаардлагуудад нийцүүлж ГДУО технологи шинэчлэгдсээр байна. Үүний жишээ нь **Узбекистан** улс дахь бага агуулгатай хүчил ашиглах технологи, Өмнөд Австрали дахь хүчлээр уусгах сайжруулсан аргууд юм. Австралийн технологийн дэвшлийн талаарх мэдээллийг Хавсралт 2-д оруулав.

ГДУО аргын ач холбогдол 1990-ээд оноос хойш өсөж дэлхийн уран үйлдвэрлэлийн 13-15%-ийг эзлэх болсон. Мөн 1990 оны сүүл гэхэд газар дор уусган баяжуулах технологи ашигласан үйлдвэрлэлийн 65%-аас дээш хувийг

хүчлээр уусгаж авсан байдаг. Эдийн засгийн үр ашигтай байдал, түүнчлэн зөв төлөвлөлт, ашиглалтаас шалтгаалж байгаль орчны бохирдол багатай байх давуу талуудаас хамаарч ГДУО технологийг хэрэглэх байдал цаашид ч өсөх төлөвтэй байна.

1962 онд **Украины** Девладово болон Узбекистаны Учкудук ордуудад хүчлээр уусгах талбайн туршилтыг анхлан явуулж байжээ. Дээрх ордууд геологи, гидрогеологийн шинж чанараараа эрс ялгаатай ордууд юм.

Девладово нь Мезозойн үеийн тунамал чулуулгаар хязгаарлагдсан ба элсэн чулууны ордын үндсэн суваг дахь Палеозойн үеийн талстын дээр шууд тогтсон бүтэцтэй. Дээд Туронианы тунамал чулуулгийн хүдэр агуулсан давхаргууд нь ээлж дараалан байрласан тунамал чулуулаг, бага хэмжээний шавар агуулсан аргеллитаас тогтоно. Лаг шавар ба шаварлаг хэсгийн хооронд эдгээр чулуулгууд байх ба 15-20 м зузаантай үелсэн горизонт/давхарга/-той байна. Нийт үе нь зургаа ба түүнээс их буюу бага бие даасан усан давхаргыг хамаарна. Хүдрийн биет агуулсан ёроолоос дээш гурав дахь түвшин нь газрын гадаргуугаас 20-50 м гүнд байрлана. Энэ тогтцын дундаж нэвчилт 0.5 м/өдөр бөгөөд хүдэр дэх ураны дундаж агууламж 0.06% байна. Туршилтын ажлын эерэг үр дүнд үндэслэн энэ ордод олборлолт явуулж эхэлсэн бөгөөд 1975 он хүртэл ашиглажээ. Уусгалтын ажил дуусахад нийт ураны олборлолт нь нөөцийн 77.6% эзэлж байсан. Мөн ашиглалтын үед уусгах шингэний **металллын** агуулга ба урсгалын чадлын коэффициент газар дор хүхрийн хүчлээр уусгах дараах ажиллагаануудад ажиглагдсан хэмжээнээс мэдэгдэхүйц зөрөөгүй. Уусгагч шингэн ихэвчлэн 30-100 мг/л ураныг агуулж байсан ба гарган авсан килограмм уран тутамд 70-120 кг хүчил хэрэглэжээ. Энэ уурхай нь олон жилийн турш (ялангуяа уусгах аргыг идэвхтэй хэрэглэж байх үед) уран олборлох өртгөөрөө ЗХУ-д байсан бусад ураны уурхайгаас маш бага байсан юм.

Учкудук дахь ордын хувьд, агуулга бага эдийн засгийн хувьд үр ашиггүй 2-3 м зузаан чулуулгийг агуулсан хүдрийн давхарга бүхий урд хэсгээрээ ролл фронт хэлбэртэй орд дээр уусгах талбайг шууд байгуулсан. Хүдрийн биетийн босоо зузаан 20-25 м байсан. Гурван жилийн турш идэвхтэй уусгахад маш амжилттай үр дүн үзүүлсэн ба хүдрийн биет рүү хүчил оруулснаас хэдэн сарын дараах гаралтын шингэн дэх ураны агуулга 6-7 г/л байжээ. Уусгалтын хоёр дахь жилд ураны дундаж агууламж 0.380 г/л байсан. Хүчлийн зарцуулалтын коэффициент олборлосон 1 кг уранд 20-40 кг буюу маш бага байсан юм.

Ийнхүү эхэн үеийн үр дүн маш сайн байсан учраас уламжлалт аргаар олборлолт хийж байсан бусад олон ордод дахин төлөвлөлт хийж ГДУО аргыг хэрэглэж эхэлсэн байна. Мөн шинээр нээгдсэн ордуудад ч ГДУО шинэчилсэн технологи нэвтрүүлж эхэлсэн байна.

ГДУО аргыг сонгосон ордуудын хувьд хүдрийн агууламж бага, чулуулгийн хатуулаг муу, усархаг, мөн хүдрийн тархалт нь өөр өөр түвшинд тархсан байдаг учраас уламжлалт аргаар олборлох боломжгүй ордууд байдаг.

ЗХУ-д хүхрийн хүчлээр уусгах аргыг Узбекистаны Төв Кузилкум муж, Казахстаны Сырдарья болон Чуыжису мужуудад байрлах урд хэсгээрээ ролл

фронт хэлбэртэй ураны томоохон ордуудад анх туршин боловсруулсан байна. Эдгээр ордуудын дийлэнх ордод хүхрийн хүчлээр уусгах туршилт хийсэн бөгөөд хэд хэдэн ордыг үйлдвэрлэлийн зориулалтаар ашиглаж байжээ.

Хэдхэн жилийн дотор судалгаа, шинжилгээ болон ашиглалтын бүх шатанд ГДУО аргыг нарийн судалсан байна. Энэ хугацаанд ураны орд бүрийн ялгарах онцлог, өвөрмөц шинж чанарт тохируулан ГДУО технологийг боловсронгуй болгохын тулд илүү их чармайлт, асуудлыг бүтээлчээр шийдвэрлэх шаардлага гарсан.

Ураны уламжлалт арга ба газрын дор (хүчил ба шүлтээр) уусгах аргыг харьцуулсан туршилт дээр үндэслэн ГДУО арга нь дараах давуу талуудтай болохыг **тодоорхойлсон:**

- Хөрөнгө оруулалт ба ашиглалтын өртөг бага
- Нэг жил дэх бэлэн мөнгөний урсгал өндөр
- Хөрөнгө оруулалтын эргэн төлөлт хурдан
- Төсөл боловсруулах ба олборлолт эхлүүлэх хугацаа бага
- Эрчим хүчний зарцуулалт бага, цөөн тооны тоног төхөөрөмж шаарддаг
- Нэгж бүтээгдэхүүнд ногдох ажилчдын тоо бага
- Цацрагийн шарлага бага, байгаль орчинд үзүүлэх (бохирдол зэрэг) нөлөө бага
- Хатуу хаягдал бага
- Бага агуулгатай хүдрийг олборлох боломжтой учир нөөц ашиглалт өндөр
- Бусад аргаар олборлох боломжгүй ордоос уран гарган авах боломжтой.

Хүчлээр уусгах аргын талаар нэмж хэлэхэд Зөвлөлтийн мэргэжилтнүүд Узбекистаны Суграли, Канимек ордуудад карбонатаар (шүлтээр) уусгах аргыг туршиж байсан. Эдгээр ордуудын олборлолтын ажлын үр дүнг харьцуулан хүчил, шүлтээр уусгах аргын дутагдалтай болон давуу талыг гаргаж болно. Үүний дүнд хүчлээр уусгах аргын давуу талуудад:

- Хүдрээс гарах ураны гаралт буюу **металл** авалт өндөр (70-90%)
- Уусгах кинетик сайтай (80%-ийн гаралттай байхад эргэлдэж буй уусгах шингэний нүх сүвшилтийн эзлэхүүний тоо 3-4 байдаг бол карбонат шингэний хувьд 10-12 байдаг. "Pore volume" буюу нүх сүвшилтийн эзлэхүүн гэдэг нь нүх сүвэрхэг материалын нийт эзлэхүүнийг (V_H) түүн доторх нүх сүв буюу агаарын эзлэх эзлэхүүнтэй (V_a) харьцуулсан харьцаа юм ($\text{нүх сүвшилтийн эзлэхүүн} = V_a / V_H$).
- Хүчлээр уусгах хугацаа харьцангуй бага байх ба (цооногийн талбайн хэмжээ болон хүдрийн нэвтрүүлэлт, цооногийн загвар зэргээс хамаарч) 2-5 жил байна
- Дагалдах бүтээгдэхүүн олборлох боломжтой.
- Урсгалыг хаадаг, нэвчилт багатай химийн тунадасны тусламжтайгаар уусгалтын талбай дотроос шингэн алдагдлыг хязгаарлах боломжтой.

- Эргэлтээр дахин ашиглагдаж буй уусмал дахь төмрийн ислийн тархалт их байдаг учраас исэлдүүлэгч нэмэх шаардлагагүй.
- Зэргэлдээ орших ашиггүй чулуулаг дундуур өнгөрөхдөө бохирдсон уусмал “дахин-эргэлтэд орох” буюу өөрөө-цэвэрлэгддэг учраас үлдэгдэл уусгах шингэн нь өөрөө саармагжин сэргээгдэх боломжтой.
- Хүчлээр уусгах аргын дутагдалтай талуудад:
- Карбонат (1.5-2.0% ба түүнээс дээш агуулгатай CO_2) агуулсан хүдэр дэх хүчлийн зарцуулалт химийн бодисын зарцуулалтыг нэмэгдүүлж үйлдвэрлэлийг үр ашиггүй болгодог.
- Нүх сүвний (химийн ба хийн бөмбөлгүүдээс үүсэх) бөглөрөл үүсэх эрсдэл гарч болох.
- Дахин ашиглагдах уусмалд байх уусдаггүй хатуу бодисын агуулга өсөх (15-20 г/л хүртэл) тохиолдол бий.
- Зэвэрдэггүй материал, тоног төхөөрөмж зайлшгүй хэрэглэх шаардлагатай, урвалж бодисын өртөг харьцангуй өндөр байдаг зэрэг орно.

1.2. ГАЗРЫН ДОР УУСГАН ОЛБОРЛОХ ТАЛБАЙН ГЕОХИМИЙН ШИНЖ ЧАНАР

ГДУО арга нь исэлдсэн орчноос үүсдэг **тодоорхой** өөрчлөлттэй геохимийн хаалтаар зааглагдсан элсэн чулуун үелсэн ордоос уран олборлоход зориулсан технологи юм. Энэ төрлийн ордын томоохон ордууд нь артезианы бүсийн усархаг давхаргын элсэн чулуун ордтой генетикийн хувьд төсөөтэй бөгөөд хуурай бүсэд илүү түлхүү судлагдаж байна.

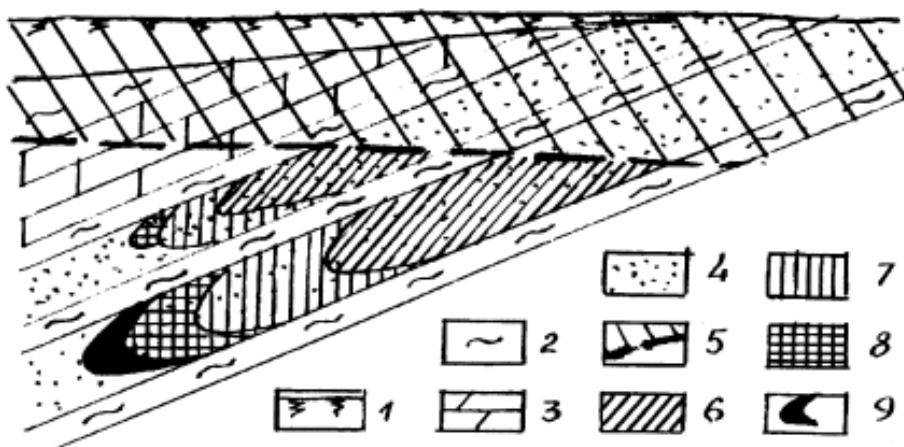
Уранаас гадна эдгээр усан давхаргууд **селени**, молибденыг агуулах ба гүний устай исэлдэж геохимийн хаалт /саад/ дээр хуримтлагдсан бусад **металллуудыг** бас агуулна. Энэ **металллууд** эпигенетик бүсийн бүрдэлыг үүсгэдэг.

Уран агуулсан чулуулгийн геохимийн шинж чанарыг тэдгээрийн анхдагч найрлага, тархалтын хэмжээ, нэвтрүүлэх чадвар, гидрологийн шинж чанараар **тодоорхойлно**.

Агуулагч чулуулгийн ангижирсан химийн төлөв дараах ордуудын диагенезийн /үе солигдох/ үед үүсэх боломжтой. Мөн геологийн нэг үед хамаарах зарим үзэгдлийн үр дүнд үүсэж болно. Үүнд устөрөгчийн сульфид, нүүрстөрөгчийн хий болон петролиум керосин зэргийн сул урвалжууд орно.

Саарал, хар саарал, ногоон саарал өнгөтэй агуулагч чулуулгийн тогтоцыг даган сулрах процесс явагдана. Ангижрах процессын үед явагдах эпигенетик өөрчлөлтөд царцдас үүсэх, карбонатжилт, сульфиджилт, аргелитжих, гурван валентын төмрийн задрал (чулуулаг цайрах) зэрэг процессууд орно.

Урд хэсгээрээ исэлдсэн, үелсэн ордын хувьд дараах бүсүүд ажиглагддаг (Зур. 1.1).



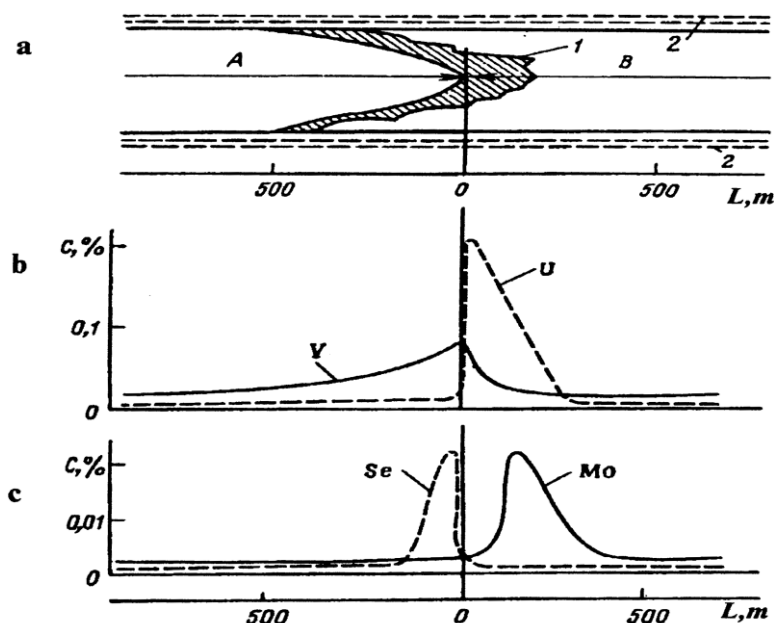
Зур. 1.1. Хэсэгчлэн исэлдсэн, хүдэр агуулагч тунамал чулуулгийн үелсэн эпигенетик бүс: 1 - хөрс-ургамлын давхарга, 2 - шавар, 3 - сзөх чулуу, 4 - элсэн чулуу, 5-зааг дотроо исэлдсэн бүс, 6 - элсэн чулууны хэсгийн бүрэн исэлдсэн дэд бүс, 7 - гематитийн өөрчлөлтийн дэд бүс, 8 - элсэн чулууны хэсгийн хэсэгчлэн исэлдсэн дэд бүс, 9 - ролл фронт хэлбэрийн хүдрийн орд.

Лимонитжилтийн бүс нь бүрэн ба хэсэгчлэн исэлдсэн гэсэн дэд бүсүүдэд хуваагдана.

Исэлдлийн бүсэд сидерит, пирит, биотит, хлорит болон глауконик зэрэг эрдсүүд огт байдаггүй. Төмрийн гидроксид хүдрийн эрдэс болж солигддог. Жижиг мөхлөгүүд каолин (нарийн шавар)-тай жонш агуулна. Хүдэрт шар, цайвар шар, улбар шар өнгүүд давамгайлсан байдаг. Бүрэн бус исэлдсэн дэд хэсгийн хувьд чулуулагт төмрийн гидроксид чулуулагт цоохортож харагддаг. Бага хэмжээний хайрга, сидерит, болон глауконик байж болно. Зонхилох өнгө нь шар ногоон, цайвар шар байна. Бүрэн ба хэсэгчлэн исэлдсэн бүсийн хооронд заримдаа улаан гематит оохор бүхий дэд бүс ажиглагддаг (Зураг 1.1). Бүрэн исэлдсэн дэд хэсэг нь хүдрийн илэрц бүхий газрын зах хязгаар хүртэл хэдэн арваас хэдэн зуун километр сунаж байрлана. Бүрэн бус исэлдсэн дэд хэсгийн хувьд хэдхэн километрээс хэдэн зуу эсвэл хэдэн мянган километр үргэлжилнэ.

Ураны эрдэсжилтийн бүс нь бүрэн бус исэлдсэн чулуулаг ба саарал өнгийн анхдагч чулуулгийн нийлмэл бүсээр тэмдэглэгддэг геохимийн хаалт /тектоник хагарал зэрэг саад/-ын дагуу байрлана. Энэ бүсэд төмрийн оксид бараг байхгүй. Харин чулуун нүүрсний чулуулаг исэлдэлгүй үлдсэн байдаг. Мөн зарим нийлмэл пирит буюу карбонатууд ажиглагддаг. Ураны давирхай, коффинит, ураны хөө зэрэг эрдсүүд пирит ба зарим органик бодистой нэгдэл хэлбэртэй байж болно. Чулуулаг нь саарлаас хар хүртэлх өнгөтэй байна. Гүний устай газар байрласан бүсийн хувьд байгалийн **селени**, феросилиит (FeSiO_3), мөн их хэмжээний ради агуулж байж болно. Зарим тохиолдолд ролл /ороомогын/-ын дотоод ба хамар хэсэгт ролл хэлбэрийн молибдены хуримтлал ажиглагддаг. Мөн ванади болон бусад нэгдлүүд тааралдана

(Зур. 1.2.). Уран агуулагч бүс их төлөв хэдэн арав, ховор тохиолдолд цөөн хэдэн зуун метр сунаж тогтсон байна.



Зур.1.2. Ердийн “ролл-ороомог хэлбэрийн” орд, (Өмнөд Техас, АНУ), а) уран, ванадийн тархалт, б) селен, молибдены тархалт, в) А - исэлдсэн бүс, В - суларсан бүс, 1-эпигенетик хүдрийн эрдэсжилт, 2 - аргилет, С- агууламж, %, L - исэлдсэн бүсийн зах хүртэлх урт, метр.

Саарал ашиггүй чулуулгийн бүсэд судалж буй үе давхаргуудын түвшингийн хувьд чулуулгийн эрдэс энгийн бүтэцтэй байна. Исэлдэхийн өмнө саарал буюу цайвар саарал өнгөтэй байдаг.

Хайгуулын ажлын туршид эдгээр геохимийн бүсийн шинж чанар, хэмжээнд үнэлгээ хийнэ. Үүнийг бүтцээр нь буюу литологийн ерөнхий онцлогоор, мөн хөндлөн огтлолоор график хэлбэртэй гаргана.

1.3. УРВАЛЖ МАТЕРИАЛ – УУСГАЛТЫН ХИМИ - ТЕХНОЛОГИ

1.3.1. Урвалжийн тухай ерөнхий мэдээлэл

Уран ба бусад ач холбогдол бүхий нэгдлүүдийг хүчил болон карбонатаар уусгадаг. Үүнд хүхрийн хүчил, азотын хүчил, давсны хүчил, натрийн карбонат ба бикарбонат, аммоны карбонат ба бикарбонат, калийн карбонат орно. Хүчилтөрөгч, устөрөгчийн хэт исэл, төмрийн ион, нитрат, гидрохлорид зэрэг бусад материалыг исэлдүүлэгч болгон ашигладаг. Газар дор уусгахад их хэмжээний хүдэр ба ашиггүй чулуулгийг уусгадаг учир нийт олборлолтын

зардалд химийн урвалжийн өртөг өндөр байх ба үүнийг их анхаарч үзэх шаардлагатай. Урвалжийн зардлыг аль болох бага байлгах нь чухал. Урвалжийн хувьд хүхрийн хүчил уусалт сайтай төдийгүй харьцангуй бага зардалтай байдаг. Бусад уран уусгах урвалжуудын өртгийг (хүхрийн хүчилтэй харьцуулсан хувиар) моногидрид буюу 100% давсны хувьд тооцоолсныг доор харуулав [13]:

Урвалж	Тонн	Моль
H_2SO_4	100%	100%
HNO_3	178%	229%
HCl	174%	130%
Na_2CO_3	152%	164%
$NaHCO_3$	127%	218%
$(NH_4)_2CO_3$	163%	159%
$(NH_4)HCO_3$	102%	164%

Химийн шинж чанараараа азотын хүчил уранд хамгийн тохиромжтой урвалж болдог. Хүхрийн хүчлээс ялгаатай нь азотын хүчил исэлдүүлэлт өндөр, уусдаггүй, үлдэгдэл гардаггүй. Хэдий тийм ч өндөр зардалтай, хортой азотын хүчлээр гүний усыг бохирдуулах магадлалтай учраас ГДУО-ын практикт азотын хүчлийг хэрэглэх байдал буурсаар байна. Ураны хүдэртэй явагдах урвалын өртгийг авч үзвэл давсны хүчлийн уусмал нь азотын ба хүхрийн хүчлийн уусмалын дундаж болно. Давсны хүчлээр нүх сүвшилтийг бөглөдөг, уусдаггүй нэгдэл үүсдэггүй ч **металл** хоолой, тоног төхөөрөмжийг илүү зэврүүлэх талтай.

Агууламж нь 70%-аас дээш хүхрийн хүчилтэй уусмал төмрийг уусгадаггүй. Энэ нь нүүрстөрөгч агуулсан ган танканд хүчлийг тээвэрлэхэд давуу талтай болно. Харин хүхрийн хүчлийн сулруулсан уусмал **металллыг** зэврүүлдэг муу нөлөөтэй. Иймд ердийн уусгах аргад ашигладаг 1-3%-ийн хүхрийн хүчлийн уусмалд (хром-никель, полиэтилен зэрэг) зэвэрдэггүй материалаар хийсэн (шахуурга, дамжуулах хоолой зэрэг) тусгай тоног төхөөрөмжүүд шаардлагатай. Зарим тохиолдолд хүчилтэй урвалд ордог төмөр гадаргатай тоног төхөөрөмжийн гадаргууг хамгаалахын тулд төмөрт идэвхгүй болгох зорилгоор 1.5-2%-ийн азотын хүчил нэмж ашигладаг.

Уусгалтын технологид ашигладаг урвалж, зарим бодисын pH-ийн хэмжээ зэрэг нэмэлт мэдээллийг Хүснэгт 1.1. ба 1.2. –т өгөв. Уусгалтын процесст хэрэглэдэг хийнүүдийн талаарх мэдээллийг хүснэгт 1.3. –т үзүүлэв.

Хүснэгт 1.1. Урвалжийн найрлага [3]

Урвалж	Химийн томьёо	Молекул масс	Урвалжийн агуулгын стандарт	Агуулга, масс %	Нягт, г/дм ³	1 моль шингэний 1 литр дэх хэмжээ
Азотын хүчил	HNO ₃	63.012	15.9	70	1.42	63
Аммони	NH ₃	17.031	14.8	29	0.90	65
Калийн гидроксид	KOH	56.11	11.7	45	1.46	85
Натрийн гидроксид	NaOH	40.00	19.1	50	1.53	52
Хүхрийн хүчил	H ₂ SO ₄	98.07	36	96	1.84	56
Давсны хүчил	HCl	36.461	12	37	1.14	83
Цууны хүчил	CH ₃ CO	60.052	17.4	99.8	1.05	57
Фосфорын хүчил	OH	97.994	14.7	85	1.70	69
Хлорын хүчил	H ₃ PO ₄	100.45	11.7	70	1.67	86
	HClO ₄	7	9.5	60	1.54	110

Хүснэгт 1.2. Уусгалтын уусмалын pH-ийн хэмжээ [3]

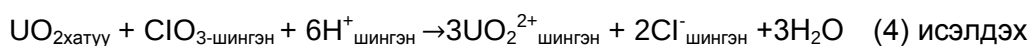
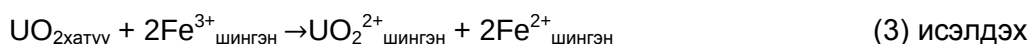
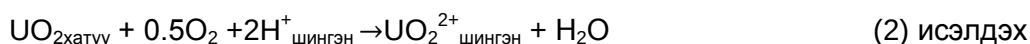
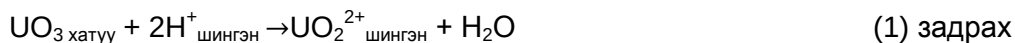
Материал	1 моль	0.1 моль	0.01 моль	0.001 моль
Аммони	11.8	11.3	10.8	10.3
Натрийн бикарбонат	-	8.4	-	-
Калийн гидроксид	14.0	13.0	12.0	11.0
Натрийн гидроксид	14.05	13.07	12.12	11.13
Натрийн карбонат	-	11.5	11.0	-
Хүхрийн хүчил	0.3	1.2	2.1	-
Цууны хүчил	2.4	2.9	3.4	3.9
Хлорт устөрөгч	-	5.1	-	-

Хүснэгт 1.3. Уусгалтад ашиглагдах хийн шинж чанар

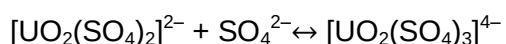
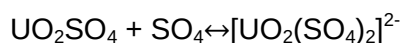
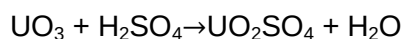
Хий	Химийн томьёо	Молекул масс	Валент	Амтосферын даралтад 0°C дэх нягт, г/дм ³	Амтосферын даралтад 0°C – д уусах чанар
Азот	N ₂	28.013	3; 5	1.251	0.189
Аммони	NH ₃	17.031	-	0.771	53.1
Агаар	-	28.98	-	1.293	0.0242
Хүчилтөрөгч	O ₂	31.999	2	1.429	0.0434
Озон	O ₃	47.998	-	2.144	-
Радон	Rn	222	0	9.73	-
Устөрөгчийн сульфид	H ₂ S	34.080	-	1.539	3.85
Нүүрстөрөгчийн давхар исэл	CO ₂	44.010	-	1.977	1.69
Хлор	Cl ₂	70.906	-	3.214	7.29

1.3.2. Хүхрийн хүчлээр уусгалтын үед явагдах химийн урвал

Хүхрийн хүчлээр уусгахад ураны оксидын харилцан үйлчлэлийг дараах байдлаар бичиж болно [4,5,9,15]:



Зургаан валенттай уран агуулсан хүдэр уусгахад уусмалд уранил сульфидийн олон төрлийн тогтоц үүснэ:



Уусмал дахь олон төрлийн анионы агууламжийг рН-ээр, түүнчлэн сульфатын ион, ураны агууламжаар тодоорхойлно. Ураны хүдэр гол төлөв дөрвөн валенттай ураныг тодоорхой хэмжээгээр агуулдаг тул исэлдүүлэгчгүйгээр уусахад хүндрэлтэй. Иймд (5) урвал газар дор явагддаггүй, харин гурван валенттай төмөр байгалийн исэлдүүлэгч болдог тул (3) тэгшитгэлийн дагуу урвал явуулж болдог. Исэлдүүлэгч урвалж оруулснаар (2) ба (4) тэгшитгэлийн дагуу дөрвөн валенттай уран зургаан валенттай уран руу шилждэг.

ГДУО арга дахь хүхрийн хүчлийн анхны агууламж ихэвчлэн $15-25 \text{ г/дм}^3$ байдаг. Ийм хэмжээ исэлдэлтийг эрчимжүүлж хүдэр бэлтгэлийн хугацааг багасгана. Үйлдвэрлэлийн шингэн гаралтын цооногт хүрснээс хойш хүчлийн агууламж аажмаар буурч $7-8 \text{ г/дм}^3$ болно. Гаралтын шингэнд агуулагдах хүчлийн үлдэгдэл ойролцоогоор $1-3 \text{ г/дм}^3$ байдаг. Ямар ч тохиолдолд уранил гидроксидыг тунадасжуулахдаа рН-ийн хэмжээг хэтрүүлж болохгүй (өөрөөр хэлбэл $\text{pH} < 2$ байна).

Ураны уусмал руу орох хурдыг ихэсгэх нэг арга бол гурван валенттай төмрийн ионы агууламжийг ихэсгэх юм. Удаан сул процессын үед төмрийн сульфатын оксид болон бусад исэлдүүлэгчтэй уусмал нэмж холин исэлдэх процессыг хурдасгаж болно.

Элсэн чулууны ордыг газар дор уусгах уусмалд Fe^{3+} , Fe^{2+} агуулагдана. $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} > 1$ үед төмрийн ионы агууламж ойролцоогоор $1-2 \text{ г/дм}^3$ байх ба эдгээр уусмалтай холилдсон үед дөрвөн валенттай уран бүрэн исэлдэнэ.

Цахилгаанжих чадал нь $+300 \text{ мВ}$ -оос бага үед уусмал дахь бүх төмөр хоёр валенттай төлөвт шилжинэ. Харин $+430 \text{ мВ}$ үед төмрийн нэг хагас нь гурван валенттай, $+600 \text{ мВ}$ ба түүнээс дээш үед бүх төмөр гурван валенттай төлөвт байна. Эндээс харвал уусмалын цахилгаанжих чадал нь $+500 \text{ мВ}$ ба түүнээс дээш үед ураны диссоциацлах (задрах) хурд хамгийн их байна.

Үүн дээр нэмээд гурван валенттай төмрийн хувьд хүчилтөрөгч, устөрөгчийн хэт исэл, натри хлорид болон нитратын ион сайн исэлдүүлэгч болдог. Хүчилтөрөгч олдоц ихтэй, зардал багатай төдийгүй харьцангуй хүчтэй исэлдүүлэх чадвартай учраас өргөн хэрэглэгддэг исэлдүүлэгч юм. Хэрэглээтэй холбогдон эрсдэл гардаг, өртөг өндөртэй зэрэг шалтгаануудын улмаас устөрөгчийн хэт исэл тийм ч түгээмэл хэрэглэгддэггүй.

Гэвч хүчлийн орчинд хүчилтөрөгч үр дүн багатай. Иймд хүчил оруулахын өмнө эрдсийн бүс рүү хүчилтөрөгч оруулна. Ингэхдээ цооногийн хаалтын гүн хүртэл сунгасан тусгай дамжуулах хоолойгоор дамжуулан цооног руу усан уусмал оруулна. Цооногийн шингэний баганаас хамаарч гидростатик даралт өсөх ба гидростатик даралт өсөхийн хэрээр хүчилтөрөгчийн уусах чанар нэмэгдэх учир сүүлийн арга илүү тохиромжтой болно.

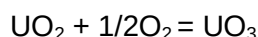
Хүчлийн уусмалд уранил трисульфатын нэгдэл $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ зонхилдог. Ураны нэгдэл анион солилцооны давирхайд амархан шингээгдэнэ. Уусмал дахь сульфатын бүх нэгдэл өөр хоорондоо тэнцвэрт оршино.

Талбай дээр явуулсан олон төрлийн ялгаатай туршилтын тоон үр дүнгүүдийг харьцуулж ураныг хүхрийн хүчлээр уусгахад исэлдүүлэгч хэрэглэх шаардлагатай эсэхийг тодоорхойлдог.

Уран агуулсан чулуулгийн ураны бус эрдсүүдтэй үйлчлэх харилцан үйлчлэлээр хүчлийн зарцуулалтыг тодоорхойлно. Хүчлийн зарцуулалт өсөхийн хэрээр карбонатын агуулга ихсэх учраас хүчлийн арга ашиггүй болдог (бүрэн урвал явуулахын тулд CaCO_3 -ын хувь бүрт H_2SO_4 -ийн нэг хувь шаардлагатай). Хүдрийн бүсээс уусмалд уусаагүй доод давхаргын нийт хэмжээ 0.5-1% буюу түүнээс хэтрэхгүй байна. Эрдсийн найрлагаас хамаарч хүдэр ба ашиггүй чулуулагтай харилцан үйлчлэх хүчлийн зарцуулалт хүдрийн массын тонн тутамд харгалзан 7-8 ба 25-30 кг байна.

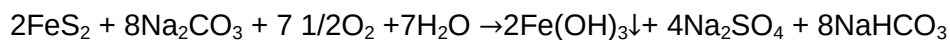
1.3.3. Шүлтээр уусгах үед явагдах химийн урвал

Зургаан валенттай уран сул шүлтийн орчинд уусамтгай нэгдэл болдог чанарт үндэслэж шүлтээр (карбонат) уусгах аргыг хэрэглэнэ. Энд, Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} ба Mg^{2+} ионууд катионы үүрэг гүйцэтгэдэг. Уранилын трикарбонат $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$, бикарбонат $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ анион болно. Исэлдүүлэгч нэмэхгүйгээр карбонатын уусмалаар дөрвөн валенттай ураны нэгдлийг гарган авах боломжгүй. Иймд карбонатын уусмалтай хамт хүдрийн бүс рүү оруулна. Гол төлөв бикарбонатын (HCO_3) давс, нүүрстөрөгчийн давхар ислийн хий нэмж уусгадаг. Нүүрстөрөгчийн давхар исэл агуулагч чулуулаг дахь байгалийн карбонаттай харилцан үйлчилж саармаг буюу сул шүлтийн рН-тэй орчинд уусдаггүй бикарбонат, карбонатыг үүсгэдэг. Натрийн давсаар уран уусгахад явагдах урвалын тэгшитгэлийг доор үзүүлэв.



Нэвчилтийг бууруулдаг шаварлаг эрдэс дээшилбэл натри, калийн давс хэрэглэхгүй. Үүний оронд рН-ийг хянахгүйгээр эхлээд нүүрстөрөгчийн давхар ислийг нэмэх хэрэгтэй.

Хүчлийн зарцуулалт өндөр учир хүчлээр уусгахад ашиггүй карбонатын чулуулагт шүлтээр (бикарбонатын) уусгах аргыг гол төлөв хэрэглэнэ. Пирит зэрэг сульфидууд карбонатын уусгах уусмал руу хортой хольц оруулдаг:



Сульфидийн агууламж 2-4% байх ба үүнээс хэтэрвэл карбонатын уусгалт ашиггүй болно. Түүнээс гадна шохойн ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) тунадас үүсэх эрсдэл ихтэй. Энэ нь уран агуулсан чулуулгийг дахин сэргэхээргүй бөглөх шалтгаан болно.

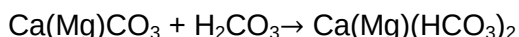
Хүчлийн системийн эсрэгээр шүлтийн орчинд хүчилтөрөгч дөрвөн валенттай ураныг удаан исэлдүүлдэг. Хүчилтөрөгчийн уусах чанараар, түүнчлэн агуулагч чулуулгийн гидростатик даралтаар оролтын шингэн дэх уусаагүй хүчилтөрөгчийн агуулгыг хязгаарлана. Үүний дүнд хүдрийн ордод

орох хүчилтөрөгчийн агуулга ихсэх учир карбонатаар уусгах уусмалд устөрөгчийн хэт ислийг (H_2O_2) ашиглах нь илүү тохиромжтой байдаг.

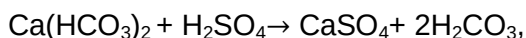
Карбонатын орчинд энэ нэгдэл амархан задарч хүчилтөрөгчийг ялгаруулах ба энэ хүчилтөрөгч дөрвөн валенттай ураныг зургаан валенттай болгож исэлдүүлнэ (гэвч устөрөгчийн өртөг өндөр учраас энэ урвал эдийн засгийн ашиггүй байдаг). Карбонатын эрдэстэй явагдах урвалд шүлтийн урвалж ашигладаггүй. Мөн үндсэн хүдэр агуулагчийг бүрдүүлдэг цахиур, хөнгөнцагаан-цахиурлаг эрдэстэй урвалд ордоггүй. Сульфидийн хувьд сульфат (шохой, ангидрид), фосфат, органик бодис болон (ураны карбонатын нэгдлүүд орохгүй) бусад эрдэстэй явагдах урвалд карбонатын урвалж ашиглана. Уусгах процессын үед карбонатыг бикарбонат буюу зургаан валенттай ураны өөр нэг нэгдэл болгож шилжүүлнэ. Ашиггүй чулуулгийн эрдэстэй урвалд орсон хүчилтөрөгчийг пирит болон бусад сульфидийн эрдсүүдийг исэлдүүлэхэд хэрэглэнэ. Харин чулуулагт **молибдени**, ванади зэрэг **металллууд** байвал хүчилтөрөгчийн **тодоорхой** хэсэг тэдгээрт бас зарцуулагддаг.

Карбонатын комплекс урвалж бэлтгэх үндсэн арга бол хүдэр агуулагч усан давхаргаас шахуургадаж гаргасан усанд давс уусгах буюу шингэн урвалжийг оролтын цооногт шингэний танк руу тэр даруй оруулах явдал юм. Туршилтыг хүдрийн төрөл бүр дээр CO_3^{2-} буюу HCO_3^- ионы тохирох агуулгыг **тодоорхойлох** ба гол төлөв $0.5\text{--}5\text{ г/дм}^3$ -ын хооронд байна. Бикарбонатын давс байгалийн рН-д бага, харин нэвчилтэд бараг нөлөөлдөггүй учир бикарбонатын давс хэрэглэх давуу талтай.

Мөн уусдаггүй нүүрсхүчлийн давхар ислийн хий, агуулагч чулууны карбонатын харилцан үйлчлэлийн дүнд бий болсон кальци, магнийн карбонатыг комплекс урвалжид мөн ашигладаг (CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3):



Карбонат ба эрдсийн (ихэвчлэн хүхрийн) хүчлийн сулруулсан уусмал хоорондох харилцан үйлчлэлээр үүсэх бикарбонаттай холбогдон уусгах гурав дахь арга гарч ирнэ:



Дээрх урвалын дагуу цаашдын процесс явагдана.

Карбонатаар уусгах үед уусмалын шингэн усан давхаргын устай холилдож уусмалд тэсвэртэй кальци, магнийн карбонатын тунадас үүсгэдэг. Тунадасны хэмжээ усны хатуулгаас хамаарна. Дээрх карбонатууд цооногийн бүрхүүл буюу дамжуулах хоолойн хана, шингээлтийн төхөөрөмж, давирхай дээр тунадасаждаг, үүнээс шалтгаалж боловсруулах ажил удааширна.

Кальци, магни зэрэг хоёр валенттай катионуудыг нэмсэн тохиолдолд шүлтээр уусгах эхний (үндсэн) аргад усыг зөөлрүүлэх шаардлагатай болдог. Урвалж усан давхаргын устай холилдож кальцийн карбонатын тунадас үүсгэнэ. Хоёр, гуравдугаар аргад усыг боловсруулах шаардлагагүй. Тунадсыг цөөрөмд хийж тусгаарлана. Уусмал дахь кальцийн үлдэгдлийн агуулга 1 мг-

экв/дм³ орчим байх ёстой. Ион солилцооны давирхай ашиглан усархаг давхаргын усыг давсгүй болгоно.

Кальцийн карбонатын тунадас үүсэхээс сэргийлж уусмалд зарим удаашруулагч урвалж нэмж болно. Ингэснээр уусгах процессын үед гүний усны давсжилтыг хамгийн бага болгох боломжтой болдог. Удаашруулагч урвалжийн хувьд 5-10 мг/дм³ хүртэл агуулгатай натрийн метафосфат (Na_3PO_4) болон пирофосфатын ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$) давсыг удаашруулагч болгон нэмж болно.

1.3.4. Уусгалтын химийн технологийг сонгох шалгуур

Газар дор уусгах технологид уран агуулсан чулуулаг ба хүдрийн найрлага, урвалжийн өртөг, зарцуулалт, уран олборлолтын ангилал, уусгалтын үйлдвэрлэлийн эрчим зэрэг хүчин зүйлүүдээс хамаарч хүчил эсвэл шүлтийн аргын аль нэгийг сонгоно. Уусгалт хийх хугацаа, түүнчлэн шингэний харьцаа (шингэн/хатуу), гаралтын шингэн дэх ураны дундаж агуулга зэргээр үйлдвэрлэлийн эрчимжилтийг **тодоорхойлно.**

Үйлдвэрлэлийн хамгийн чухал нэг хүчин зүйл бол ашигтай усан давхаргын чулуулгийн найрлага бөгөөд ялангуяа кальцийн карбонатын агуулга юм. Эдийн засгийн хувьд ашигтай хүхрийн хүчлээр уусгахад карбонатын агуулга 2% CO_2 -аас хэтрэхгүй байх ёстой. Карбонатын өндөр агуулгатай хүдэрт шүлтээр (бикарбонат) уусгах аргыг хэрэглэнэ.

Карбонатын агуулга 2%-иас бага тохиолдолд (карбонатын урвалж 60-70% бол ураны гаралт 80-90% байх) уусгалтын түргэвчилсэн кинетиктэй, шингэнээс хатуу болох харьцаа шүлтийн хувьд 4-6 байдаг бол хүчлийн хувьд 1-3, гаралтын шингэн дэх ураны агуулга өндөр байвал H_2SO_4 хүчлээр уусгах аргыг илүүд үзнэ. Түүнээс гадна байгалийн болон гурван валенттай төмрийн (Fe^{3+}) ион хангалттай байвал химийн исэлдүүлэгчийн хэрэглээг багасгаж болно. Мөн олборлож болох бусад элементүүдтэй бол тус орд эдийн засгийн хувьд илүү ач холбогдолтой болно.

Зэврэлтэд тэсвэртэй тоног төхөөрөмж, дамжуулах хоолой хэрэглэх шаардлагатай болдог нь хүхрийн хүчлээр уусгах аргын хамгийн том дутагдал юм. Ялангуяа эрдэсжилт ордын гүнд байвал өртөг илүү өндөр болно. Дээрх хоёр уусгах технологийн бусад давуу болон дутагдалтай талуудыг энэ бүлгийн эхэн хэсэгт үзсэн билээ. Байгаль орчинд нөлөөлөх талаас авч үзвэл эхлээд байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээ хийхгүйгээр аль нэг уусгах аргыг илүүд үзэх нь хүндрэлтэй. Хүхрийн хүчлээр уусгахад гүний усанд хэд хэдэн нэгдэл үүсдэг. Тэдгээр нэгдлүүдийн шилжилт хөдөлгөөнийг хүчлийн саармагжилтаар, түүнчлэн байгалийн сулралтай холбоотой бусад процессуудаар хязгаарлана. Карбонатаар уусгах үед сул шүлтийн орчинд хол зайд шилжиж чадах шингэнд (Ra, Se зэрэг) бодис оруулна. Зөвхөн хүчилтөрөгч болон CO_2 -ийн технологийг хэрэглэдэг АНУ-ын хувьд ашиглалтын дараа олборлолт эхлэхээс өмнө байсан түвшинд гүний усыг сэргээх шаардлага тавьдаг бөгөөд энэ шаардлагаар эрсдэлийг хянадаг байна.

ГДУО-д карбонат бүхий хүдрийг уусгахад сул хүхрийн хүчлийн уусмалыг ($3 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) амжилттай ашигласан жишээ (Узбекистан гэх мэт) бий. Карбонатын чулуулаг ба хүчлийн хооронд явагдах урвалаар бий болох бикарбонатаас шалтгаалан уусгалт явуулах боломжтой болдог. Одоогоор арга нь сайн судлагдаагүй байна.

Уусгах аргаа сонгохдоо холбогдох дайвар бүтээгдэхүүн (рени, ванади, молибден, **селени** зэргийг) олборлох боломжийг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Шаардлагатай бол боломжит дайвар бүтээгдэхүүн бүр дээр ашиглалтын судалгаа, үйлдвэрлэлийн өртгийг тооцно.

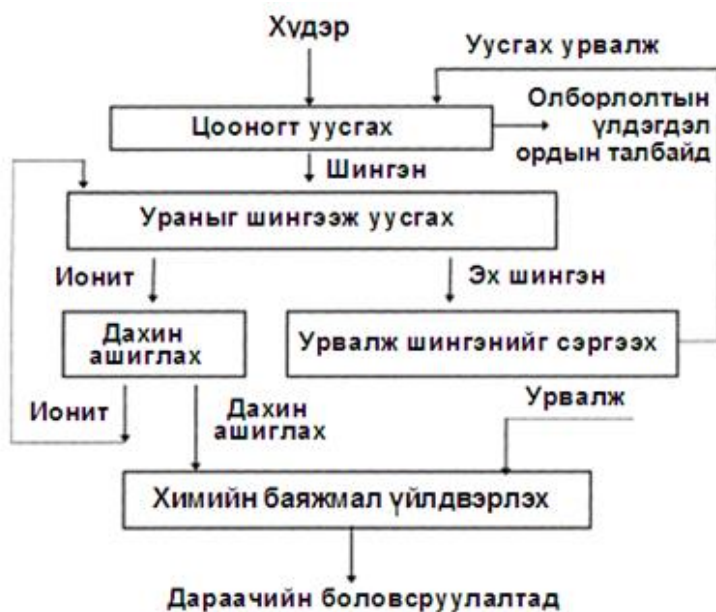
Хүхрийн хүчлээр уусгах аргын бүтээмж, гаралтад үзүүлэх геологийн ба гидрогеологийн хүчин зүйлүүдийг Хэсэг 2.2-т үзүүлэв.

1.4. УРАНЫ ГДУО ПРОЦЕССЫН ОНОЛЫН ҮНДЭС

1.4.1. ГДУО-д явагддаг үндсэн процессууд

Уламжлалт олборлолтоос ялгаатай нь ГДУО арга хүдрээс илүү хэмжээний уусмалаар уран олборлодог. Тусгай байгууламжид хийдэг хүдрийн гидрометаллургийн боловсруулалттай харьцуулбал ГДУО-ыг байгалийн орчинд нь хийдэг. Мөн ГДУО-д ихэсгэсэн даралт, температур, өтгөрүүлсэн урвалж, эсвэл уусмал руу **металл** шилжүүлэхэд шаардлагатай хяналтын нөхцөл зэрэг шаардлагагүй.

Усаар ханасан, нягтшаагүй элсэн чулуун тунадастай хүдрээс уран олборлоход ГДУО арга ашиглана. Уран уусгах урсгалын процессыг харуулсан бүдүүвчийг Зураг 1.3-т диаграммаар үзүүлэв.



Зур. 1.3. Нэвчилт сайтай, усанд автсан элсэн чулуун ордоос уран уусгах урсгалын диаграмм

Ураны үйлдвэрлэлийн тогтвортой хурдыг хадгалахын тулд ГДУО-ын цооногийн талбайн нэгжийг системчилсэн дарааллаар байрлуулна. Зарим нэгжүүдэд уусгалт явагдаж байхад бусад нэгжүүдэд үйлдвэрлэл явуулах бэлтгэл ажлыг хийж байх хэрэгтэй. Мөн нэг нэгжид идэвхгүй исэлдүүлэлт явагдаж байхад нөгөөд уусгалтын сүүлчийн хэсэг бусад үлдсэн нэгжид дахин бэлтгэл хийж байх жишээтэй. Цооногийн блокыг ашиглах, уусгах, түүнчлэн ашиглалтаас гаргах хүртэлх үе шатыг харуулсан хялбарчилсан явцын системийг Зураг 1.4-т үзүүлэв.

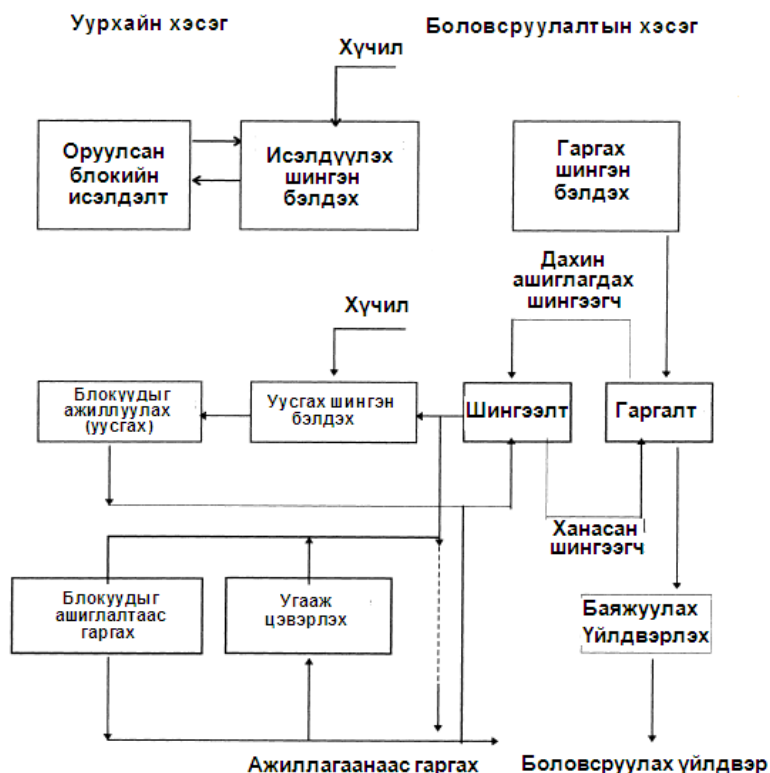
1.4.2. Сул тунамал ордыг ГДУО ерөнхий механизм

1.4.2.1. ГДУО аргын процесс

Газар дор уусгах аргын мөн чанар нь шингэн (уусгах шингэн), хатуу (хүдэр) хоёрын харилцан үйлчлэлийн зааг дээр явагдах нэгэн төрлийн бус урвал юм. Түүнчлэн, хэд хэдэн харилцан холбоотой үе шатнаас бүрдэнэ. Үүнд:

- усан давхарга дахь уусгах шингэнийг урвалын бүс рүү “тээвэрлэх”;
- химийн харилцан үйлчлэл;
- гарч ирсэн бүтээгдэхүүнийг гаралтын цооног руу тээвэрлэх;
- дараагийн боловсруулалт хийхээр шингэнийг гадарга руу шахуургадаг үе шатууд орно.

Дээрх үе шатуудаас аль нэг (химийн ба гидродинамик) үе шат байхгүй бол



хэвийн уусгалт явагдах боломжгүй болно. Ийм байдлаас аль болох урьдчилан сэргийлдэг. Хамгийн удаан үе шатнаас боловсруулалтын хурд хамаарна. Удаан үе шат нь шингэн рүү материал оруулж масс шилжилт болж диффузийн кинетикийн дагуу урвал явагдах явц юм. Материал хоорондын химийн харилцан үйлчлэл удаан бол химийн кинетикийн дагуу урвал явагдаж байна.

Зур. 1.4 Газрын дор уусгах-ГДУ боловсруулалтын явц

Хүхрийн хүчлээр уусгах үед диффузиэр хянадаг нэгэн төрлийн бус процессыг авч үзэх хэрэгтэй. Диффузийн хувьд хүдрийн үеийн дагуу явагдах уусмалын конвекц тодоорхойлогч хэмжигдэхүүн болно. Шүлтийн уусмалын хувьд диффузи, кинетик механизм хоёрын хооронд орших холилдсон хяналтын талбайд урвал явагдана. Диффузийн зай өсөж процесс кинетик хяналтаас илүү диффузэд орно.

Уусгах шингэнээс эрдсийн гадаргуу руу хийх материалын шилжилт, дараа нь хүдрийн хэсэг буцах зам дагуу хийх материалын шилжилтийг молекул диффузийн хуулиар тодоорхойлно (Фикийн нэг, хоёрдугаар хууль). Иймд ГДУ-д материалын шилжилтийг молекул диффузи, давхарга дотор явагдах шингэний конвекц гэсэн нэгэн зэрэг явагдах хоёр процессоор хянадаг.

Конвекцийн хувьд Фикийн хуулийг дараах байдлаар бичнэ:

$$j = \text{grad}C + VC$$

j = материалын нийт масс хурд

D = молекул диффузийн коэффициент

C = материалын агуулга

V = урсгалын хурд

Энэ тохиолдолд тэгшитгэлийн хоёр дахь гишүүний ($V \cdot C$) физик утга масс хурд буюу тухайн хэсгийн нэгж талбайгаар нэгж хугацаанд урсан өнгөрөх материалын урсгалын конвекцийг илэрхийлнэ.

Оролт, гаралтын цооногийн гүйцэтгэлээс хамаарч шингэний оруулах хурд ихтэй ГДУО талбайд конвекцийн диффузийн коэффициент молекул диффузийн коэффициентоос 2-3 фактоороор их байдаг.

Нэвчилт өндөртэй элсэн чулуун хэлбэрийн хүдрээс уран олборлох аргыг эдийн засгийн үр ашигтай гэж тооцдог бөгөөд ийм ордыг олборлохын тулд эхлээд конвекц, дамжуулал хоёроор масс тээвэрлэлтийг хянан. Энэ нөхцөлд тээвэрлэлтийн коэффициент нь 0.1 м/өдөр-өөс их байна. Гэвч молекул диффузи материалын масс шилжилтэд гол үүрэг гүйцэтгэдэг учир тээвэрлэлтийн коэффициент 0.1 м/өдөр-өөс бага байх ёстой. Конвекцийн тээвэрлэлт бараг тэгтэй тэнцүү байх шаварлаг хүдрийн “диффузийн уусгалт” эдийн засгийн ач холбогдолгүй байдаг.

1.4.2.2. Уусгах шингэн дэх ураны агуулга

Ерөнхийдөө бол уусгах шингэн дэх ураны агуулга гэдэг нь шинж чанараараа сарнимал, нүх сүвшилт ихтэй давсан дундуур урсах усан уусмалтай төстэй байдлаар илэрхийлэгдэнэ. Энэ хоёр тохиолдолд аль алинд нь кинетик процессын хоёр тодоорхой талбай байх ба ашигтай бүрэлдэхүүнийг олборлох шинж чанарыг хоёр өөр математик тэгшитгэлээр илэрхийлнэ.

Давс уусгахад ханасан уусмал бий болж агуулга нэмэгдэнэ. Энэ нь илүүдэл гаралтгүй, агуулгын өсөлтгүй ууссан давсны хөдөлгөөнтэй

холбоотой. Н.Н.Веригинийн зарчмын дагуу уусгасан бүсийн хурд (V_1) урсгалын хурдаас (V_2) хамаарна:

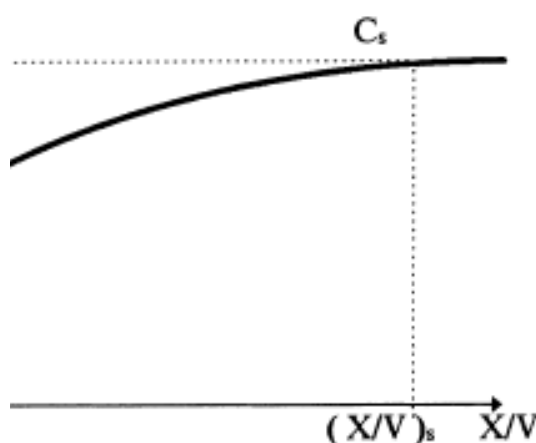
$$V_1 = \frac{C_s}{\delta \cdot \xi} \cdot V \quad [2]$$

C_s -ханалтын агуулга

δ -ууссан материалын эзлэхүүний масс

ξ -нүх сүвшил ихтэй материалын нийт эзлэхүүнд ууссан материалын хувийн эзлэхүүн.

Нүх сүвэрхэг чулуунд нэгэн төрөл ууссан материалын шингэн дэх хэмжээ C_s нь урсгалын замын урт (X), урсгалын хурд (V)–аас хамаарна. Эдгээрийн

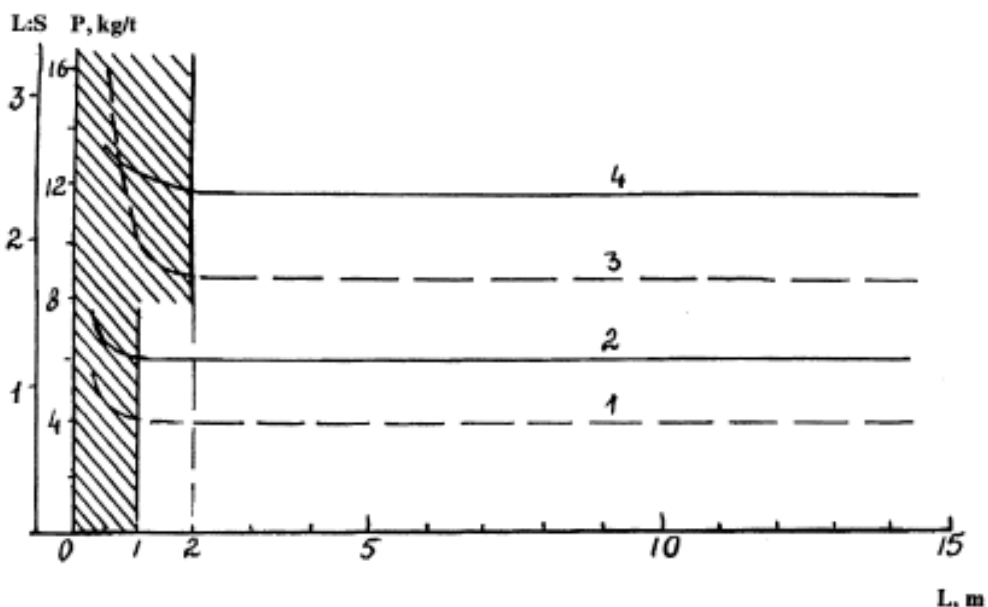


X/V харьцаагаар шингэн/чулуулагт холбогдох хугацааг илэрхийлнэ. **Муруйгаас** харвал (Зур. 1.5.) ханалтын коэффициент утгадаа хүрэх үед $C=C_s$ агуулгын цэг дурын холбогдох хугацаатай (нүх сүвшилтийг тооцохгүйгээр) давхцана.

Зур.1.5 Эхний шингэн/чулуулагт холбогдох (X/V) хугацаанаас хамааруулсан ууссан бодисын агуулга (C).

Химийн харилцан үйлчлэл дээр суурилан шингэнтэй урвалд оруулж нягтшаагүй тунамал чулуулгаас уран уусган баяжуулах үед үүнтэй төстэй нөхцөл ажиглагддаг. Гэвч энэ процесс агуулагч чулуулгийн бусад хими, физик үзэгдлээс шалтгаалж төвөгтэй болдог. Түүнээс гадна ердийн давс уусгахаас илүү төвөгтэй процесс юм. Иймд энэ тохиолдолд ханалт гэж ярихаас илүү уусгах шингэн дэх ураны агуулгыг тогтвортой хадгалах буюу тэнцвэр тогтоох (C_{eq}) талаар ярих нь илүү зөв болно.

Уусгах эхний шатанд $X/V < (X/V)_{eq}$ харьцаатай байхад диффузийн (уусгасан материал хүдрийн гадарга руу шилжих хөдөлгөөнийг дагаж хүдэр дундуур урссан шингэний урвалжийн диффуз) үзэгдлээр процессыг өргөн хүрээнд **тодоорхойлно**. Хүдрийн хэлбэрийн (Зур. 1.6-д үзүүлсэн) хувьд гаргасан дундаж хэмжигдэхүүнүүдтэй харьцуулахад шингэн дэх ураны агуулга тогтмол өсдөг, уусгалтын бүс хэлбэржиж амжаагүй, V ба V_1 -ийн шугаман хамаарал тогтоогүй, (шингэн/хатуулгийн харьцаа, тусгай урвалжийн зарцуулалт) процессын параметрууд илүү өндөр байдаг.



Зур. 1.6. Хүдэр дэх урсгалын замаас хамаарсан шингэн/хатуулаг ($L:S$)-ийн харьцаа, нэг тоннд харгалзах нэг килограмм хүчлийн зарцуулалт (P). Сүүдэрлүүлсэн талбай тогтворгүй үйлдвэрлэлтэй бүсийг илэрхийлнэ: тасралтгүй шугам - P , тасархай шугам - $L:S$; 1 ба 2 нь дээж 1-ийн хувьд, 3 ба 4 нь дээж 2-т харгалзана.

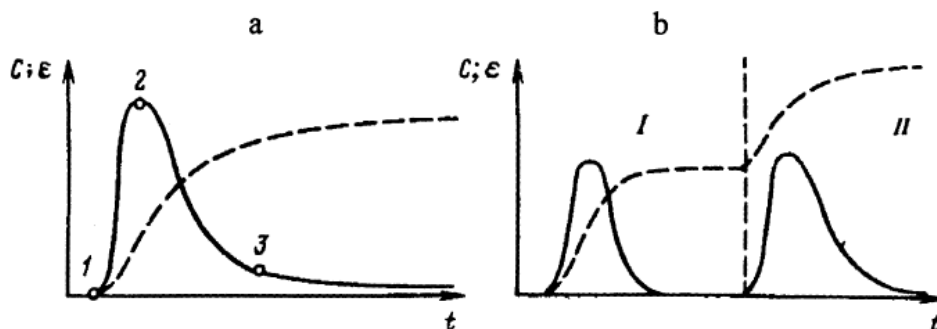
$X/V > (X/V)_{eq}$ муж дотор агуулга тэнцвэртээ хүрэх үед V урсгалын хурдаас хамаарах V_1 -ийн хамаарал шугаман болж процессын параметрууд тогтворжиж эхэлнэ.

Эндээс харвал $X/V > (X/V)_{eq}$ мужид (5 Бүлгийг хар.) процесс явагдаж байх том хэмжээний (багана, хөрсний тавиур) загварт уусгалт явуулан уусгалтын процессын параметруудийг тогтоох лабораторийн судалгаа хийвэл зохино. Туршилтаас харахад 10 г/дм^3 агуулгатай эхний хүхрийн хүчлийн хувьд загварын тохирох урт 1-2 метр байна. Энэ тохиолдолд алдаа 5-10%-аас хэтрэхгүй байна. Хүчлийн эхний агуулга 5 г/дм^3 хүртэл буурвал баганын өндрийг 0.5-1.0 м хүртэл бууруулна. Өндөр агуулгын хувьд их байж болно.

Ураны агуулгын тэнцвэр, уусгалтын бүс тогтооход богино хугацаа ордог бөгөөд гол төлөв (хүдрийн эрдсийн найрлага, хүчлийн агууламж, урсгалын хурдаас хамаараад) 2-6 өдөр байна. Тухайлбал, 2 метр урттай баганад $L/S=2$ байхад $10 \text{ г/дм}^3 \text{H}_2\text{SO}_4$ уусмалын нийт уусгалтын хугацаа 25 орчим өдөр болно. Харин талбайн цооногийн нөхцөлд уусгалтын хугацааг оролт, гаралтын цооногийн хооронд явах шингэний замтай пропорционалаар өсгөнө.

1.4.2.3. Нүх сүвэрхэг орчинд уран уусгах ерөнхий механизм [7, 11]

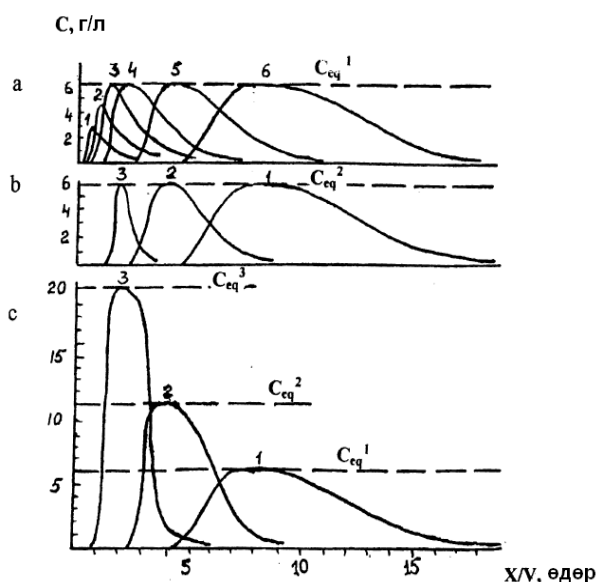
ГДУО процесст ураны агуулгын S -диаграммын хоёр хэлбэрээр ураны гаралтын зэргийг **тодоорхойлно** (Зур. 1.7).



Зур. 1.7. t хугацаанаас хамаарсан уусгах шингэн дэх ураны агуулгын өөрчлөлт C (тасралтгүй шугамаар), 1 (a) ба 2 (b) дугаар шатны (I-бикарбонат, II-хүчил) урсгалтын үед уусгалтын ураны гаралт (тасархай шугамаар).

- I хэлбэр – ганц шаттай уусгалт (хүчил эсвэл шүлтийн)
- II хэлбэр – хоёр шаттай уусгалт- хүхрийн хүчлээр уусгасны дараа бикарбонатаар (энэ нь карбонатын эрдсийн өндөр агуулгатай хүдэрт H_2SO_4 хэрэглэх үед гарч ирнэ)

Дээрх муруй дээрх ач холбогдол бүхий цэгүүд дараах хугацаанаас хамаарна:



1. Гаралтын цоонгогт уран агуулсан уусмал ирэх хугацаа
2. Ураны агуулга хамгийн их болох хугацаа
3. Ураны агуулга эдийн засгийн хувьд хамгийн бага ач холбогдолтой болох хугацаа

ГДУО процессын эрчмийг **тодоорхойлох** үндсэн үзүүлэлт нь урвалжийн химийн шинж чанар, агууламж болно. Хүчтэй эрдэс (хүхрийн) хүчилтэй уусмал хэрэглэх үед уусгалтын хамгийн их кинетик гарч ирнэ. Урвалжийн агууламж өндөр байх тусам уусмал дахь ураны агуулга C_{eq} их байдаг.

Зураг 1.8. X/V -ийн харьцаанаас хамаарсан ураны агууламж C – ийн хамаарал: а - L хүдрийн давхаргын урт өөр өөр буюу 0.2м (1), 0.4м (2), 0.6м (3), 1м (4), 2м (5), 4м (6) байх үед. Хүхрийн хүчлийн агууламж 5г/дм^3 , урсгалын хурд $V=0.1\text{ м/өдөр}$; б – урсгалын хурд өөр өөр байх үед буюу $V=0.1\text{ м/өдөр}$, 0.2 м/өдөр (2), 0.4 м/өдөр (3), $L=4\text{м}$, хүхрийн хүчлийн агууламж 5 г/дм^3 ; в – хүхрийн хүчлийн агууламж өөр өөр байх үед буюу 5 г/дм^3 (1), 10 г/дм^3 (2), 20 г/дм^3 (3), $L=4\text{м}$ $V=0.1\text{ м/өдөр}$. C_{eq}^1 C_{eq}^2 C_{eq}^3 – хүхрийн хүчлийн агууламж 5, 10, 20 г/дм^3 –д харгалзах ураны тэнцвэрт агуулга.

Түүнээс гадна уусгалтад шаардлагатай хугацаа багасахын хэрээр хувийн эзлэхүүний харьцаа $(L/S)^{-1}$ хамт буурна (Зураг 1.8). Урсгалын хурд их (гэхдээ

критик утгаас хэтрээгүй) байсан ч C_{eq} утгад нөлөөлөхгүй, харин шингэний харьцаа L/S – д бага зэрэг нөлөөлж, уусгалтын хугацааг нэлээд хэмжээгээр бууруулна (Зураг 1.8.).

Хүчлийн эхний агууламж өсвөл C_{eq} – д нөлөөлж $15-20 \text{ г/дм}^3$ болтол нэмэгдүүлнэ. Дараагийн шатанд энэ нөлөө буурдаг. Гэвч ихэнх хүдрийн хувьд $40-50 \text{ г/дм}^3$ түвшинтэй бол хүчлийн эхний агуулгын өсөлт C_{eq} - ийг өсгөх шалтгаан болохгүй, мөн уусгах процессыг эрчимжүүлж чадахгүй. Харин ураны бус эрдэст зарцуулах урвалжийн зарцуулалт өсөж улмаар нүх сүвэрхэг орчны бөглөрлийг нэмэгдүүлнэ.

Хүдэр дундуур шингэн урсаж байхдаа ууссан ураныг хуримтлуулна. Үүнийг C – диаграммын өгсөх, уруудах шугамын хоорондох зайн өсөлтөөс харж болно. Хоёр тодоорхой талбай $X/V < (X/V)_{eq}$, $X/V > (X/V)_{eq}$ мужуудад ажиглагддаг. Тэнцвэрт агуулгадаа хүрч амжаагүй эхний талбайд муруй тасралтгүй өснө. Хоёр дахь талбайд бүх хугацааны туршид муруй тогтмол байна. Тухайн хүдэр, урвалжийн эхний агуулгын тодоорхойлогч нь C_{eq} хэмжигдэхүүн юм.

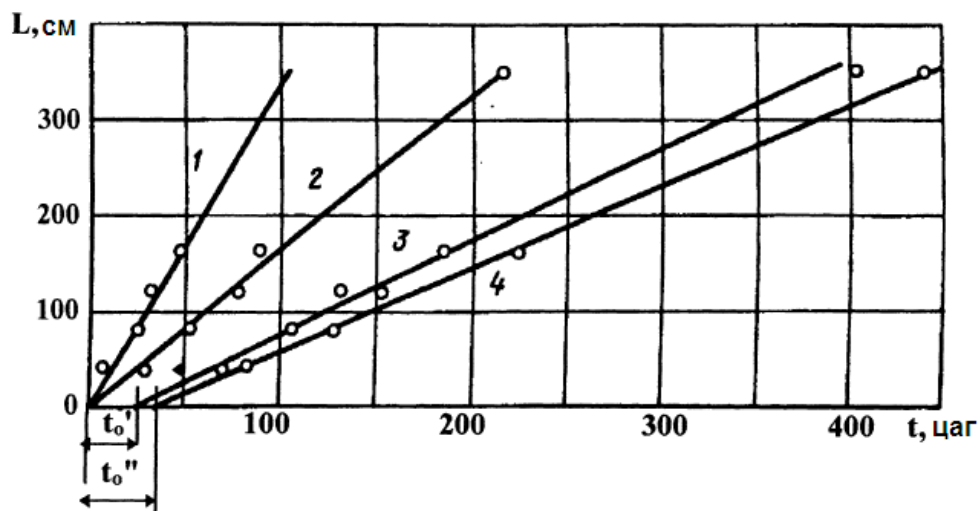
Уусгаж эхлэх, уусгалт хамгийн сайн байх, мөн уусгаж дуусах үеээс хамаарсан C -диаграмм дээрх цэгүүдээр тэдгээрийн шилжилтийн зам (L), хугацаа (t) хоорондын хамаарлыг олно (Зур. 1.9). Муруй бүрийн налуугийн өнцөг холбогдох уусгалтын бүсийн хурдыг үзүүлнэ. Бага налуутай шугамуудыг 3, 4 гэж дугаарлав. 80%, 90% ураны гаралттай уусгалтын бүсийн (Зураг 1.9) шилжилтийн хурдыг 3 ба 4 дүгээр шугамууд илэрхийлнэ. X -тэнхлэг дээрх $t^0 - t''$ хугацааны завсар хүдрийн давхаргын эхний хэсэг дэх уусгалтын хугацаанаас хамаарна. Иймд урьдчилан тодоорхойлсон гаралтын (ε) зэрэгтэй уусгалтын бүсийн хилийн шилжилтийн хурдыг дараах байдлаар тодоорхойлно: $V_{1\varepsilon} = L/(t - t_0)$.

Энэ хамаарлаас боловсруулалт эхэлсний дараах t хугацаанд ууссан бүсийн уртыг $L = V_{1\varepsilon}/(t - t_0)$ байдлаар тодоорхойлно. t_0 хугацааг зөвхөн лабораторийн нөхцөлд гол төлөв хэдэн цагаас хэдэн өдөр хүртэл хэмжинэ. Хэдэн сараас хэдэн жил хүртэл үйлдвэрлэл явуулдаг ГДҮО талбайн цооногийн хувьд энэ тэгшитгэлийг хялбарчилж $L = V_{1\varepsilon} \cdot t$ болгож бичнэ.

Уурсгалтын талбайг уусгахгүй бүс, идэвхтэй уусгалтын бүс, бага агуулгатай бүс гэж гурван дэд бүсэд хуваана [7. 11].

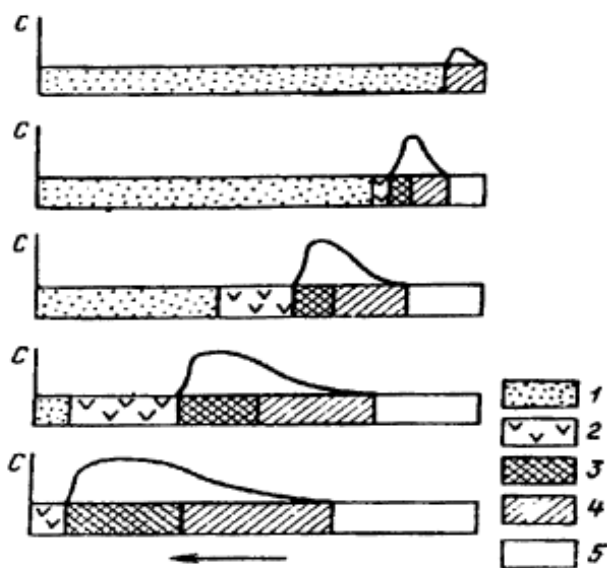
Хүхрийн хүчлээр уусгахад хүчлийн саармагжлаас үүдэн ууссан ураны тунадас үүсэж болно. Энэ нь уусгах шингэний хэсгийн ард хоёрдогч баяжуулалтын зөөврийн бүс бий болгодог. Шинээр ирэх хүчил бүр ураныг тасралтгүй уусгасаар байх тул тунадас ахин дахин үүсэж энэ процесс ахин давтан явагдсаар байна.

¹Карбонатаар (шүлтээр-содоор) уусгахад шингэний харьцангуй эзлэхүүнийг тодоорхойлохын тулд L/S утгын оронд нүх сүвшилтийн эзлэхүүнийг ашиглаж болно. Харин хүхрийн хүчлээр уусгаж байгаа тохиолдолд нүх сүвшилтийн эзлэхүүн тэдгээрийн химийн бөглөрлийн процессыг нэлээд өөрчилдөг учир физик ач холбогдолгүй хэрэглэгддэг.



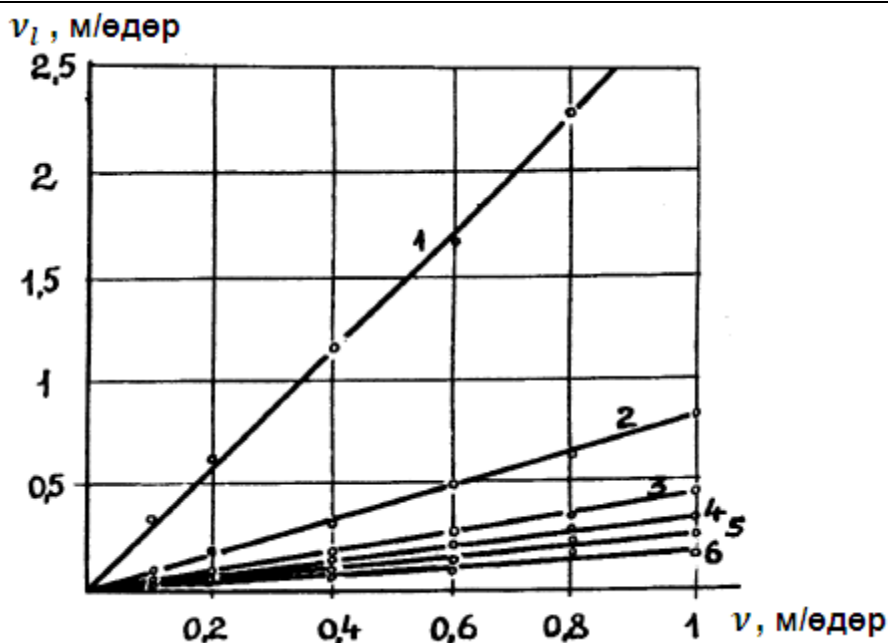
Зур. 1.9. t хугацаанаас хамаарсан, 80% (3) ба 90% (4)-ийн гаралттай шингэн дэх ураны эхний (1), хамгийн их байх (2), сүүлийн агуулгатай шингэний шилжилт (L) – ийн зайн хамаарал

Улмаар хүдэр агуулсан давхарга дахь шингэний урсгалын цаана уранаар баяжсан шингэн үлдэнэ.



Зураг 1.10. Хүдэр агуулагч элс дундуур өнгөрөх уусгалтын бүсийн нэмэгдэх шилжилт хөдөлгөөний туршид хүчийн хүчил дэх ураны агуулгын өөрчлөлт C : 1 – уран агуулсан бүс, 2 – хоёрдогч баяжуулалтын бүс, 3 – шингэн дэх ураны тэнцвэрт агуулгатай бүс, 4 – идэвхтэй уусгалтын бүс, 5 – ураны бага агуулгатай бүс.

Урсгалын чиглэлийг сумаар үзүүлэв.



Зур. 1.11. Гаралтын (%) янз бүрийн түвшинд буюу 1-0, 2-10, 3-30, 4-50, 5-70, 6-90% байхад шингэний байж болох (нүх сүвшилтийг тооцоогүй) төсөөллийн (тооцоолсон) урсгалын хурдаас (v) хамаарсан уусгах бүсийн хилийн шилжилтийн хурдны (v_l) хамаарал.

Шингэн C_{eq} –тэй тэнцүү агуулгатай бол нэмэлт уран барьж авч чадалгүйгээр хүдрээс аажмаар нэвчиж гарна. Хүчил агуулсан шингэн амжилттай явж өнгөрсөн тохиолдолд идэвхтэй уусгалт явагддаг. Үүнийг C-диаграмм дээрх ураны агуулгыг харуулсан уруудах шугамын өссөн сүүлч хэсгээр диаграмм дээр үзүүлэв (Зураг 1.10).

Урьдчилан тодорхойлсон олборлолтын түвшин дэх хилийн хурд ба (нүх сүвэрхэг орчныг тооцоогүй) урсгалын дурын хурдны хамаарлыг зураг 1.11.-д үзүүлэв. Эхэнд үүссэн шулуун шугамуудын багцаар урсгалын дурын хурдны математик илэрхийллийг бичнэ: $V_{1\varepsilon} = \beta_\varepsilon \cdot V$, энд β_ε – пропорционалын фактор. Ураны жигд агуулгатай, хүчлийн нэг төрөл агууламжтай тухайн хүдрийн хувьд энэ фактор тогтмол байна. Бусад урвалж, хүчил, бикарбонатын (II хэлбэрийн) уусгалтын аль аль шатанд шугаман хамаарал өөрчлөгдөхгүй хадгалагдана. Хүдэр ба ашиггүй чулуулгийн эрдсийн найрлага нь боловсруулалтын параметр, хүхрийн хүчлийн уусгах хурдад мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлнэ. Хүчил их зарцуулдаг, CaCO_3 –ийн нэмэгдсэн агуулгатай элсэнд бага зэрэг сайн үр дүн ажиглагддаг бол кварц, хайлуур жонш/кварц агуулсан хүдэр агуулагч элс илүү сайн үр дүнтэй байдаг.

Дээрх хамаарлыг ураны үндсэн бүс нутгуудын элсэн чулуун ордоос керн дээж бэлтгэж нарийвчилсан лабораторийн нөхцөлд тодорхойлно [7].

Мөн байгалийн нөхцөлд нэгэн төрлийн бус орчныг авч үзэх хэрэгтэй. Энэ нь эрдэсжсэн горизонь босоо ба хөндлөн чиглэл дэх геологи, гидрогеологийн

бүх параметруудад нөлөөлнө. Иймд байгалийн нөхцөлтэй холбоотой (геотехнологийн үнэлгээг оруулаад) бүх үнэлгээнд эдгээр нөхцөлийг тооцох шаардлагатай болох ба гол төлөв дундаж хэмжигдэхүүнийг авч үзнэ.

Өөрөөр хэлбэл, ГДУО-оос гарах **металллын** дундаж агуулга C_{av} – ыг дараах томъёогоор тодорхойлно [7, 11]:

$$C_{av} = \frac{\varepsilon \cdot M \cdot K_0 \cdot T_0}{KT \cdot L/S_0} \text{ (мг/дм}^3\text{)}$$

ε - гаралтын зэрэг (%)

M - хүдэр дэх **металллын** агуулга (%)

K_0 - хүдрийн нэвтрүүлэх дамжуулал (м/өдөр)

K - агуулагч биетийн нэвтрүүлэх дамжуулал (м/өдөр)

T_0 - хүдрийн зузаан (м)

T - усархаг давхаргын ашигтай зузаан (м)

L/S_0 – тухайн хүдэрт ашиглагдсан шингэн/хатуулгийн харьцаа.

Эрдэсжсэн усархаг давхаргын зузаан нь хүдрээр дүүрэн ($T_0 = T$, $K_0 = K$) тохиолдолд томъёо илүү хялбар болно.

$$C_{av} = \frac{\varepsilon \cdot M \cdot S_0}{L} \cdot 10^2 \text{ (мг/дм}^3\text{)}$$

Энд шингэн дэх ураны агууламж $X/V > (X/V)_{eq}$ дундаж агуулгатай хүдрийн багананд туршилтаар гарган авсан утгатай адилхан байна. Агуулагч усархаг давхаргын жижиг хэсгээс тогтсон хүдрийн хувьд уусмалыг гол төлөв шингэрүүлнэ. Дээрх тэгшитгэлээр шингэрүүлэх хэмжээг олж болно. Хүдрийн ордыг салангид бүсүүдэд амжилттай хуваасан хэд хэдэн жишээ байдаг. Ураны хүдрийн бүсэд уусгалт хийх хэсгийг тооцоолоход дээрх хэлбэрийг ашиглаж болно.

1.5. ГДУО ШИНГЭНИЙ УРСГАЛЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ

1.5.1. Усан давхаргын шилжилт хөдөлгөөнд нөлөөлдөг шингэний физик шинж чанар, усархаг давхаргын нягтын үелэл

Газрын доорх уусгалт нь гидродинамикийн (Дарсигийн) хуулиар явагдах ба нүх сүвэрхэг орчинд шингэний урсгалыг тодорхойлно (Дарсигийн хууль) [14]:

$$Q = F \cdot S \frac{\gamma}{\mu} \cdot H/L$$

Q – урсгалын хурд, F – хөндлөн огтлолын талбай, S – орчны нэвчилтийн коэффициент, γ – шингэний нягт, μ – шингэний дотоод үрэлт, H – L уртын дагуух даралтын уналт

$$S \frac{\gamma}{\mu} = K \quad (- \text{гидравлик дамжуулал})$$

Дарсигийн тэгшитгэл ёсоор нүх сүвэрхэг орчинд нөлөөлдөг шингэний физик шинж чанарыг түүний нягт, дотоод үрэлтээр тодорхойлно. Нягт, дотоод үрэлт хоёрын хосолсон нөлөөллийг кинематик дотоод үрэлтээр $\nu = \mu / \gamma$ илэрхийлнэ. ГДУО процессын хувьд ν хэмжигдэхүүнээр шингэнд ууссан нийт хатуу бодисын (НХБ) хэмжээг тодорхойлно. Энэ нь эргээд нягт болон харимхай чанарт нөлөөлдөг. ГДУО процессын туршид НХБ-д нэлээд их өөрчлөлтүүд гарч ирдэг. Ялангуяа нүх сүвний усыг урвалж (хүчил) шингэнээр сольдог уусгалтын эхний хэсэгт илүү их өөрчлөлтүүд бий болно. Түүнээс гадна шингэний физик шинж чанар ч өөр өөр байна.

Шингэний физик шинж чанарт үзүүлэх даралт, температурын нөлөө НХБ-ын хэмжээтэй харьцуулахад бага ач холбогдолтой. Урвалжийн эхний агууламжаар НХБ-ыг тодорхойлно. НХБ гол төлөв шингэний дотоод үрэлтэд нөлөө үзүүлнэ (Хүснэгт 1.4). Даралт, температур шингэний нягтад бага нөлөөтэй. Жишээлбэл, температур 5-20° – аар нэмэгдэхэд шингэний нягт дөнгөж 0.2%-оор буурдаг.

Температур 10° – аас 40°С хүртэл өсвөл кинематик дотоод үрэлт хоёр фактороор буурна. Үүний дүнд нүх сүвшилттэй орчноор явж өнгөрөх шингэний урсгалын хурд пропорционалаар өсөж уусгалтын процесс илүү эрчимтэй болно. Иймд гүний усны температурыг өсгөх буюу шингэнийг зохиомлоор халааснаар уусгалтын бүхий л процесст сайн нөлөөтэй.

Нягт, дотоод үрэлтийн өөрчлөлтийн улмаас температурын фактор үйлдвэрлэлийн **горизоны** ашигтай нэвчилтийг өөрчилдөг. Лабораторийн нөхцөлд олсон гидравлик дамжуулал (K) – ыг байгалийн нөхцөлд шилжүүлэхэд температурын засвар хийнэ. Температурын засварыг Пуазейлягийн томьёогоор тооцоолно:

$$TC = I + 0.0337t + 0.000221t^2$$

t - температур, °С.

Усан давхаргын эхний температуртай холбоотой туршилтын үр дүнг дараах томьёогоор тодорхойлно.

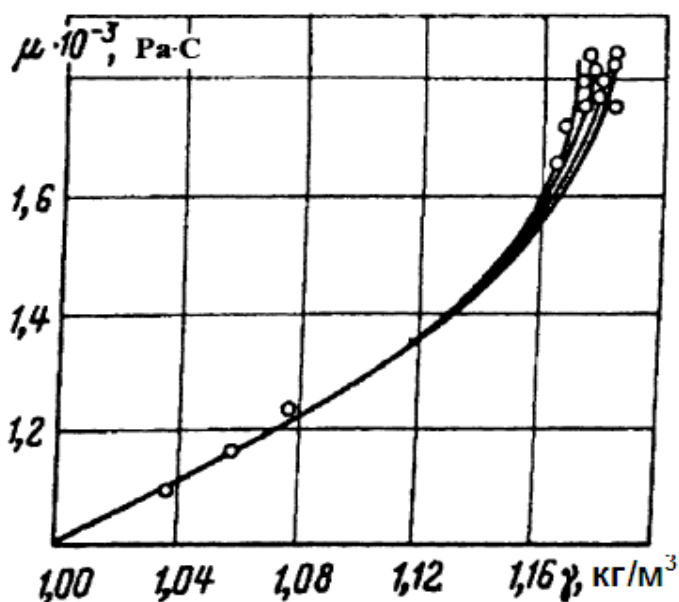
$$K_{\text{initial}} = K_{\text{test}} \cdot TC_{\text{initial}} / TC_{\text{test}}$$

K_{initial} , K_{test} – шаардлагатай ба туршсан үнэмлэхүй температурт харгалзах гидравлик дамжууллууд, TC_{initial} , TC_{test} – ижил нөхцөл дэх температурын засвар.

Илүү ойлгомжтой болгохын тулд 0 - 50°С хүртэлх t^0 температурын завсарт Пуазейлягийн томьёогоор бодсон температурын засварын утгыг Хүснэгт 1.5-д үзүүлэв.

Уусгах шингэнд ууссан элементийн агуулга өсөхийн хэрээр нягт, дотоод үрэлт бас нэмэгдэнэ. Түүнээс гадна дотоод үрэлт их хэмжээгээр өсдөг. $t=20^{\circ}\text{C}$

байхад нягт, дотоод үрэлт хоорондын хамаарлыг Зураг 1.12.-т харуулав. Нягт 1.03 г/дм^3 (50 г/дм^3 -тэй төстэй) байхад цэвэр устай харьцуулахад давстай усан шингэний дотоод үрэлт 10% -иар өсөх ба нягт 1.15 г/дм^3 (эрдэсжилт 200 г/л орчим) байхад 50% -иар өснө.



Зур. 1.12. $T=20^\circ\text{C}$ байх үеийн нягт, дотоод үрэлт хоорондын хамаарал

Үйлдвэрлэлийн шингэний нягт, дотоод үрэлт хоёр нэг янзаар өөрчлөгдөж болно. Хүчлийн багахан хэсэг зарцуулагддаг кварц/хайлуур жонштой ураны элсийг уусгах үеийн хүхрийн хүчлийн эхний агууламжийн функцээр кинематик дотоод үрэлтийн өөрчлөлтийг Хүснэгт 1.6.-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1.6. Цэвэр устай харьцангуйгаар хүхрийн хүчлийн эхний агууламжаас хамаарсан уусгагч шингэний кинетик дотоод үрэлт ($\Delta\nu$)

C	0%					70%
г/дм^3	H_2SO_4	50	100	200	500	H_2SO_4
Нэгжийн $\Delta\nu$ хэсэг	1.0	1.10	1.17	1.25	1.5	6.0

Дарсигийн хууль ба Хүснэгт 1.6 – аас харахад шингэний физик шинж чанарын өөрчлөлтөөс шалтгаалан уусгагч шингэний урсгалын хурд цэвэр усны урсгалын хурдтай харьцуулахад бага байна. Түүнчлэн, ердийн хүхрийн хүчлийн агууламжийн хувьд нөлөө хязгаарлагдмал байдаг. Иймд өтгөрүүлсэн хүхрийн хүчлийг (бага хэмжээтэй байсан ч) цооногт нэмж оруулахгүй байх ёстой. Учир нь өтгөрүүлсэн хүхрийн хүчил шингэний кинематик дотоод үрэлтийг ихээр нэмэгдүүлж нүх сүвшилтийг бөглөх явдлыг зогсоох химийн урвалыг маш хүчтэй явуулдаг.

Хүснэгт 1.4. Даралт, температураас хамаарсан динамик (μ) ба кинематик (ν) дотоод үрэлт [13]

$t^{\circ}\text{C}$	Даралт, (атм)					
	1		50		100	
	$\mu,$ $10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{C}$	$\nu,$ $10^{-6}\text{M}^2/\text{c}$	$\mu,$ $10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{C}$	$\nu,$ $10^{-6}\text{M}^2/\text{c}$	$\mu,$ $10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{C}$	$\nu,$ $10^{-6}\text{M}^2/\text{c}$
0	1.792	1.792	1.781	1.776	1.770	0.303
10	1.307	1.307	1.301	1.299	1.296	0.334
20	1.002	1.004	1.001	1.001	1.000	0.370
30	0.797	0.801	0.797	0.799	0.798	0.415
40	0.653	0.658	0.653	0.657	0.654	0.475
50	0.546	0.553	0.547	0.553	0.549	0.553
60	0.466	0.474	0.468	0.475	0.469	0.656
70	0.404	0.413	0.406	0.414	0.408	0.798
80	0.355	0.365	0.358	0.367	0.361	0.997
90	0.315	0.326	0.319	0.329	0.324	1.290
100	0.282	0.295	0.287	0.299	0.293	1.761

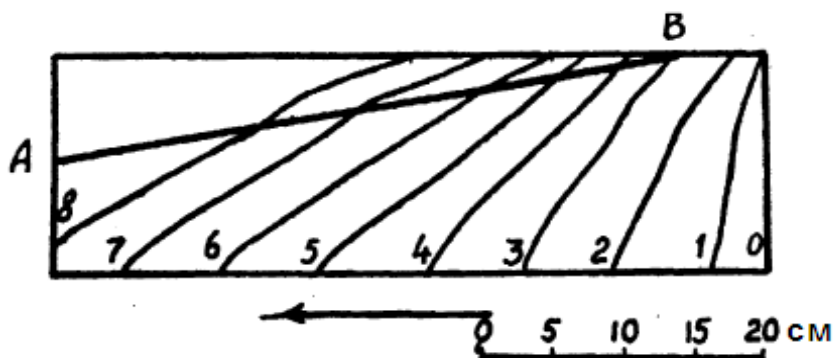
Хүснэгт 1.5. Гидравлик дамжуулалыг тодоорхойлоход оруулах температурын засвар [14]

$T^{\circ}\text{C}$	ТС	$t^{\circ}\text{C}$	ТС	$t^{\circ}\text{C}$	ТС	$t^{\circ}\text{C}$	ТС	$t^{\circ}\text{C}$	ТС
1	1.03	11	1.40	21	1.80	31	2.26	41	2.75
2	1.07	12	1.44	22	1.84	32	2.30	42	2.80
3	1.10	13	1.48	23	1.88	33	2.35	43	2.86
4	1.14	14	1.52	24	1.92	34	2.40	44	2.91
5	1.17	15	1.56	25	1.96	35	2.45	45	2.96
6	1.21	16	1.60	26	2.00	36	2.50	46	3.02
7	1.25	17	1.64	27	2.04	37	2.55	47	3.07
8	1.28	18	1.68	28	2.08	38	2.60	48	3.13
9	1.32	19	1.72	29	2.16	39	2.65	49	3.18
10	1.40	20	1.76	30	2.21	40	2.70	50	3.24

Газар дор хүчлээр уусгахад өөр өөр физик шинж чанартай хоёр шингэний нийлсэн шилжилт хөдөлгөөн болж байдаг. Үүний нэг нь нүх сүв доторх байгалийн усны хөдөлгөөнтэй холбогдох бөгөөд нөгөө нь уран ба бусад нэгдлийг уусган баяжсан хүчлээр уусгах шингэнтэй холбоотой. Уусгах шингэнээр байгалийн усыг солихыг бүлүүрийн механизмаар тодорхойлж болно. Энэ нь хоёр шингэний уулзах цэгийг мэдэгдэхүйцээр өөрчилнө. Гидравлик тархалт, дисперс, түүнчлэн усан давхаргын ёроол руу чиглэсэн нягт ихтэй шингэний доошоо чиглэсэн хөдөлгөөний үр дүнд хоёр шингэний нэвчилт ба хольц хоорондоо төсөөтэй болдог.

Эдгээр процессын математик тэгшитгэл хуурай газар дахь давстай усанд цэвэр ус холилдох хурдны тэгшитгэлтэй, мөн (сайн холигддог) ус, тосны хурдны тэгшитгэлтэй төстэй байна. Гэхдээ процессын химийн шинж чанараас хамаарч ГДУО процессын хувьд илүү ойлгомжтой байдаг.

Зураг 1.13-т үзүүлсний дагуу, өөр өөр физик шинж чанартай хоёр шингэний нэгдсэн урсгалын гидродинамикийн тэгшитгэлээс гарсан дүгнэлтийг дараах байдлаар харуулж болно:



Зур. 1.13. Нэг хэмжээст урсгалын нөхцөл 0,1,2, ... – д, туршилт эхэлснээс хойш t хугацаанд хүхрийн хүчил/усан шингэний будмал уусмалын (хүчлийн агууламж 20 г/дм^3 байхад) уулзах байршил. Ab – 16 цагийн дараах уулзах байршил.

1. Нэмэгдсэн НХБ–той нийт эрдэсжсэн шингэн нь нэгэн төрлийн нүх сүвэрхэг орчинд тухайн газрын солигдсон гүний устай уулзан доошоо чиглэсэн хөдөлгөөн үүсгэдэг усан давхаргын ёроолын дагуу шилжинэ.

2. Уусгагч шингэн ба байгалийн шингэн хоорондын нягт, дотоод үрэлт их зөрөөтэй, нэвчилтийн бүсийн зузаан их, түүнчлэн уусгах шингэнийг оруулж эхэлснээс хойших хугацаа бас их байхад усархаг давхаргын ёроол дагаж доош чиглэсэн уусгах шингэний хөдөлгөөний хурд хамгийн их утгаа авна.

3. Урсгалын хурд (ялангуяа оролт, гаралтын цооногийг хаах үед урсгалын хурд зогсдог) буурснаар шингэний доош чиглэсэн цаашдын хөдөлгөөн ашиггүй нөхцөл болно. Энэ нь уусгагч шингэнийг хэсэгчлэн алдагдалд оруулдаг. Ёроолын тусгаарлах давхарга байхгүй, усан давхаргын дээд хэсгийн ойролцоо гаралтын цооногийг байрлуулсан эсвэл цооногийн шүүлтүүрийн ёроол бөглөгдсөн зэрэг байрлалуудад ийм асуудал гарч ирэх боломжтой. Дээрх тохиолдлууд газар дор хүчлээр уусгахад ажиглагдана.

Нүх сүвэрхэг орчинд V_g гравитацийн хүчний нөлөөнд орших шингэний доош чиглэсэн хурдыг дараах илэрхийллээс ойролцоогоор олж болно.

$$V_g = K(\gamma_d - \gamma)/P_a \gamma,$$

K – гидравлик дамжуулал, γ_d ба γ – харгалзан сольсон ба солигдсон шингэний нягтын зөрүү, P_a – идэвхтэй нүх сүвшилт. Нэвтрүүлдэг хүдэр агуулсан элсэнд V_g – ийн хэвийн хэмжээ 1 см/цаг байна.

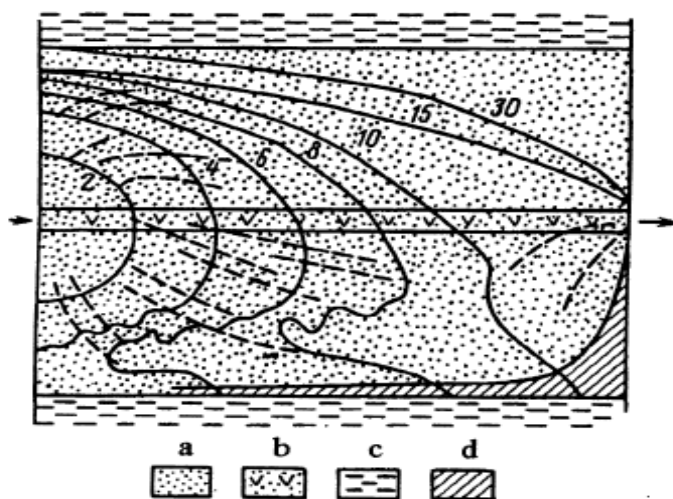
Туршилтаас харахад илүү их нягттай шингэн нь солигдсон шингэнээс хамаарсан солих шингэний нягтын зөрүүтэй пропорционалаар буурах (м/мин) бөгөөд хатуу фазгүй байна:

$$V_g = b \cdot \Delta\gamma/\gamma,$$

b – пропорционалын коэффициент бөгөөд 100 – тай тэнцүү байна.

5 г/дм³ ($\Delta\gamma = 0.0045$ г/см³ ба $\gamma = 1$) шингэнд ууссан бодисын агууламжийн зөрөөгөөр буурах хүнд шингэний (хүнд - нягт ихтэй, дотоод үрэлт харьцангуй багатай шингэн) хурд ойролцоогоор 0.5 м/мин байна. Агууламжийн зөрүү 23 г/дм³ ($\Delta\gamma = 0.0195$ г/дм³ ба $\gamma = 1$) байхад хурд 2 м/мин болж өснө. Иймд уусгах шингэн/байгалийн шингэний нягтын зөрүү бага байхад цооногийн нүхэн доторх гравитацийн шингэний хүндийн хүчний дагуу доошоо чиглэсэн урсгал нь нэгэн төрлийн, нэвчилт ихтэй, усанд автсан элсний доошоо чиглэсэн урсгалтай харьцуулбал гурван дараалсан хэмжигдэхүүний фактороор их байдаг.

Уусгагч шингэн ба ажиглалтын цооногийн гэр доторх байгалийн усны холимгийн доошоо чиглэсэн эрчимтэй урсгал аль аль нь хүдрийн бүс дэх шингэний тархалтын тухай ойлголт, шингэний дундаж найрлагаас өөр буюу гажсан байна. Тиймээс ажиглалтын цооногийн босоо хэсгээс дээж авдаггүй бөгөөд цооногийн гэрээс шингэнийг 2-3 удаа шахуургасаны дараа илүү сайн жишиг дээж буюу дундаж дээж сонгон авдаг.



Зур. 1.14. Усархаг давхаргынхаа дунд хэсэгт цооногийн шүүлтүүртэй будмал нас/усан шингэн (уусмал) ба нэгэн төрлийн орчноор урсан өнгөрөх үед шингэний гравитацийн ялгааг харуулдаг ус хоорондын уулзах прогресс: тасралтгүй шугам – шингэний уулзах хэсэг ба туршилт эхэлснээс хойших t хугацаа; тасархай шугам – будмал хэсгийн траектор: а – ашиггүй элс, b – хүдэр агуулагч элс, c – шаварлаг чулуу, d – нягт өндөртэй давсархаг шингэн бүхий тогтонги бүс.

Усархаг давхаргын (ихэвчлэн ГДУО тохиолдолд) зарим хэсэгт оруулах, гаргах шүүлтүүртэй бол шингэний харилцан уулзах байршлыг тунгалаг, органик шилэн (Plexiglas) хөрсний тавиур дээр судалж болдог. (Зур. 1.14.)

Туршилтаар дараах үр дүнгүүд гарч ирсэн:

1. Нягт их байвал шингэн нь ус зайлуулах нүх рүү (шүүлтүүр) урсах ба доошлох хандлагатай байна.
2. Нягт ихтэй шингэн ус хязгаарладаг үед хүрсний дараа шингэний уулзах хэсгийн налуу бий болно.
3. Хэсэг хугацааны дараа, усанд автсан чулуулгийн дээд хэсэг нягт ихтэй уусмалаар дүүрнэ.
4. Баяжсан уусмалтай төстэй, илүү эрчимтэй будмал бүс гарах шүүлтүүрийн зэргэлдээ тавиурын ёроол хэсэгт үүснэ.

Судалгаанаас харахад хүдрийн завсар дотор боловсруулах завсрыг хязгаарладаг цооногийн шүүлтүүрийн тусламжтайгаар хүдрийг бүрхсэн ашиггүй чулуулгийг боловсруулан гарах хүчлийн зарцуулалтыг бууруулна. Үүнд усархаг давхаргын ёроолын хэсэг бас хамаарах бөгөөд энэ хэсэгт шингэний зарим алдагдал болно. Энэ шингэн ураны өндөр агуулгатай байж болно.

Түүнээс гадна ГДУО талбайд хүдрийн бүсийн доор тодоорхой заасан ус – хязгаарладаг бүс байхгүй бол гаралтын цооногийн шүүлтүүрийг хүдрийн завсарт төдийгүй хүдрийн бүсийн доорх усан давхаргад бас байрлуулна. Мөн үүнтэй ижил шалтгаанаар ус – хязгаарладаг бүс тохиромжгүй бага байвал хүдрийн бүсээс доош 10–20 метр дэх доошоо чиглэсэн урсгал дээр оролтын болон гаралтын цооногийг байрлуулах хэрэгтэй.

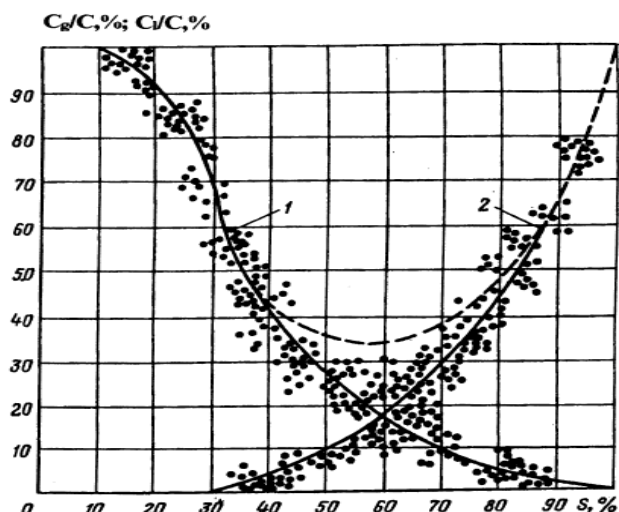
Гидрогеологийн тохиромжгүй нөхцөлд гравитацийн хүчний нөлөөгөөр уусгах шингэний доош чиглэсэн хөдөлгөөнд тусгай технологийн явц шаардлагатай болдог. Үүнд химийн идэвхтэй бодис эсвэл уусгагч шингэнээс өндөр нягттай давсны уусмал ашиглан нэвтрүүлдэггүй, олон төрлийн хаалт оруулах арга хэмжээ орно [7,11].

1.5.2. Нүх сүвийг бөглөх шингэний урсгал

ГДУО аргад нүх сүв дундуур өнгөрөх уусгах шингэний хөдөлгөөнөөр тогтцын нэвчилт өөрчлөгддөг. Урвалжийн шинж чанар, агуулга, чулуулгийн эрдсийн бүрэлдэхүүнээс энэ өөрчлөлтийн хамрах хүрээ ба характерууд хамаарна. Байгалийн ус байгалийн нөхцөлд тогтмол урсаж байдаг бол химийн идэвхтэй шингэний хувьд нэвчилт нь өөрчлөгддөг нүх сүвэрхэг орчноор урсдаг.

Хий өөрчлөгдөхөд хийн бөмбөлгөөс нүх сүвний бөглөө үүсгэдэг. Энд хийн бөмбөлгүүд нүх сүвийг бөглөнө. Хүчил, шүлтийн урвалаар ангижирсан нүүрстөрөгчийн давхар исэл бөглөө үүсгэдэг хамгийн түгээмэл хий юм.

Чулууны нэвчилтэд энэ эффектийг тооцоход хийн бөглөрлийг нэлээд чухлаар авч үзнэ. Хэдий бага хэмжээний хий алдагдсан ч тогтцын урсгалын шинж чанарыг мэдэгдэхүйцээр бууруулдаг. Зураг 1.15.-д хийн харьцангуй



нэвчилтийн диаграммыг харуулав. [7,11] **Муруйгаас** харахад нүх сүвшилтийн зайны 50%-ийг шингэнээр дүүргэхэд фазын нэвчилт анх байснаасаа 15% буурах ба улмаар 7 фактораар буурна. Нүх сүвшилтийн 30%-аас бага зай усаар дүүрсэн бол урсгал бүрэн хаагдаж зөвхөн хийн шилжилт болно.

Зур.1.15. Холбогчгүй элсний хувьд нүх сүвшилтийн зайн (s) ханалтаас хамаарах cg/c (1), cl/c (2) хийн харьцангуй нэвчилтийн хэмжээний диаграмм

Хийн бөглөрөл гол төлөв богино хугацаанд үргэлжилнэ [7,11]. Урвалаар ангижирсан хий усан давхаргыг орхин гарна. Ингэхдээ гаралтын цооногоор дамжин усан давхаргаас гарах бөгөөд бие даасан хий, уусгах уусмалд ууссан хэлбэрээр аль алинаар нь орхин гарна.

Хэдий тийм ч хүдрийг исэлдүүлэх зорилгоор усархаг давхарга руу агаар оруулахад заримдаа оруулсан агаарын нэлээд хэсэг нүх сүвний зайд үлдэж болно. Энэ агаарын ихэнх хэсэг сул уусдаг азот агуулсан байдаг. Үүнээс болж дахин сэргээгддэггүй хийн бөглөрөл үүснэ (Хүснэгт 1.7). Түүнчлэн, хүчилтөрөгчийн үр ашиг агаараас тав дахин, уусалт нь азотоос хоёр дахин их байдаг тул агаарын оронд хүчилтөрөгч ашиглана. Хүчилтөрөгчийн агуулга нь усархаг давхаргын гидростатик даралт дахь хүчилтөрөгчийн ханалтын түвшин дотор байх ёстой. Ийм агуулгатай бол бүх боломжит хүчилтөрөгч тогтцод уусах нөхцөл бүрдэнэ.

Хүснэгт 1.7. Атмосферын даралт дахь температураас хамаарсан хүчилтөрөгч, азотын усанд уусах байдал [12]

$O_2, \text{cm}^3/\text{cm}^3$	$N_2, \text{cm}^3/\text{cm}^3$	$t^\circ\text{C}$
0.0496	0.0233	0
0.0439	0.0206	5
0.0390	0.0183	10
0.0350	0.0165	15
0.0317	0.0151	20
0.0290	0.0139	25
0.0268	0.0128	30
0.0233	0.0110	40
0.0207	0.0096	50

Энэ бүлэгт ГДУО практикт тулгардаг нийтлэг хий буюу нүүрстөрөгчийн хэт исэл (CO_2)–ээс үүдэн бий болдог бөглөрөлийн талаар илүү тодоорхой оруулав.

Үүний 20°C температур дахь усанд уусах байдлыг массын нэгжээр илэрхийлбэл 1.901 г/дм^3 байна. Харин хүхрийн хүчлийн 2.5%-ийн уусмалд 15.5°C байхад CO_2 –ын уусах байдал 1.7 г/дм^3 байх ба хүхрийн хүчлийн 5%-ийн уусмалд 1.437 г/дм^3 байна.

Температур өсөхөд хийн уусах байдал буурна (Хүснэгт 1.7, 1.8). Иймд 19°C температурт хүхрийн хүчлийн 9.25%-ийн уусмалд CO_2 –ын уусалт $0.84 \text{ см}^3/\text{см}^3$ байна. 25°C –д уусалт $0.720 \text{ см}^3/\text{см}^3$ байдаг.

Даралт өсөхөд хийн уусах байдал өснө. Үүнийг Генригийн хуулиар тооцоолон тайлбарлаж болно (Хүснэгт 1.9). Гидростатик даралт атмосферын даралтаас 10 дахин ба түүнээс их байхад ихэнх хийний хувьд шууд хамаарлаас мэдэгдэхүйц хазайлт ажиглагддаг байна.

Хүснэгт 1.8. Атмосферын даралт дахь температураас хамаарсан CO_2 –ын усанд уусах байдал [12]

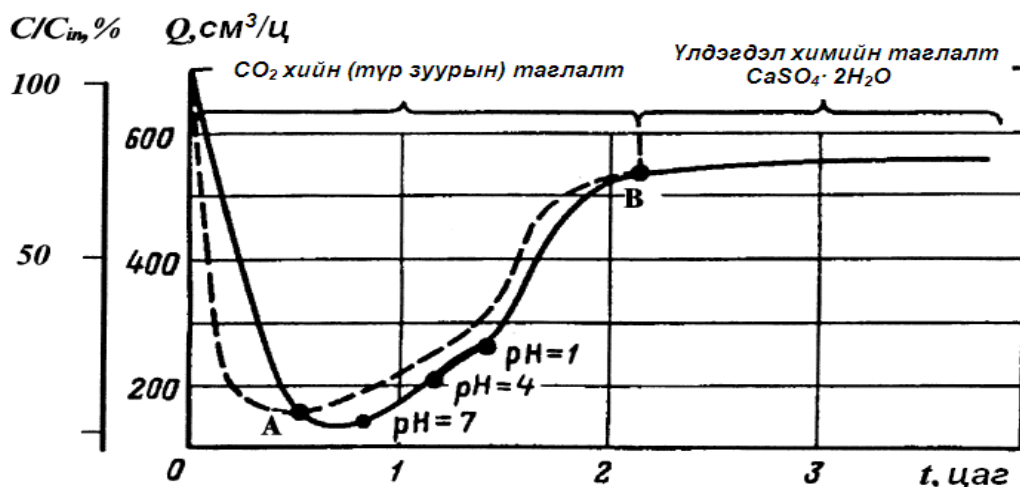
$\text{CO}_2, \text{ см}^3/\text{см}^3$	$t^\circ\text{C}$
0.89	20
0.72	28
0.54	40
0.44	50

Хүснэгт 1.9. $+15^\circ\text{C}$ температур дахь даралтаас хамаарсан CO_2 –ын усанд уусах байдал [12]

$\text{CO}_2, \text{ см}^3/\text{см}^3$	P, атм
1.00	1
4.59	5
8.39	10
11.89	15
15.21	20
17.64	25
20.31	30
22.52	35
22.44	49
25.59	45
27.06	50

Гаралтын цооногийн орчимд конус бууралт (cone of depression)-ын зэргэлдээх тогтцод гидростатик даралтын хэмжээ хамгийн бага байна. Иймд хийн бөглөрлөөр идэвхтэй тогтцын нэвчилтийг бууруулах, түүнчлэн хий ангижрах нөхцөл бүрдэнэ. Газрын доорх хий-шингэний холимгийн хөдөлгөөн (хоёр фазын урсгал) төвөгтэй бөгөөд бүрэн судлагдаагүй процесс юм. Хийн бөмбөлөгийн хэлбэр, хэмжээний зүй тогтол төдийгүй нүх сүвэрхэг орчин дахь тэдгээрийн хөдөлгөөн тодоорхой болоогүй байна [14]. Улмаар урсгалын чиглэлд буурсан даралтын нэгэн зэрэг эффект, хүчил чулуулгийн карбонаттай химийн урвалд орсны дүнд тасралтгүй үүсэх хий зэргээс болж хийн тогтоц, түүний чулуулгийн нэвчилтэд нөлөөлөх байдал зэргийг үнэлэхэд бас хүндрэл гарч ирдэг.

Карбонат агуулсан элсэнд хүчлийн уусмалын урсгалын шинж чанарт гарах өөрчлөлтийг лабораторийн нөхцөлд туршилтаар судалж байна [1]. Даралтын тогтмол градиенттай органик шилэн (Плексиглас) багананд кальцийн карбонатын 0.25–5 % хольцтой кварц элсэн дээр туршилт хийсэн байдаг. Ийм нөхцөлд хүчлийн уусмалын урсгалын хурд нэвчилтийг өөрчилдөг. Зураг 1.16–д чулуулаг дахь хийн хөдөлгөөн, тогтоцтой холбоотой гурван шатыг үзүүлэв [1, 7, 11].



Зур.1.16. H_2SO_4 (50 г/дм³ агууламжтай) уусмалаар уусгах үед 1%-ийн $CaCO_3$ агуулсан элс хий ба хатуу бодисоор бөглөрснөөс хойших (t) хугацаан дахь урсгалын шинж чанарын өөрчлөлт: үзүүлсэн pH-ийг өөрчлөхөд, шингэний бүтээмж Q: тасархай шугам – багана руу орохын өмнө; тасралтгүй шугам – багананд байх үед; арын шугам – шохой орсон уусмалын бүтээмжийн завсар;

CO_2 хийн үүсэх, мөн баганын уртын дагуух түүний тархалттай холбоотойгоор урсгалын шинж чанар хүчтэй муудахыг нэгдүгээр шат (туршилтын эхлэлээс А цэг хүртэлх) гэж тэмдэглэнэ. Энэ шатанд баганын гаралт дахь шингэний бүтээмж оролтод оруулсан хэмжээнээс илүү гарна. Иймд тасралтгүй шингэний урсгалын саатал ажиглагдана. Баганан дахь хийн хэмжээ ихсэхэд элс мэдэгдэхүйцээр усгүй болно. Хий баганын эсрэг үзүүрт ирэхэд элс хийгүй болж эхэлдэг. Баганын дотор талд хий бие даасан фазаар хөдөлж хэсэгчлэн уусна. Хийн фазын урсгалын хурд шингэний урсгалын

хурдаас давах бөгөөд харилцан үйлчилж буй материалын (CaCO_3 ба H_2SO_4) найрлагаас хамаарч ангижирсан хийн хэмжээгээр тодоорхойлогдоно. Энэ шатны сүүл хэсэгт багана руу орж буй уусмалын хэмжээ баганаас гарч буй хэмжээтэй тэнцүү болно. Энэ хугацаа (А цэг) чулуулаг дахь чөлөөт хийн хамгийн их эзлэхүүнтэй адил байна. Баганын гаралт дээрх уусмалын pH ойролцоогоор долоо байна.

Хоёр дахь шатанд (А ба В цэгийн хооронд) элсний нэвчилт аажмаар сэргэнэ. Багана руу оруулж байгаа уусмалын хэмжээ гарч байгаа хэмжээнээс их байна. Нүх сүвтэй зай шингэнээр дүүрнэ. Хийгүй болох хурд хий үүсэх хурдаас давна. Орчны урвал аажмаар хүчлийн урвал болно.

Гурав дахь шатыг (В цэгийн баруун талд) өмнө байсан хийнүүд байхгүйгээр тодоорхойлно. Хүчлийн агууламж анх байсан утгадаа хүрэх ба чулуулагтай хийх харилцан үйлчлэл дуусна. Оролт, гаралтын хэмжээ адил болж тогтворжино. Туршилтын төгсгөлд урсгалын эцсийн хурд анхны хурдаасаа бага зэрэг буурч уусдаггүй шохойн үлдэгдлийн тунадастай холбоотойгоор өөрчилж болдоггүй химийн бөглөрөл үүснэ.

Карбонатуудын дундаас кальцит (CaCO_3) хүхрийн хүчилтэй хамгийн идэвхтэй урвалд ордог. Бусад карбонатууд хүчилтэй удаан харилцан үйлчлэх ба гол төлөв бага хэмжээний хий ангижруулдаг.

0.2%-аас бага агуулгатай CaCO_3 , эсвэл 2 г/дм^3 —ээс бага агууламжтай H_2SO_4 уусмал ашигласнаар атмосферын даралтад хийн тогтоц үүсэхгүй. Усан давхаргын нөхцөлд (ялангуяа гидростатик даралтын нөхцөлд) Генригийн хуулиар буюу тогтцын шингэний гидростатик даралттай пропорционалаар өснө. Түүнээс гадна хий ангижруулдаггүй кальцийн карбонат, хүхрийн хүчлийн хамгийн бага агуулга 10 атм даралтад сөрөг нөлөөгүйгээр 8.4 дахин өснө. Бие даасан фаз хэлбэрээр үлдсэн хий даралт (Р)-ын доор Бойлийн хуулийн ($P \cdot V = \text{Const}$) дагуу эзлэхүүн (V) багасна гэдгийг анхаарах хэрэгтэй. Хийгээр дүүрсэн нүх сүвний зайн харьцангуй хэмжээг ашиглаж Зураг 1.15 дахь диаграммаас газрын доорх урсгалын шинж чанарын тооцоолсон бууралтыг харж болно.

Хүхрийн хүчил агуулагч чулуулагтай харилцан үйлчилсний дүнд үүсдэг химийн үлдэгдлийн тунадаснаас ихэвчлэн химийн бөглөрөл үүсдэг. Ингэснээр чулуулагт дахин сэргээгддэг, сэргээгддэггүй нөлөө үзүүлнэ. Хөнгөн цагаан, төмрийн гидроксидийн тундаснаас үүсэх бөглөрлийг дахин сэргээх боломжтой (түр зуурын) үзэгдэл гэнэ.

Уусмалын pH-ийн хэмжээ буурвал өмнө үүссэн үлдэгдлүүд (эхлээд $\text{pH} < 6$ үед төмрийн гидроксид $2+$, дараа нь $\text{pH} < 4-5$ үед хөнгөн цагааны гидроксид, сүүлд нь $\text{pH} < 3$ үед төмөр $3+$ болно) уусдаг болох ба чулуулгийн нэвчилт сэргээгддэг. Чулуулаг болон уусмалд ($10-12 \text{ г/дм}^3$) төмрийн агуулга өндөр байх нөхцөлд энэ үзэгдлийг одоог хүртэл судалсаар байна. Оролт, гаралтын цооног хоорондын зай хол, мөн гидроксидын үлдэгдэл гаралтын цооногийн шүүлтүүрийн эргэн тойрныг бүрэн хаадаг учраас амжилтгүй болсоор байгаа юм.

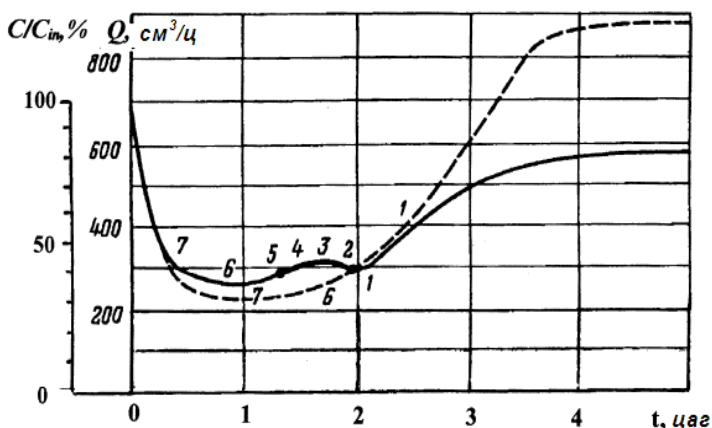
Шохойн тунадаснаас дахин сэргээгддэггүй химийн бөглөрөл үүсдэг. Шохой нь ангижруулсан хүхрийн хүчлийн уусмал дахь рН-ийн хэмжээнээс үл хамааран маш бага уусах чанартай (ойролцоогоор 2г/дм^3) байдаг (Хүснэгт 1.10).

Хүснэгт 1.10. 25°C -т H_2SO_4 уусмалд шохойн (CaSO_4) уусах байдал [12]

H_2SO_4 , г/дм^3	CaSO_4 , г/дм^3
0.0 (H ₂ O зөвхөн)	2.126
0.48	2.128
4.87	2.144
8.11	2.203
16.22	2.382
48.67	2.727

Ач холбогдол бүхий хэмжээтэй шохойн тунадасны асуудлыг уусгалт үргэлжлэх хугацааны дараах хүртэл хойшлуулж болно. Хийн бөглөрөл явагдсаны дараа шохойн бөглөрөл болдог. CO_2 ангижирч металл гидроксидын тунадасжилт зогссоны дараа уусгалтын ажлын сүүлд үргэлжлэх хугацааг тодоорхойлно (зураг 1.16.).

Хийн болон химийн (шохойн) бөглөрлийн үнэлгээг лабораторийн нөхцөлд тэнцвэрт агуулгатай H_2SO_4 ба HCl уусмалууд ашиглан хийнэ (зураг 1.17.). Туршилтын эхэн үед шохойн үлдэгдэл бөглөрөлд бараг нөлөөлөхгүй. Эхний хоёр шатны турш карбонатын гадаргууд нимгэн үеэр хуримтлагдана. Үүнээс шалтгаалан хийн үүсэлт, урвал удааширна. Гурав дахь шатанд шохойн тундасжил урвалын хурданд мэдэгдэхүйцээр нөлөөлж эхэлнэ. Шохой үүсгэдэггүй карбонатын чулуулагтай давсны хүчил урвалд орж хүхрийн хүчлээс эрт дуусдаг (Зур. 1.17.-д харгалзан 3 цаг 45 минут, 4 цаг 45 минутад).



Зур. 1.17. Тэнцвэрт агуулгатай HCl (масархай шугамаар) эсвэл H_2SO_4 (масралтгүй шугамаар) оруулсан CaCO_3 -ийн 1% агуулгатай элсний урсгалын шинж чанарын өөрчлөлт: диаграммд үзүүлсэн рН-тай байх үед, Q – тогтмол градиент дахь бүтээмж, t – хугацаа.

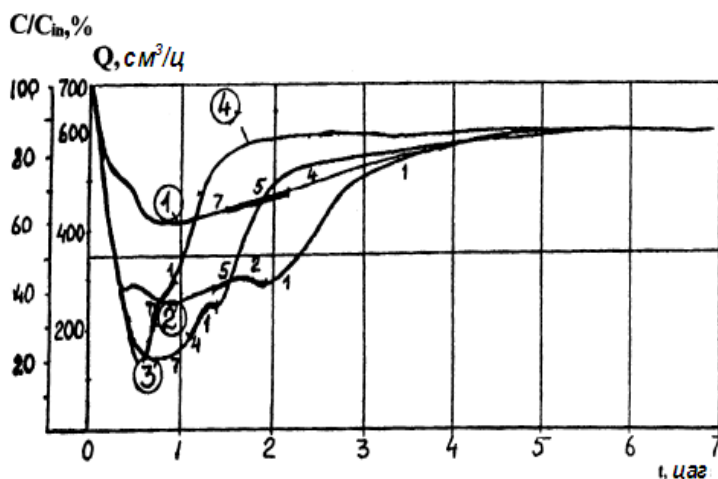
Дээрх нөхцөлийн хувьд давсны хүчлийн уусмалын урсгалын хурд анх байснаасаа 125% болоход тогтворжино. Энэ нь карбонатын бүрдэл бүрэн уусч нүх сүвний зай нэмэгдэх процесстой зэрэг явагдана. Туршилтын ажил дуусах үед хүхрийн хүчлийн уусмалын хурд анхны утгынхаа 85% байна. Гол төлөв $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -ийн үлдэгдэлтэй холбоотойгоор урсгалын шинж чанарын бүрэн бус сэргээлт болно. Шохойн нимгэн үеэр тусгаарлагдсан карбонатын материалын хэсгээр зэргийг бууруулж болно.

Элсэн бөглөрөлд нөлөөлөх хүхрийн хүчлийн уусмалын нөлөөлөл туршилтын эхний нэг, хоёрдугаар шатанд ажиглагдана. Урсгалын хурд удаан байхад H_2SO_4 болон CaCO_3 -ийн урвал бүрэн явагдана. Түүнчлэн, хурдны харьцаанд үндэслэж урьдчилан тооцоолсноос илүү хугацаа зарцуулдаг. Мөн хийнээс үүсэх бөглөрөл илүү эрчимтэй явагдана.

Харилцан үйлчлэлийн бүтээгдэхүүний тээвэрлэлт зогссон ч химийн урвал явагдсаар байх учир урсгал түр зогссоноор нэвчилт бас түр зуур буурна. Нэвчих урсгалыг дахин сэргээхэд хэсэгчлэн сэргэнэ. Урсгалын хурд туршилтын сүүл хэсэг дэх хурдтай адил болох учраас урвалд орсон материалын хэмжээ хоёр тохиолдолд тэнцүү болно.

Шохойноос үүсэх нүх сүвний бөглөрөл чулуулаг дахь CaCO_3 -ийн (Ca^{2+} ион гарах) агуулгаас хамаарах ба илүүдэл SO_4^{2-} -ийн ионоос хамаарахгүй. H_2SO_4 -ийн эхний агуулга өөр өөр байхад (5-100г/дм³ хооронд) 1% CaCO_3 -тай холилдсон элсний бүх тохиолдолд гидравлик дамжуулал туршилтын сүүл хэсэгт тэнцүү байна. (эхний агуулгын 85%, Зур. 1.18.-аас харах).

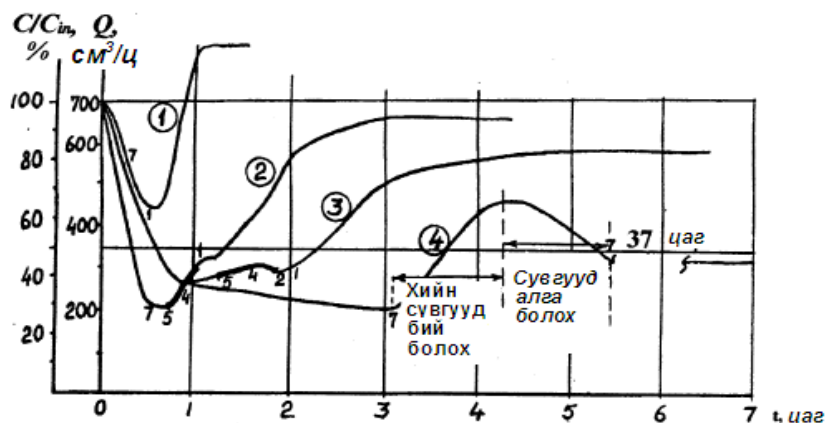
Нөгөө талаас хүхрийн хүчлийн анхны агууламж өөрчлөгдөөгүй байхад CaCO_3 -ийн агуулга 0.25–5% хүртэл өсвөл нэвчилт 2.5 дахин буурна. (Зур. 1.19).



Зур. 1.18. Хүхрийн хүчлийн эхний агуулга өөр өөр буюу 1-5, 2-20, 3-50, 4-100 г/дм³ байхад 1% CaCO_3 -ийн агуулсан элсний урсгалын шинж чанарын өөрчлөлт. рН-ийг тоогоор үзүүлэв.

Хүснэгт 1.11.-д харуулснаар, агаарын даралт, урсгалын хурд бага байх үед хүхрийн хүчил, CaCO_3 -ийн агуулга нэмэгдэхийн хэрээр CO_2 хийн бөглөрөл бас нэмэгдэнэ.

Дахин сэргээгддэг (түр зуурын) химийн бөглөрлийн тухайд нэмж хэлэхэд уусмал дахь төмрийн ионы агуулга ихсэхийн хирээр, мөн хүчлийн агуулга буурахын хирээр төмрөөс үүсэх бөглөрөл нэмэгдэнэ. Туршилтын (0.2-10м/өдөр) муж доторх уусмалын урсгалын хурд чулуулгийн бөглөрлийн шинж чанарт нөлөө үзүүлдэггүй.



Зур.1.19. 1-0.25, 2-0.5, 3-1; 4-5% байх CaCO_3 -ийн эхний агуулгаас хамаарах карбонат агуулсан элсэн дэх H_2SO_4 уусмалын урсгалын шинж чанарын өөрчлөлт. H_2SO_4 уусмалын агууламж 10г/дм^3 . Тоогоор PH-ийн хэмжээг харуулав.

Химийн бөглөрлийн бүс хамгийн урт буюу бөглөрлийн бүс гаралтын цооногийн шүүлтүүрт хүрэх үед гидравлик дамжуулал хамгийн бага утгадаа хүрнэ. Энэ үеэс эхлэн бөглөрлийн бүсийн өргөн буурч гидравлик дамжуулал ихсэн туршилтын төгсгөлд анх байсан утгаасаа давна. Мөн урсгалын хурдны дахин сэргэх хугацаа буурах хугацаанаас 3-5 фактоороор илүү байна.

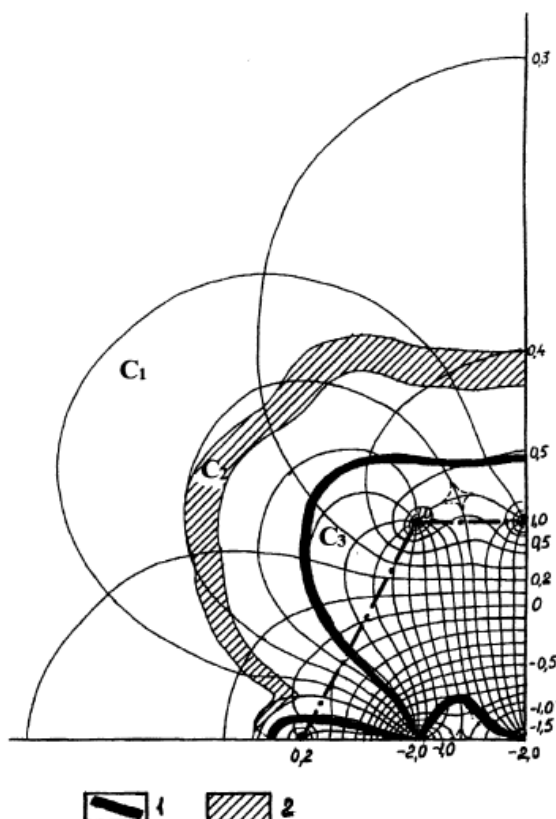
Баганан урсгалын хувьд дээрх хамаарлын судалгаа нэг хэмжээт шингэний урсгалтай төстэй. Харин цооногоор дамжуулан оролт, гаралтын уусмал хийдэг ГДУО арга ашиглаж буй хүдрийн ордын хувьд шингэний динамик илүү төвөгтэй буюу хоёр ба гурван хэмжээт болно.

Хүснэгт 1.11. Систем дэх урсгалын хурдын харьцангуй хэмжээ: хүхрийн хүчлийн уусмал / CaCO_3 –агуулсан кварц элс [1]

H_2SO_4 , г/дм ³	CaSO_3 , %	K/Kinitial, % Урсгалын хурд, % оригинал	
		Хамгийн бага утга	Туршилтын төгсгөлд тогтворжсон утга
5	1	61	85
10	1	37	85
50	1	19	85
100	1	16	85
10	0,25	64	116
10	0,5	45	95
10	5	28	46

Зураг 1.20-д (төв хэсэгтээ) гаралтын гурав, (захаараа) оролтын найман цооног бүхий зургаан өнцөгт бүрдэлтэй хөрсний тавиурын загварт төмрийн гидроксидоор үүсэх химийн бөглөрлийн бүсийн байрлалыг харуулсан байна. Тэгш хэмтэй учир туршилтын талбайн зөвхөн дөрөвний нэгийг загварчиллаа. Гарч ирсэн хамаарлыг байгалийн нөхцөлд шилжүүлж тухайн газрын урсгалын хурд, нэгэн төрөл бус эрдэс зүйг судална. Дээрх хамаарлыг хоёр хэмжээст урсгалд шилжүүлж өргөтгөснийг доор харуулав:

Зур.1.20. Эхлээд гаралтын цооног (1) болон туршилтын сүүл хэсэгт (2) төмрийн гидроксидын бүрдлээр бөглөрөх нүх сүвэрхэг чулуулгийн химийн бөглөрлийн бүсийн байрлал. Нэгэн төрлийн орчноор өнгөрөх (бөглөрөлгүй үед) урсгалын хувьд торлолыг харуулав.



Туршилтын процесст төмрийн гидроксидоос үүсэх түр зуурын химийн бөглөрлийн бүс урсгалын чиглэлд шилжинэ. Тухайн эгшин дэх хүрэн бор өнгөтэй Fe^{3+} гидроксидоор үзүүлсэн бүсийн байрлал дренаж нүхэнд (1), мөн туршилтын сүүл хэсэгт (2) хүрнэ (Зур.1.20-д үзүүлэв). Туршилтын төгсгөлийг зураг 1.20-д үзүүлэв. Туршилт явагдаж байхад бөглөрлийн бүс ихсэж талбайн гадаад хилээс алслагдахын хирээр энэ хөдөлгөөний хурд нэлээд буурна.

Туршилтын сүүл хэсэгт талбайг гурван тодоорхой хэсэгт ангилж болно:

- K_1 эхний гидравлик дамжуулалтай уусаагүй чулуулаг
- K_2 бага нэвчилттэй ($\text{pH} \sim 5-3$ байхад) хэсэгчлэн бөглөрсөн чулуулаг
- K_3 эхний нэвтрүүлэх чадвараас их нэвчилттэй ууссан чулуулаг.

Байгалийн нөхцөлд чулуулаг болон уусмалын төмрийн агуулгаар, мөн pH -ийн хэмжээгээр тодоорхойлогддог бөглөрлийн бүсийн өргөн нь дээрх туршлагад ашиглагдсанаас илүү өргөн байна.

Товчоор хэлбэл, бүрдлийн дотоод хэсэг хүчилшсэний дараа түр зуурын химийн бөглөрөл төмрийн гидроксидын тусламжтай уусгах процессыг удаашруулдаг тодоорхойлогчийг эерэг фактор болгодог. Энэ эерэг фактор талбайн дотор талын шингэний урсгалын хурдыг өсгөж шингэний хөдөлгөөнийг талбайн хил дотор хязгаарлана.

Al^{3+} , Fe^{3+} гидроксидуудын тунадасны хувьд, түүнчлэн баганан туршилтын хувьд ойролцоогоор тэнцүү рН - ийн хэмжээг тооцоолсноор хөнгөнцагаан байгалийн нөхцөлд бөглөрөл үүсгэх шинж чанараараа төмрийнхтэй төстэй болно гэдгийг харж болно.

Шохойноос үүсдэг химийн бөглөрөл нэлээд ялгаатай байдаг. Энэ тохиолдолд нэвчилтийн буурал рН-ийн хэмжээнээс хамаарахгүй бөгөөд урсгалын шинж чанар сэргэхтэй ч холбоогүй. Энэ нь дотоод хэсгээрээ төмөр болон хөнгөнцагааны гидроксидоос эсрэг буюу дотоод хэсэг гадаад хэсгээсээ илүү нэвчилтийн бууралтай байна. Үүний үр дүнд бүрдэл дотор, мөн талбайн хилээс гаднах хөдөлгөөн дотор шингэний урсгалын дахин түгээлт явагдана. Зарим талаараа энэ хоёр эсрэг чигтэй процесс нэг нэгнээ нөхөж тэнцүү явагддаг.

Ион солилцооны процесстэй холбоотой бөглөрөл монтмориллонитын бүлгийн нэлээд хэмжээний шаварлаг эрдэс агуулсан чулуулагт явагддаг. Энэ нь элс-шаврын тунамал чулуулгийн нэвчилтийг аажим, зарим тохиолдолд их хэмжээгээр (2 ба түүнээс дээш) бууруулна. Үүний улмаас хоёр валенттай катион мицелес (myceles) нэг валенттай **металл** ионоор солигдож шаварлаг хэсгүүд хөөж тэлнэ [10].

Ион солилцооны процесс чулуулгийн нэвчилтэд шууд бусаар нөлөөлдөг. Тухайлбал, эдгээр процессууд хүхрийн хүчлийн сульфатын ионтой холбогдож нүх сүвний зайг шохойгоор хэсэгчлэн сэргээгдэхгүй бөглөснөөр уусаагүй кальцийн ион уусмал руу орно. Дахин ашиглагддаг шингэнд давс хуримтлагдах, шохойн уусах чанар муу зэргээс болж хүхрийн хүчлээр газар дор уусгах процессын үед шохойн бүрдэл үүсдэг.

Ион солилцооны процесст нөлөөлөх хоёр хүчин зүйл байдаг [10]. Үүний эхний фактор дараах зүйлсээс хамаарна:

- Чулуулгийн шаврын хэсэг дэх эрдсийн найрлага. Ион-солилцоонд хамгийн идэвхтэй бүлэг бол монтмориллонитын бүлэг юм. Иллитийн төрөл идэвхгүй байдаг бол каолинит сул идэвхтэй байна.

- Шаврын ширхэглэгийн хэмжээ чулуулгийн гадаргуугийн талбайн шинж чанарыг тодорхойлно. Ширхэглэгийн хэмжээ жижиг байхын хэрээр ион солилцоонд орох идэвх их байна.

Хоёрдугаар бүлгийн факторт:

- рН-ийн хэмжээ—энэ нь шаварлаг хэсгийн диффузийн давхаргын өргөнийг тодорхойлно.

- Уусмал дахь электролитын агуулга. Электролитын агуулга өссөнөөр ион солилцоонд орох идэвх ихэсдэг.

- Ион солилцооны харьцангуй чадал. Солилцох энергиэсээ хамаарч катионууд (энерги буурах дарааллаар) дараах дарааллыг үүсгэнэ: $\text{Fe} > \text{Al} > \text{H}_3\text{O}^+ > \text{Ba} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Mo} > \text{K} > \text{Na}$.

Уусмалд хүчилтэй хамт орж ирсэн устөрөгчийн ионууд ангижран хоёр ба гурван валенттай катионуудын хоорондох дараалалд байрлана. Устөрөгчийн

ион Ca^{2+} -ны оронд суун, шаврын диффузийн давхаргад үлддэг. Бага радиустай байхын хэрээр шавар хөөж тэлнэ. Иймд нүх сүвэрхэг зай багасана. Монтмориллонитын төрөл тэлэх чанар ихтэй.

Хэрэв шаврын бүрэлдэхүүнд каолинит давамгайлсан бол ион солилцоо элсэрхэг-шавар ордын нэвчилтэд бага нөлөөтэй. Хэдий тийм ч, хүчлээр уусгах үед чулуулгаас их хэмжээгээр ууссан бол уусмал дахь нэг валенттай катион (Na^+) бас шаврын бүрдлийг хөөлгөдөг.

Нөгөө талаас уусмал дахь гурван валенттай (жишээ нь, Fe^{3+}) катионы тоо хэмжээ их байвал энэ нь диффузийн бүсийн өргөнийг багасгаж улмаар хүчиллэг орчны элс-шаврын чулуулгийн нэвчилтийг сайжруулна (энд бөглөрлийн аль ч хэлбэр явагдахгүй).

Уусгах урвалжаар Na_2CO_3 -ыг хэрэглэвэл элс-шаварлаг тунадаст их хэмжээний бөглөрөл үүсгэнэ. Учир нь Na^+ ионы агуулга их байхын хэрээр шаврын бүрдэл тэлж хөөдөг.

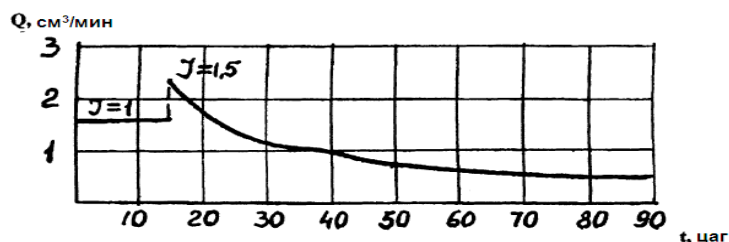
Механик бөглөрөл. Жижиг хэсгүүдийн шилжилт хөдөлгөөнөөр буюу нарийн жижиг хэсгүүд агуулсан сэлбэх шингэн бүрдэлд орсон тохиолдолд элсэрхэг тунамал чулуулагт механик бөглөрөл ажиглагддаг. Хүдрийн шилжилт хөдөлгөөнөөр чулуулгийн нэвтрүүлэлтийг (жижиг хэсгүүдийг арилгаснаар) нэмэгдүүлэх, (нүх сүвийг хааснаар) нэвтрүүлэлт буурах үзэгдлүүдийн аль аль нь явагдана. Хүдэр бөглөрөх магадлалыг үнэлэхийн тулд шингэний урсгалын хурд, бүрдлийн хэсгүүд шилжиж эхэлсэн (шингэний) оройн градиентын критик хэмжээнүүдийг тодоорхойлсон байх шаардлагатай.

Өндөр нэвчилттэй чулуулгийн (элс) хувьд критик буюу бутлах даралтын градиентыг тодоорхойлох нь хялбар байдаг. Бутлах даралт бол бүрдлийн чулуулгийн хэсгийг задлах даралтын хэмжээ юм.

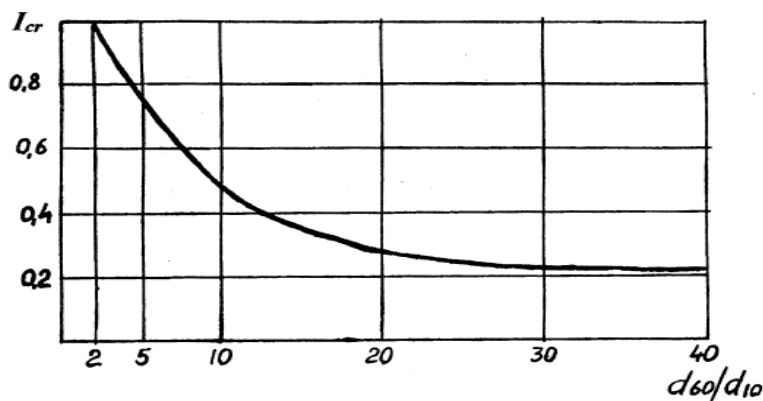
Критик даралтын градиентыг дараах томъёоноос тооцоолж болно:
 $J_{cr} = (\gamma - 1)(1 - p)$,

энд: γ – чулуулгийн хэсгийн нягт, p – нүх сүвшилт буюу түүний эзлэх хэмжээ. Кварц элсний хувьд $\gamma = 2.68 \text{ г/см}^3$, $p = 0.3$, $J_{cr} = 1.2$ байна.

Зураг.1.21 дээрээс даралтын градиент критик утгаасаа бага байхад урсгалын шинж чанар өөрчлөгдөхгүй хэвээр хадгалагдаж байгааг харж болно. Харин J_{cr} их байхад аажмаар буурна. Мөн энэ томъёонд элсний эрдсийн найрлага, бүрдлийн ширхэглэгийн тархалт зэргийг тооцохгүй. Чулуулгийн бүрдлийн хэмжээ өргөн байх тусам хүдрийн шилжилт эхлэх хэмжээ бага байна (Зур.1.22).



Зур.1.21.Оройн градиент j тогтмол буюу критик градиентаасаа ($j_{cr} = 1.2$) их, бага байх хоёр тохиолдолд элс-ний элсний урсгалын шинж чанарын өөрчлөлт.

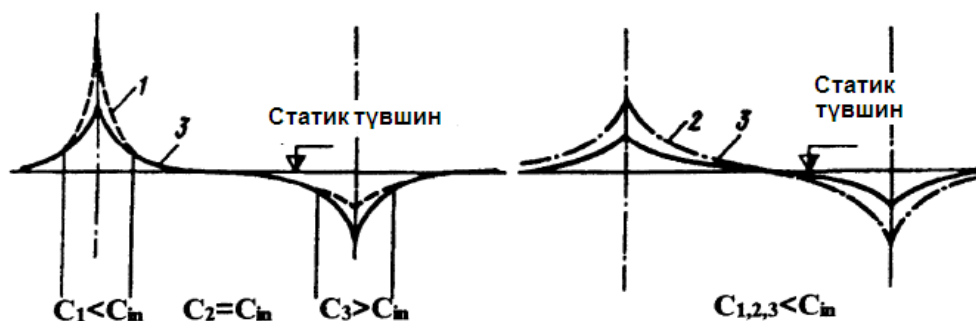


Зур. 1.22.

Ширхээлзэгийн хэм-
жээний коэффициент
 $C_n = d_{60}/d_{10}$ - ээс
хамаарсан элсний
критик оройн
градиентын диа-грамм,
 d_{60} ба d_{10} харгалзан 10%,
60% бутарсан хэмжээ.

Бага нэвчилттэй шаварлаг тунамал чулуулаг /шингэн лаг, шавранцар/ дундуур урсах усны урсгалын хурд бага байна [7,11]. Механик бөглөрөл ажиглагдахгүй.

Даралтын градиент өндөр, урсгалын хурд ихтэй нөхцөлд бүрдэлд уусгах шингэн оруулахад талбайн ойролцоох жижиг чулуулгууд урсгалаар зөөгдөн оролтын цооногоос тодоорхой зайд хуримтлагдана. Энд даралтын градиент огцом буурч J_{cr} утгаас бага болно. Үүний дүнд, нүх сүвний хэсэгчилсэн бөглөө үүсэж оролтын цооногийн оруулалт буурна (Зур. 1.23).



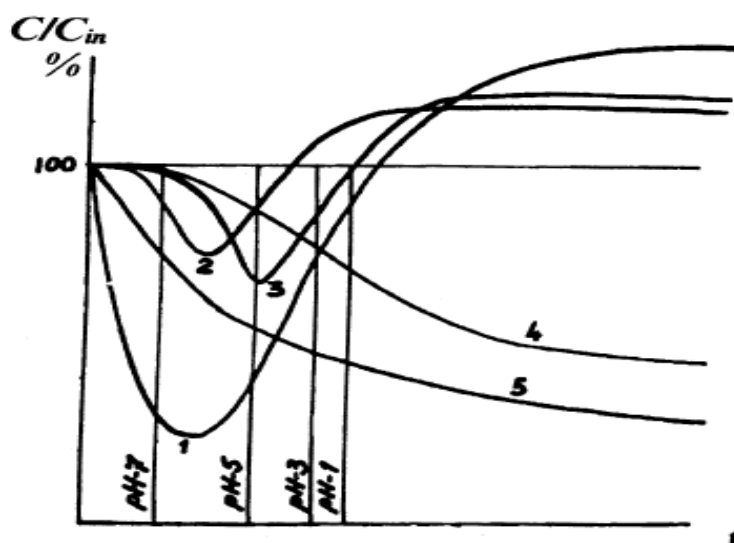
Зур. 1.23. Ажиллаж байгаа оролт, гаралтын цооног дундуурх пьезометрийн үзүүлэлт: 1-бөглөрөлгүй, 2-механик бөглөрөлтэй, 3-химийн /шохойноос үүдсэн/ бөглөрөлтэй. C_{in} -туршилт эхлэх үеийн гидравлик дамжуулал, C_1 , C_2 , C_3 -туршилтын сүүл хэсэгт ижил байна.

Дахин (циклээр) ашигладаг уусмал хэрэглэх үед оролтын цооногт оруулах сэлбэх уусмалын хэмжээ гаралтын цооногийн бүтээмжээс их хамаарна. Механик бөглөрлийн үед шингэний шаардлагатай (тэнцвэрт) эзлэхүүнийг хангахын тулд оролтын хурдыг тогтмол барих хэрэгтэй болно. Энэ нь даралтын градиентыг ихэсгэнэ. Даралтын градиент ихэссэнээр хүдрийн шилжилт илүү их болж цаашид цооногийн багтаамжийг бууруулна. Иймд цооногийн нийт гаралтыг ажиллагаанаас гаргах шаардлагатай болдог. Их хэмжээний жижиг хэсгүүд (10-50 г/см³-ээс их) агуулсан уусмалыг оруулах бүрийн дараа энэ төрлийн бөглөрөл гол төлөв явагдаж эхэлнэ.

Гаралтын цооногийн ойролцоо, даралтын градиент, шингэний урсгалын хурд хоёр тээвэрлэлтийнхээ чиглэлийн дагуу өснө (Зур.1.23). Ийм маягаар эсрэг нөхцөл үүсэх буюу жижиг хэсгүүд цооногоор дамжин уусгах шингэнтэй хамт гадарга руу шахагдана. Үүний дүнд гаралтын цооног дахь чулуулгийн нэвчилт бүхий л хугацааны туршид нэмэгдэх ба конус буурлын (cone of depression) төв хэсэг багасна. Гаралтын цооног дахь зарим сайжруулсан урсгалын хурдыг эс тооцвол гарсан шингэнийг нэгэнт тусгай элсэн багана эсвэл шүүлтүүр ашиглан хатуу жижиг хэсгүүдээс нь цэвэрлэх учир хүдрийн шилжилтийг үл тохирох гэж үзэж болно.

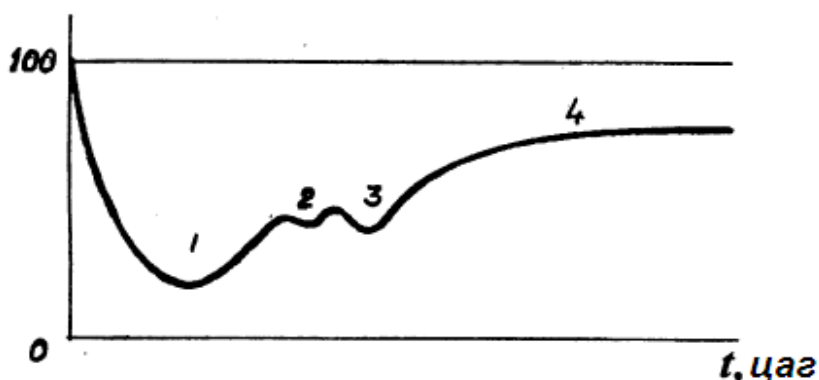
Жижиг хэсгүүдийн шилжилт зөвхөн механик бөглөрлийн шалтгаан болоод зогсохгүй. Түүнчлэн, боловсруулалтын бүтээгдэхүүнээр (давирхай гэх мэт) бохирдох, мөн салхиар зөөгдөн ирэх элсэрхэг – шавраар бохирдох, оролт руу хийх жижиг хэсгүүд агуулсан уусмал авдаг цөөрөм рүү гадаргын усны үер орж цөөрөм бохирдох шалтгаан болно.

Гол төлөв хэд хэдэн төрлийн бөглөрөл нэгэн зэрэг явагддаг. Зураг 1.24-т янз бүрийн бөглөрөлтэй, харин Зураг 1.25-т химийн ба хийн нэгэн зэрэг бөглөрөлтэй чулуулгийн гидравлик дамжууллын өөрчлөлтийг харуулсан характеристик **муруйг** үзүүлэв. Бөглөрөлийг шалтгааныг зөв тодоорхойлсноор асуудлыг шийдэх, багасгах аргыг олох боломжтой болдог.



Зур. 1.24. Бөглөрлийн үед t хугацааны турш нягтшаагүй элсэн чулуулгийн хувьд хүчлийн уусмалын харьцангуй нэвчилтийн K/K_0 фазын өөрчлөлт: 1- хийгээр (CO_2) үүсэх бөглөрөл, 2- хөнгөнцагааны гидроксидын үлдэгдлээс үүсэх химийн бөглөрөл, 3 - төмрийн гидроксидын үлдэгдлээс үүсэх бөглөрөл, 4- шохойн үлдэгдлээс үүсэх бөглөрөл, 5 – ион солилцооны давирхай ба бусад жижиг хэсгүүдээс үүсэх химийн бөглөрөл.

$C/C_{in}, \%$



Зур.1.25. Химийн бөглөрөлтэй байхад t хугацааны туршид усны K/K_0 нэвчилтийн фазын өөрчлөлтийн муруй: CO_2 хийнээс үүсэх (1), гидроксидын тунадаснаас үүсэх: Fe^{3+} (2), Al^{3+} (3), шохой (4).

Газрын дор уусгах үед явагддаг бусад процессууд нүх сүвшилтийн бөглөрлийг баланслан тогтвортой хэмжээнд барьж байж болно. Түүнээс гадна гаралтын шингэнээс ялгарах хий буюу механик саатлаар зарим материалыг арилгаж болно.

Янз бүрийн бөглөрлийн механизмуудаас нэг талаас тунадасжих, нөгөө талаас (бөглөрөл) арилах хоёр эффект үүснэ. Эдгээрийн нийлбэр эффектээр хүдэр агуулагч давхаргын ашигтай нэвчилтийг тодоорхойлно.

Цооногийг тогтмол шахуургадан (насосдан) хийн бөглөрлийг шийдэж болох ч энэ тохиолдолд бүрдэл түр зуур ба хэсэгчлэн хийгүй болно.

Хөнгөнцагаан, төмрийн гидроксидоор үүсэх химийн бөглөрлийг цооногийн хүчлийн боловсруулалтаар (ихэвчлэн H_2SO_4 -өөр) арилгадаг. Бөглөрөл нэлээд ноцтой болж үйлдвэрлэлийн цооногийг бүхэлд нь ажиллагаанаас гаргасан бол шингэний урсгалын зайг багасгаж цооногийн ойрхон байрлуулах хэрэгтэй.

Шохойноос үүдэн дахин сэргээгддэггүй химийн бөглөрөл үүссэнээс болж их хэмжээний урсгалын алдагдал бий болсон бол давсны хүчил гэх мэт давстай уусмалыг хэрэглэх хэрэгтэй (зарим тохиолдолд цооногийн шүүлтүүр, бүрдлийг цэвэрлэхэд фторт устөрөгчтэй холимог хүчил сайн үр дүнтэй). 15-2% HCl-HF холимогийг ихэвчлэн хэрэглэнэ. Үүнийг газрын тос, байгалийн хийн үйлдвэрлэлд “Шавран-хүчил” гэж нэрлэдэг. Фторт устөрөгч маш аюултай. Аюулгүй байдлын зохих арга хэмжээ авч, хамгаалалтын хувцас, хэрэглэл өмсөн фторт устөрөгчтэй харьцаж ажиллана.

Дараах арга хэмжээнүүдийг ашиглан оролтын цооногийг механик бөглөрлөөс сэргийлж болно:

- Шахуургаар (насосоор) цооногийг тогтмол цэвэрлэж байх (уусмалыг бүрэн цэвэрлэх хүртэл);

-
- Флокулянт ашиглан (элсний шүүлтүүр, баригчийн тусламжтай) дахин ашиглагддаг шингэний жижиг хэсгүүдийг цэвэрлэх;
 - Полифосфатын уусмалаар цооногийн ойролцоох бүрдлийг боловсруулж тухайн хэсгийн шавар хольцуудыг цэвэрлэх;
 - Цооногоос ус шахуургадаг агаарын шахуургыг цахилгаан шахуургаар солих (жижиг хэсгүүдийн хэмжээг тодоорхойлохгүйгээр илүү цэгцтэй, гидродинамик хяналттай шахаж гаргах);
 - Оролтын цооногийн шүүлтүүрийн ажлын хэсгийн хэмжээ, уртыг нэмэх (шүүх чадлыг өсгөж даралтын градиентыг бууруулах, ингэснээр жижиг хэсгийн шилжилтээс сэргийлэх);
 - Гаралтын нэг цооног тутамд харгалзах оролтын цооногийн тоог нэмж өрөмдөх (ижил шалтгаанаар);
 - Урсгалын чиглэлийг өөрчлөх. Энэ тохиолдолд оролт, гаралтын цооногийн үүрэг солигдоно. Иймд цооногийг харилцан солигддог дизайнтай хийх шаардлагатай.

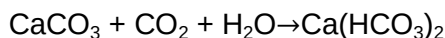
Уусгалтын янз бүрийн шатанд бүтээмжийг өсгөх, цооногийн үйлдвэрлэлийг сэргээх химийн аргуудыг Бүлэг 9-т оруулав.

1.5.3. Хийн бүрдэлтэй шингэний урсгал

Хүхрийн хүчлийн урвалж хэрэглэхэд үүсдэг нэлээд хэмжээний уусаагүй CaCO_3 -ын агуулга хийн (нүүрстөрөгчийн давхар исэл) фазтай бүрдэл үүсгэнэ. Ингэснээр түр зуурын бөглөрөлийг хурдасгадаг чулуулгийн эрдэстэй хийх харилцан үйлчлэл, шингэний тээвэрлэлтийг сулруулна.

Бүрдлийн даралт гаралтын цооногийн орчим дахь хийн уусалтыг ихэсгэх болон багасгасны дүнд газрын тос олборлоход хийн ангижралтай холбоотой хийгээр дүүрсэн шингэний тээвэрлэлтийн талаарх мэдээллийг ашигласан материалаас харж болно. ГДУО-д хүчлийн уусмал чулуулгийн карбонаттай химийн урвалд орж нүүрстөрөгчийн хэт исэл үүсгэнэ. Үүсэх хэмжээ, хурд нь хүчлийн агуулга, карбонатын даралт, мөн эрдэсжсэн усан давхаргын даралт, температураас хамаарна. Байгалиасаа оргилдог халуун рашаантай адилаар цооногоос хий агуулсан шингэн гэнэт оргилох үед энэ тохиолдол ажиглагддаг. Үйлдвэрлэлийн усан давхарга дахь шингэний баганы гипростатик даралт буурах, сул хий дэгдэх зэргээс үүдэн зарим тохиолдолд шахуургадсаны дараа ажиглалтын цооногоос тохиолдлоор оргилж гарах нь бий.

ГДУ нөхцөлд ангижирсан хий шингэнтэйгээ нэг чигт буюу гаралтын цооногийн чигт хөдөлнө. Үүний дүнд хуурай хөрсөн дэх хөдөлгөөний хурдыг даралтын градиент, чулуулгийн нэвчилтээр тодоорхойлно. Хий, шингэний дагалдах нөхцөл (ялангуяа химийн урвалын дүнд үүссэн хий бол) нийлмэл үзэгдэл болно. Энэ асуудлыг шийдэх судалгааны арга байхгүй [14]. Тус гарын авлагад оруулсан (Бүлэг 1, 1.5.2) хийн уусалтын хэмжээнүүд ойролцоолсон утгууд гэдгийг санах хэрэгтэй. Хий үүсэх урвал ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 = \uparrow\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \downarrow\text{CaSO}_4$) явагдах хугацаа хүдэр уусгах хугацаанаас их байна. Түүнээс гадна шинэ карбонатын эрдэс үүсэхэд нүүрстөрөгчийн хэт ислийн зарим хэсэг зарцуулагдаж болно:

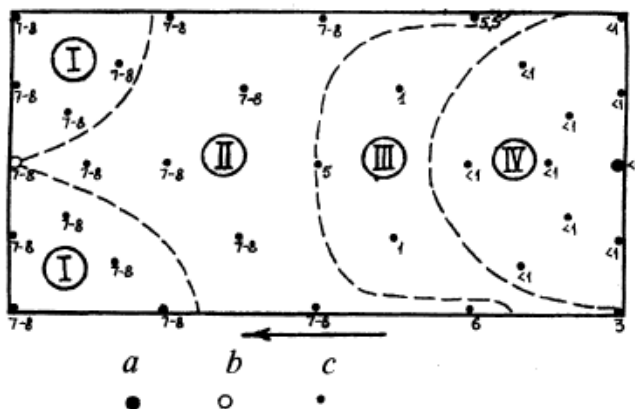


Даралт буурах үед зөвхөн уусаагүй нүүрстөрөгчийн хэт исэл ангижраад зогсохгүй дээрх урвалын өөрчлөлтөөс үүсэх хий бас ангижирна. Чулуулалт хийгээр дүүрсэн шингэний урсгал өсөж буурах шинжтэй байна. Хугацааны зарим үед ангижирсан хий шингэний урсгалыг хаах ба ингэснээр даралт ихэснэ. Үүний дараа хийн зарим хэсэг шингэн рүү дахин орох ба даралт буурах хүртэл шингэний хөдөлгөөн дахин шинэчлэгдсээр байна. Энэ тасалданги процесс хэсэг хугацааны турш үргэлжилж болно.

Үүссэн нүүрстөрөгчийн хэт ислийн хэмжээг урвалд орсон хүчил, карбонатын хэмжээгээр тодоорхойлно. Дээрх материалуудын агуулга их байх тусам хугацааны нэгж бүрт хийн ангижрал илүү их явагдаж усан давхарга дахь тээвэрлэлтийн хурд их болно. Ангижирсан хийн нэвчилтийн хурд уусгах шингэний урсгалын хурдаас их болно.

Хий ангижрах нөхцөлд [7, 11], жигдхэн тархсан CaCO_3 -тай, усанд автсан кварц элсэн дундуур хүхрийн хүчлийн уусмал урссаны дараах дөрвөн бүсийн бүрдлийг (Зур. 1.26) пьезометр тодоорхой харуулдаг. Пьезометрийг хөрсний тавиур дээр суурилуулсан байна. Зураг дээр хий эхлээд зайлуулах нэгжид хүрч очих хугацааны эгшинд дөрвөн бүсийн байрлалыг харуулж байна:

- I – сольсон усны бүс
- II – хийгээр дүүрсэн ус ба давстай уусмалын бүс
- III – хийгээр дүүрсэн хүчлийн уусмал, түүний урвалын бүтээгдэхүүний бүс. Энэ бол хүчил кальцийн карбонаттай урвалд орсноор үүсэх эрчимтэй хийн бүрдлийн бүс юм.
- IV -хүчлийн уусмал ба хийн фазгүй урвалын бүтээгдэхүүний бүс.



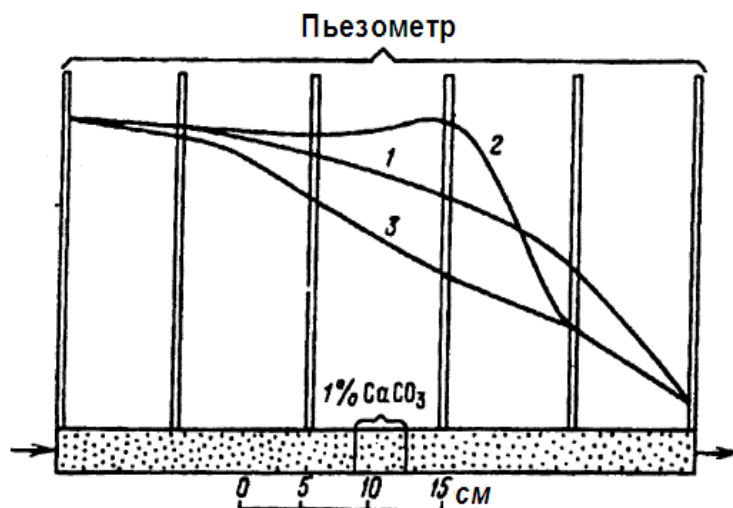
Зур. 1.26. Хий бүрэлдэх үед H_2SO_4 -ийн урсгалаар үүсэх бүс (CaCO_3 -ийн нэгэн төрлийн тархалттай): I -ус, II -ус+хий, III - H_2SO_4 уусмал+хий, IV - H_2SO_4 уусмал, а- оролтын цооног, b – гаралтын цооног, c – пьезометр. Сумаар урсгалын чиглэлийг, пьезометр дэх тоогоор pH-ийн хэмжээг үзүүлэв.

Хүхрийн хүчлийн шингэнээс өмнө нүүрстөрөгчийн давхар исэл хэсэгчлэн уусч HCO_3^- бикарбонатын ионууд усанд ихээр бий болно. Энэ орчин ГДУ-д зургаан валенттай уран их хэмжээгээр уусмал руу шилжин ороход түлхэц үзүүлж, дараа нь сул шүлтлэг, саармаг орчинд тогтвортой карбонатын комплекс хэлбэрээр гадарга руу зөөгдөхөд мөн нөлөөлнө.

Товчоор хэлбэл, их хэмжээний карбонат агуулсан хүдрийн биетийн хувьд хоёр шатаар ураныг уусгана. Эхний шат (карбонат) нь 2-р бүсэд (Зураг 1.7, 1.26) хамаарах бол хоёрдугаар шат (хүхрийн хүчил) 3, 4-р бүсүүдтэй холбогдоно.

Геологийн ба гидрогеологийн нөхцөл, хүхрийн хүчлийн агуулга, урсгалын хурд зэргээс хамааран бүхий л хугацааны туршид уусгах хоёр шат бие биенээ нөхөж, орлож болно. Оролт, гаралтын цооног хоорондоо зай ихтэй бол бүсүүдийн тархалтад нөлөөлж, тэдгээрийн хоорондох тодоорхой ялгааг арилгана. Энэ тохиолдолд нэг оройн цэгтэй (ураны агуулгыг илэрхийлдэг) С – муруй дээр маш урт буурах салаа ажиглагдаж болно. Энэ нь гарсан **металллын** агуулга, рН хоёрын бууралтыг харуулдаг.

Зураг 1.27-д кварц элсээр дүүргэсэн баганад давхарга дээр гаргаж авсан пьезометрийн муруйнуудыг оруулав. Баганын дунд хэсэгт CaCO_3 -ын 1%-ийн хольц байршуулна. Урсгалын эхний хэсэгт пьезометрийн (даралт) гадаргуугийн налуу муруй 1-д харгалзах зайлуулах өрөө рүү аажим чиглэнэ. Хүхрийн хүчлийн уусмал CaCO_3 -т хүрэх үед хийн ангижралаас болж төв пьезометрийн даралт огцом нэмэгдэнэ (муруй 2). Баганаас гарах шингэний бүтээмж огцом буурч тасалданги байдалд орно.

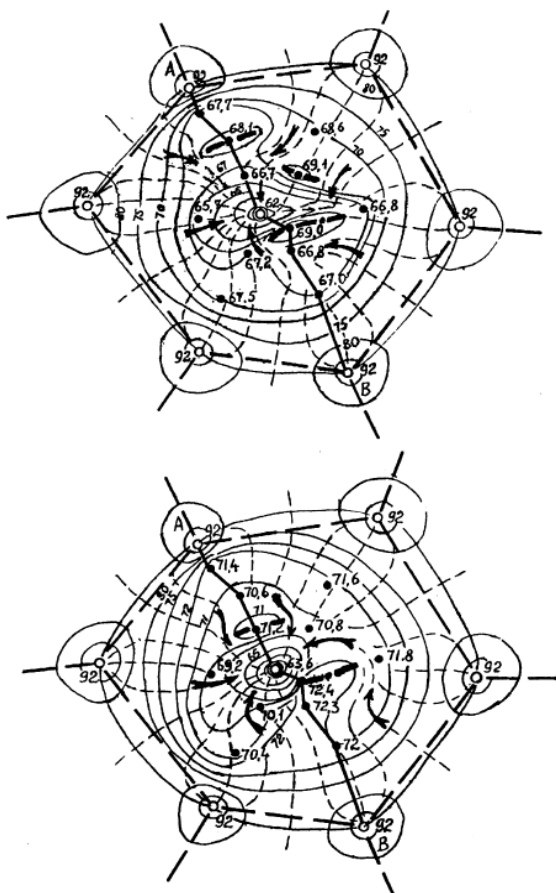


Зур. 1.27. CaCO_3 агуулсан элсэрхэг талбай дундуур урсах хүхрийн хүчлийн уусмалын пьезометрийн муруй: 1 – урсгалын эхний хэсэгт, 2 – хүчил карбонатын бүсэд хүрэхэд, 3 – туршилтын ажлын сүүл хэсэгт.

Заримдаа хийн даралт өссөнөөс болж баганын зүүн талд шингэний урсгал эсрэг чигт урсах тохиолдол бий. Уусгалт, хийн ангижрал хоёр явагдаж дууссаны дараа шингэний урсгал дахин сэргэнэ (муруй 3). Хими, физикийн

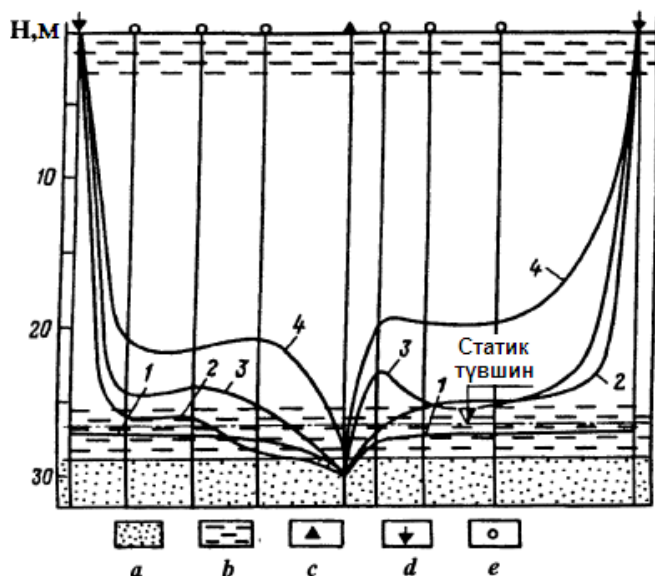
процессын нөлөөгөөр нэвчилт илүү нэгэн төрөл болсныг эхний (1) ба эцсийн (3) муруйн хазайлт харуулна.

Газар дор уусгах талбайд ижил загварууд ажиглагддаг. Төв гаралтын цооногтой бүрдлийн хувьд пьезометрийн муруй, урсгалын сүлжээ хоёрыг Зураг 1.28, 1.29 дээр үзүүллээ. Хийн бүрдлээс үүсэх өндөр оройн хэсгүүдийг тодоорхой харж болно. Талбай дундуур хий үүсгэх идэвхтэй бүсүүдтэй адил урсгалын хурд нь буурсан бүсүүд гаралтын цооногийн чигт (сард хэдэн метр хурдтай) аажим хөдөлнө. Шингэний урсгалын шугам карбонатын бага агуулгатай газар руу чиглэсэн хийн хаалтаас холдож муруйна. Цооногийн нийт бүтээмж огцом буурч хийн хаалтууд алга болсны дараа эргэж сэргэнэ. Судалгааны үр дүнгээс харахад $\text{CaCO}_3 0.3\%$ -аас бага агуулгатай, $\text{H}_2\text{SO}_4 3\text{г/дм}^3$ -ээс их агуулгатай, ердийн атмосферийн даралт, температур ($+20^\circ\text{C}$)-тай байхад нүүрстөрөгчийн давхар ислийн хий ялгарна. Харилцан үйлчилж буй бүрэлдэхүүнүүдийн аль нэгийн агуулга бага байхад хийн фаз үүсэхгүй. Энэ тохиолдолд ялгарсан хийн нийт хэмжээ уусах хязгаараас давахгүй. Лабораторийн нөхцөлд, уусах ба шилжих хурдаасаа давсан хийн ангижрах хурдны улмаас дээр дурдсан утгаас бага (ойролцоогоор $\text{CaCO}_3 0.2\%$, $\text{H}_2\text{SO}_4 2\text{ г/дм}^3$) байхад хий ангижирч болно. Атмосферын даралтаас давсан орчны даралттай байдаг усан давхаргыг газар дор уусгахад эхлээд CaCO_3 , H_2SO_4 -ийн утга хамгийн их байхад хийн ангижрал ажиглагдана. Атмосферын даралтаас 10-15 дахин их байдаг усны баганын гидростатик даралт гол төлөв шингэн дэх хийг хадгалахад чухал ач холбогдолтой. Иймд ангижирсан нүүрсхүчлийн хий ихэвчлэн гаралтын цооногт гарч ирнэ. Конус бууралт гүн болоход давхаргын шингэний даралт критик утгаасаа багасах ба хий уусдаггүй төлөвтөө үлдэж чадахгүй ангижирна. Карбонатын өндөр агуулгатай чулуулгаар хашигдсан, орой хэсэггүй эсвэл бага оройтой зарим усан давхаргуудад хийн илрэл их байх учир ГДУО талбайн төлөвлөлт хийхдээ тооцох хэрэгтэй.



Зур.1.28. Уусгалтаас (а) – 12, (b) – 16 сарын дараах карбонатын өссөн агууламжтай талбайд ангижирсан хийтэй хүүхрийн хүчлийн урсгалын өөрчлөлт; цооногууд: 1 – оролтын, 2

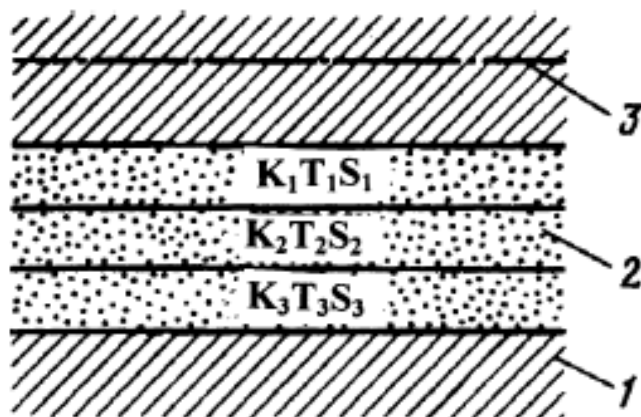
– гаралтын, 3 – ажиглалтын, 4 – тэнцүү оройтой шугам, 5 – урсгалын шугам, 6 – геометр бүрдлийн зураглал, 7 – хийнээс үүсэх хаалт, 8 – шингэний хөдөлгөөний чиглэл (сумаар). Тоонууд – пьезометрийн өндрийн тэмдэглэгээ.



Зур.1.29 Хий үүсэх үеийн цооногийн загвар дахь пьезометрийн түвшний өөрчлөлт /AB-цэгт/: 1 – төв цооногоос шахаж гаргасан шингэн, 2, 3, 4 – туршилт эхэлснээс хойш харгалзан 4, 12, 16 сарын дараах хүхрийн хүчлээр уусгасан байрлал, а – хүдэр агуулсан элс, б – шаварлагдаварга, с – гаралтын цооног, d – оролтын цооног, e – ажиглалтын нүх, Н – гүн.

1.5.4. Уусгах үед уусмал шингэрэх

Геологийн хэсгийн нэгэн төрөл бус байдал уусгагч шингэний ураны агуулгад хүчтэй нөлөөлнө. Хүдэр усан давхаргын багахан хэсгийг гол төлөв агуулдаг (Зураг 1.30). Уусгагч шингэн бүх нэвтрүүлдэг чулуулагт хүрнэ. Ялангуяа цооногууд бүхий л **горизоньхоо** дагуу шүүгддэг бол бүх нэвтрүүлдэг чулуулагт хүрнэ. Шахуургадах (насосдах) процессын үед байгалийн ус төдийгүй тухайн усан давхарга дахь ашиггүй талбайгаас гарч ирэх чанар муутай шингэн уусгагч уусмалыг шингэрүүлдэг.



Зур. 1.30. Уусмал дахь ураны дундаж агуулгыг үнэлэх тооцооны жишээ: 1 – нэвтрүүлдэг чулуулаг (элс), 2 – нэвтрүүлдэггүй чулуулаг (шавар), 3-пьеозометрийн түвшин

i – дугаар давхаргын шингэний урсгалын хурдыг Дарсигийн хуулиар тодоорхойлно:

$$V_i = K_i \frac{\Delta H}{1}$$

Мөн урсгалын хувийн хурдыг дараах томъёогоор олно:

$$q_i = K_i \cdot T_i \frac{\Delta H}{1}$$

Бүх **горизоны** хувьд нийт урсгалын хувийн хурд:

$$q_i = K_{\text{дундаж}} \cdot T \frac{\Delta H}{1}$$

$$K_{\text{дундаж}} = \frac{K_1 T_1 + K_2 T_2 + \dots + K_n T_n}{T_1 + T_2 + \dots T_n}$$

$K_1, K_2, \dots K_n$ – гидравлик дамжуулал, $T_1, T_2, \dots T_n$ – дан давхаргын өргөн.

Гидродинамикийн хуулийн дагуу ус дамжуулах чадвараасаа хамаарч урсгалын хурд дан чулуун давхаргад тархана. Нөгөө талаас, $q_1 : q_2 : q_3 \dots = K_1 T_1 : K_2 T_2 : K_3 T_3$ юм.

Иймд босоо чиглэл дэх үйлдвэрлэлийн уусмал шингэрэх нь уусгах (хүдэр, ашиггүй чулуулаг гэсэн) хоёр давхаргатай бүтцийн хувьд хамгийн түгээмэл тохиолдол юм. Үүнийг дараах замаар тодоорхойлно:

$$N = \frac{KT}{K_0 T_0} = \frac{K_n T_n + K_0 T_0}{K_0 T_0} = \frac{K_n T_n}{K_0 T_0} + 1,$$

K, K_0, K_n нь хүдрийн ба хүдрийн бус усан давхаргын гидравлик дамжуулал, T, T_0, T_n тэдгээрийн харгалзах өргөн.

Энэ тохиолдолд гаралтын цооног дахь олборлосон **металллын** агуулга:

$$C = \frac{C_0}{(K_n T_n / KT) + 1}$$

C_0 – хүдэр агуулсан давхаргаас гарсан шингэн дэх олборлосон **металллын** агуулга.

Харин олон давхаргатай тохиолдолд:

$$C = \frac{K_1 T_1 C_1 + K_2 T_2 C_2 + \dots + K_n T_n C_n}{K_i T_i + K_2 T_2 + \dots K_n T_n} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i T_i C_i}{KT}$$

$C_1, C_2, \dots C_n$ бол давхаргуудаас гарган авсан **металллын** агуулга (Зур. 1.30).

Хүдэр агуулагч давхаргад цооногийн шүүлтүүрийг байрлуулснаар (усаар хашигдсан чулуун давхарга, мөн усан давхаргын зарим хэсгээр хүдрийн биет хашигдсан үед) давхаргын өргөний дагуу алдагдах шингэний алдагдлыг зарим тохиолдолд хязгаарлаж болдог. Гэвч энэ нь ховор тохиолдоно.

Лабораторийн өгөгдөл дээр суурилан туршилтын талбайн үр ашгийг урьдчилан тооцохын тулд уусгагч шингэний эзлэхүүнийг зөв тогтоох нь чухал. Үүнтэй адилаар үйлдвэрлэлийн байгууламж барих Эхний Төлөвлөлтөд туршилтын талбайн мэдээллийг авч үзнэ.

Уусгах хүдрийн массын нэгж тутам дахь уусгах шингэний харьцангуй эзлэхүүнийг уусгах хугацаа, хүчлийн зарцуулалт, шингэнээс гаргах **металллын** дундаж агуулга, гадарга дээрх боловсруулах байгууламжийн хүчин чадал зэргээс хамааруулан тогтооно.

Түүнчлэн, лабораторийн урсгалын туршилтаар тодоорхойлж болдог шингэний эзлэхүүн болон бусад холбогдох параметрууд тухайн хүдрийн массад тун чухал үзүүлэлтүүд юм. ГДУО-д талбайн мэдээлэл эрдэсжсэн усан давхаргын бүх өргөнд тохирч байх ёстой. Давхаргуудын аль нэг дээр үндэслэн нийт горизонт ($L/S_{\text{нийт}}$) дагуух харьцангуй эзлэхүүний тоон утгыг тооцоолохын тулд дараах илэрхийллийг ашиглана:

$$\frac{L}{S_{\text{нийт}}} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{\frac{K_1 T_1 + K_2 T_2 + \dots + K_n T_n}{K_1 T_1}}{\frac{T_1 \gamma_1 + T_2 \gamma_2 + \dots + T_n \gamma_n}{T_1 \gamma_1}} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{\gamma_1}{K_1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n K_i T_i}{\sum_{i=1}^n T_i \gamma_i}$$

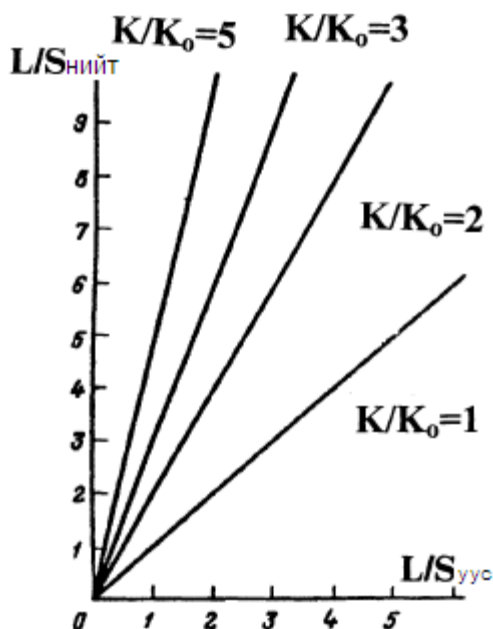
i – дугаар давхарга бүрийн эзлэхүүний масс.

Салангид давхаргуудын эзлэхүүний масс ижил тохиолдолд, $L:S_0 = L:S_1$ болох ба дээрх илэрхийллийг хялбарчилж болно:

$$\frac{L}{S_{\text{нийт}}} = \frac{L}{S_0} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n K_i T_i}{K_0 T} = \frac{K}{K_0}$$

$L:S_0$ - хүдрийн давхаргын хувьд тодоорхойлсон хатуу, шингэний харьцаа.

Зур.1.31. Усархаг давхаргын нэвчилт K ба хүдрийн **завсарын** нэвчилт K_0 хоорондын янз бүрийн харьцаанд $L/S_{\text{уус}}$ – аас хамаарах $L/S_{\text{нийт}}$ хамаарал



Хүдрийн ба хүдрийн бус нэвтрүүлдэг чулуулаг хоорондын эзлэхүүний массын зөрүү 6% - ийн хязгаар дотор байвал тооцооноос гарах алдаа 5%-иас хэтрэхгүй байх ёстой. Иймд, $L/S_{\text{нийт}}$ хэмжээ L/S_0 хэмжээтэй төдийгүй усан давхарга, түүний хүдрийн **завсарын** гидравлик дамжууллын харьцаатай шууд пропорционал хамааралтай байна (Зур.1.31).

$L/S_{\text{нийт}}$ – ийг тооцох нарийвчлалыг сайжруулахын тулд чулуулгийн гидравлик дамжууллыг ашиглах хэрэгтэй. Үүнд урвалжтай харилцан үйлчлэх процессын үед тэдгээрийн өөрчлөлтийг тооцохдоо гидравлик дамжууллыг ашиглана. Уусгах процессын хувьд ерөнхий хамаарал гарч ирэх ба урвалж, олборлосон бүрэлдэхүүний шинж чанараас хамаарч өөрчлөгдөхгүй. Эндээс харвал ГДУО-оор зорьж буй ордын хувьд агуулагч усан давхаргын бүх өргөн, хүдрийн завсрын өргөн, гидравлик дамжууллыг тодоорхойлох нь зөв болох нь батлагдаж байна.

Түүнээс гадна, байгалийн ус нь уусмалыг шингэрүүлдэг. Талбайн цооногууд тэнцвэртэй ажиллаж байх үед (оролтын, гаралтын шингэн хоорондоо тэнцүү байхад) талбайн хязгаараас гарсан урвалж шингэнийг нөхөхийн тулд байгалийн ус талбайн хязгаарын гадна талаас орж ирнэ. Тэдгээрийн хооронд оролтын цооногийн хоёр, гаралтын цооногийн нэг эгнээ байхад оролтын шингэний гуравны нэг хэвтээ чигт нэвчиж алдагдана. Үүний зэрэгцээ цооногийн гадна талаас ижил хэмжээний байгалийн ус орж ирнэ. Ингэснээр үйлдвэрлэлийн уусмалыг шингэлж тэнцвэрийг хадгална.

Оролт, гаралтыг харилцан сольж болдог цооногийг их хэмжээгээр ажиллуулж байгаа бол урсгалын чиглэл алдагдах, шингэрэх үзэгдэл зөвхөн гадаад хилийн дагуу тохиолдоно. Гэвч энэ тохиолдолд шингэрэх үзэгдэл маш бага байна.

Гаралтын шингэний хэмжээ дахин ашиглагддаг оролтын шингэний хэмжээнээс их болж шингэний тэнцвэр алдагдвал тэнцвэрийг сэргээхэд тухайн газрын конус бууралт үүснэ. Энэ нь цооногийн талбай дахь ажлын хязгаараас гарах уусмалын алдагдлыг багасгадаг ач холбогдолтой. Мөн энэ процессыг хэрэглэснээр байгалийн усны урсгал нэмэгдэж уусгах шингэний шингэрэх байдал нэмэгдэнэ.

Талбайн цооногийг ажиллуулах, ажиллагаанаас гарсны дараа хаягдлыг цуглуулах, цэвэрлэх үеэр бас шингэний сөрөг тэнцвэр үүсэж болно. Тухайлбал, ГДУО ажиллагааны шингэнийг дахин ашиглаж уусгахаар бэлтгэж буй шинэ талбайд оруулж болно. Шинэ талбайг идэвхгүй хүчилшүүлэхэд ашиглана. Мөн шахуургадаж эхлэхээс өмнө хэсэг хугацааны турш оролтын шингэнийг тухайн шинэ талбайд үлдээж болно. Энэ нь эхний цооногт сөрөг тэнцвэр үүсгэнэ.

1.5.5. Урсгалын хойно үйлдвэрлэлийн шингэн хоцрох

Шингэний ерөнхий урсгалын ард үлддэг нь хүхрийн хүчлээр уусгах шингэний урсгалын гол онцлог болдог. Энэ нь хүчил эрдэстэй урвалд орж хэсэгчлэн саармагжиж уусгах шингэний урд хэсэгт өндөр рН-тай бүс үүссэнээс болж бий болдог. Их хэмжээний рН ураны нэгдлүүдийг

тунадасжуулж улмаар хоёрдогч баяжилтын хөдөлгөөнт бүс бий болгоно (Бүлэг 1.4).

Зарим тохиолдолд урвалд ордоггүй шингэний (ус-газрын тос гэх мэт) хөдөлгөөнийг тооцох гидрогеологийн тооцоонд нүх сүвний эзлэхүүнийг өөрчилдөг бүлүүр хэлбэрийн сольж байршуулах схемийг ашиглана. Ийнхүү хялбаршуулсан нөхцөлд урсгалын жинхэнэ хурд, $v: p_a \text{ болно. } v$ - Дарсигийн хуулиар тооцоолсон хурд, p_a - идэвхтэй нүх сүв.

Давхарга бүрийн хувьд уусгах урвалжийн хөдөлгөөний хурдыг V/P_e харьцаагаар олно, P_e – уусгах шингэн ба хүдрийн химийн харилцан үйлчлэлийг тооцоход ашигладаг ашигтай нүх сүвний хэмжээ.

Ерөнхий урсгалын ард үлддэг уусгах шингэний хоцролыг дараах байдлаар тооцоолно:

$$V/P_a \cdot t - V/P_e \cdot t = Vt(1/P_a - 1/P_e)$$

Эндээс хоцрох хугацаа L/V : $P_a - L/V$: $P_e = L/V(P_a - P_e)$.

Хоцрох хугацаа чулуулаг дахь хүчлийн агуулга, зарцуулалтаас шалтгаална. Хүчлийн агуулга бага, зарцуулалт их байх тусам уусмал, байгалийн ус хоорондын хурдны зөрүү их байна. Иймд практик дээр нүх сүвэрхэг орчны микро сарнилын улмаас бүлүүр хэлбэрийн сольж байршуулах схемд бас гажилт ажиглагддаг. Түүнчлэн уусгах шингэн, сольсон байгалийн ус өөр өөр физик шинж чанартай байх учир гравитацийн өөрчлөлт гэх мэт нэмэлт бэрхшээлүүд ч үүснэ. Түүнээс гадна чулуулгийн нэг давхарга хуурч алга болсон эсвэл нэмж үелэн хуралдсан, мөн чулуулаг нэгэн төрлийн бус нэвтрүүлэлттэй бол хүчтэй, макро гидравлик сарнил бий болгоно. Энэ нь уусгах шингэний хилийг шавар болгож бохирдуулдаг. Уусгагч шингэн давхарга дундуур урсах шингэнээс илүү удаан хөдөлж байх үед зарим хэсэг хурдасч, түрүүлж хүрнэ. Тухайн хүдрийн төрөл, агуулгыг нь тохируулсан урвалж бүрийн хувьд уусгах шингэний эхний ашигтай ажил хийх агуулгатай хилийн хөдөлгөөний хурдыг тодоорхойлох, түүнчлэн судалж буй (Хэсэг 1.4-ийг харах) ордын характеристикаас хамаарах шингэний урсгалын хамаарал зэргийг судлах туршилтын үнэлгээнд дээр үзсэн процессуудын нийлбэр эффектийг тооцно.

БҮЛЭГ 1-ИЙН АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] BELETSKY, V.I., BAKHUROV, B.G., SADYKOV, R.K.H., On alteration of permeable properties of rock in uranium ISL by sulphuric acid, Atomnaja Energija 31 5(1971) 518–520.
- [2] VERIGIN, N.N., “On kinetics in dissolution of salts at filtration through soil”, Dissolution and Leaching of Rock, M. Gosstroyizdat (1957).
- [3] SMIRNOV, I.V., EFIMOVA, Z.A., SKOROVAROV, J.I., et al., Hydrometallurgical Treatment of Uranium Minerals (J.I. Skorovarov, Ed.), M. Atomizdat (1979).
- [4] Uranium Mining by ISL (V.A. Mamilov, Ed.), M. Atomizdat (1980).
- [5] ISTOMINA, V.S.b, Filtration Stability of Soil.
- [6] LOGINOV, V.G., MALYSHEV, L.G., GARIFULLIN, SH.L., Manual for Acid Treatment of Wells. M. Nedra (1966).
- [7] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., No-Mine Development of Ore Deposits, M. Nedra (1986).
- [8] PERELMAN, V.I., Concise Manual for Chemists, M.: Goskhimizdat (1963).
- [9] POL’KIN, S.I., Enrichment of Rare Earth Ores and Placers, M. Nedra (1967).
- [10] PRIKLONSKI, V.A., Science of Soils, M. Gosgeolizdat 1 (1955).
- [11] PYKHACHEV, G.B., ISAEV, R.G., Underground Hydraulics, M. Nedra (1983).
- [12] Manual on Solubility, L. Nauka 1,2,3, Binary, Ternary and Multicomponent Systems (1969–1970).
- [13] Manual on Uranium Geotechnology (J.I. Skorovarov, Ed.), M.: Energoatomizdat (1997).
- [14] Chemist’s Manual, L/M. Goskhimizdat 1, 2nd edn (1962).
- [15] Hydrogeologist’s Manual (V.M. Maksimov, L.: Nedra, Eds), 1&2 (1979)

БҮЛЭГ 2. ГДУО ГЕОЛОГИ, ГИДРОГЕОЛОГИЙН НӨХЦӨЛ

2.1. ГДУО БОЛОХ ОРДЫН АНГИЛАЛ

Ордын гарал үүсэл, агуулагчийн бүрдэл, литологи-геохими, гидрогеологийн ба бүтцийн шинж чанар, бусад шалгууруудаар үндэслэн ураны ордыг ангилах хэд хэдэн систем байдаг [2, 3-7, 10-13, 15,17,18]. Энэхүү гарын авлагын хувьд ГДУО технологиор үйлдвэрлэл хийгдэж буй ордуудыг хамгийн их авч үзэв. ГДУО олборлож болох ордын ашиглалтын үнэлгээг уусгах шингэн, агуулагч чулуулаг, хүдэр хоорондын харилцан хамаарлыг тодоорхойлдог геологи, гидрогеологийн хэд хэдэн факторын тооцоон дээр үндэслэж хийнэ. Энэ тохиолдолд ордын геохимийн нөхцөлийг чухлаар авч үзнэ.

Газрын гадаргаас өрөмдсөн цооног ашиглан гаргаж авдаг ураны ордууд гол төлөв тунадасжсан сав газрын усан давхаргад тааралддаг экзогенит (гадаргуугаас дотогшоо чиглэсэн) элсэн чулуун орд байдаг. Гарал үүсэл, хүдрийн тогтцоор нь хүдрийг ролл фронт хэлбэрийн ба хүснэгт хэлбэрийн гэж хоёр бүлэгт хуваана. Гэвч хүдэр ба агуулагч чулуулгийн найрлагаараа хоёр бүлэг хоорондоо их төстэй. Харин хүдрийн биетийн морфологи, хэмжээ, нэвчилт, гидрогеологийн нөхцөл зэргээрээ ялгаатай байна. Мөн ГДУО технологиороо бие даасан хоёр ордын төрөл байдаг [14]. Исэлдсэн бүсээс багассан чулуулагтай (Хэсэг 1.2.-ыг харах) хэсэг рүү уран агуулсан гүний ус шилжих геохимийн харилцан үйлчлэлийн цэгт энэ хоёр төрөл гарч ирнэ. Исэлдсэн бүсийн зааг, мөн усан давхаргын литологийн ба нэвчилтийн үзүүлэлтүүдээр хүдрийн биетийн морфологи, тэдгээрийн босоо, хэвтээ заагийг нарийн тодоорхойлдог.

Ролл фронт хэлбэрийн ордууд ГДУО технологиор гаргаж авч болох хамгийн тохиромжтой ураны орд юм. Хамгийн энгийн хэлбэртэй хүдрийн биет нэгэн төрлийн литологи, нэвчилттэй элсэнд үүссэн сонгодог ролл фронт хэлбэрээр тохиолдоно. Усархаг давхаргын агуулагчууд далай, далайн эргийн эргэн тойронд хуримтлагдсан нарийн ширхэгтэй, сайн ялгагдсан элснээс тогтоно. Нэгэн төрлийн бус литологитой, өөр өөр нэвчилттэй, ус агуулсан, саарал өнгийн горизонт нь янз бүрийн хэмжээтэй тунамал шавар (аллювиал) – аас тогтсон байна.

Аллювиал-деллювиаль, пролювиаль комплексэд хуримтлагдсан цоохор тунадаст тааралддаг усан давхарга дахь хүдрийн орд илүү төвөгтэй хэлбэртэй байна.

Исэлдэл-металл гаралтын өөр өөр нөхцөлд янз бүрийн чулуулаг агуулсан олон тооны усан давхаргатай томоохон ролл фронт хэлбэрийн ордод дээрх гурван төрлийн ураны орд тааралдана.

Хүдэр агуулагч тунадасны найрлагаас хамаарсан элсэн чулуун ураны ордын үзүүлэлтүүдтэй холбоотой усан давхарга, хүдрийн биетийн морфологи, агуулагч горизонтын литолог-нэвчилтийн үзүүлэлтүүдийг Хүснэгт 2.1-д үзүүлэв. Энэ төрлийн ордын ангилал ГДУО үйлдвэрлэлийн ажлын шаардлагуудыг гаргахад чухал үүрэгтэй .

Хүснэгт 2.1 ГДҮО олборлох боломжтой
элсэн чулуун ураны ордын ангилал [1, 8, 9, 14]

Агуулагч чулуулаг ба гадаад байд- лаар ангилсан бүлэг	Индекс	Хүдрийн биетийн морфологи, агуулагч горизонтын литологи, нэвчилт									
		Хүдрийн ордын хэлбэр, хэмжээ				Литологи, нэвчилтийн шинж чанар					
		төлөөлөлтөд	өргөн,м	талбайд	$T_0T_{нийт}^*)$	төлөөлөлтөд	Нэвчилтийн коэф., м/өдөр	Хазайлтын коэф.	талбайд	Элсний өргөн/ нийт өргөн	Нэвчил-тийн эсрэг коэф.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. Далай, далайн эрэг хавийн элсэн тунадасаар хашигдсан ордууд	a	Шугаман хилтэй, энгийн бүтэцтэй үе хэлбэрийн сунаж тогтсон орд	100-аас дээш	Дээш, доошоо салаалсан салаатай сунаж байрласан нэгэн төрлийн өргөнтэй линз хэлбэртэй	0.9- 0.7	Нэгэн төрлийн үзүүлэлттэй элсэн орчин	20-12	20-40	Ширхгийн хэмжээ, ховор хайрганы төрлөөрөө нэгэн төрөл	1-0.95	1-0.9
	b	Нэг төрлийн хилтэй, харьцангуй энгийн бүтэцтэй хавирган сар хэлбэрийн хүдрийн орд	100-аас 300-500 хүртэл	харьцангуй энгийн бүтэцтэй ролл фронт, салангид томоохон линз	0.7- 0.9	Аргиллит рүү шилждэг янз бүрийн ширхэгтэй элсэн орд	15-7	40-70	Ширхгийн хэмжээ, аргиллит, элсэн чулуу агуулалт, төрлөөрөө нэгэн төрөл	0.95- 0.80	0.9-0.7
		Төвөгтэй бүтэцтэй энгийн линз буюу гүдгэр хэлбэртэй орд	25-50- аас 150- 200 хүртэл	Янз бүрийн өргөнтэй линзэн дээр байрласан нэгэн төрөл	0.2- 0.05	Аргиллит, элсэн чулуу, хайрган тунадаснууды н талбай дээрх элсэн линзэн орд	20-0.1	150-200	Янз бүрийн хэмжээтэй элсний бага хэмжээний линзэн ордтой аргиллит, шаварлаг элсэн чулуу	0.40- 0.20	0.4-0.2

Агуулагч чулуулаг ба гадаад байдлаар ангилсан бүлэг	Индекс	Хүдрийн биетийн морфологи, агуулагч горизоны литологи, нэвчилт									
		Хүдрийн ордын хэлбэр, хэмжээ				Литологи, нэвчилтийн шинж чанар					
		төлөвлөлтөд	өргөн, м	талбайд	$T_0/T_{\text{нийт}}^*)$	Төлөвлөлтөд	Нэвчилтийн коеф., м/өдөр	Хазайлтын коеф.	талбайд	Элсний өргөн/ нийт өргөн	Нэвчил-тийн эсрэг коеф.
III. карбонатлаг IV, карбонатлаг элс агуулсан голын тунамал болон голын бялхмал чулуулгийн бага агуулгатай хүдэр бүхий хүдрийн ордууд	a	Төвөгтэй бүтэцтэй энгийн линз буюу гүдгэр, зарим тохиолдолд хавирган сар хэлбэртэй хүдрийн биет	25-50-аас 150-300 хүртэл	Талбай дундуур жигд бус тархсан нарийхан линз хэлбэртэй	0.2-0.1	Карбонатлаг элс болон аргиллитийн талбай дээрх карбонатлаг элс, хүрэн нүүрсний нарийхан линз хэлбэртэй орд	10-0.1	150-200	Карбонатлаг элс, хүрэн нүүрс, шаварлаг болон аргиллитлаг элс, элсэн чулуу, алевроит, шавар	0.40-0.20	0.5-0.2

*) – хүдрийн өргөний нийт өргөнтэй харьцуулсан харьцаа

Хүснэгт 2.2. Газар дор хүхрийн хүчлээр уусгахтай холбоотой геологи- гидрогеологийн нөхцөл

ГДУО процесст нөлөөлөх хүчин зүйлүүд	Уусгах нөхцөлийн үзүүлэлтүүд		
	Маш тохиромжтой	Тохиромжтой	Тохиромжгүй
1	2	3	4
Хүдрийн литологийн найрлага	Шаварлаг – аргиллит 10%-аас бага байх сайн ялгарсан хайрга – элсэн тунамал чулуулаг	Шаварлаг – аргиллит 20-30% -аас бага байх янз бүрийн, дундаж, нарийн ширхгээрээ ялгарсан элс	Шавар, аргиллит 20-30% -аас их байх янз бүрийн, дундаж, нарийн ширхгээрээ ялгараагүй элс
Хүдрийн химийн төрөл	Хөнгөнцагааны силикат(SiO_2 –ийн агууламж 80%-иас их)	Хөнгөнцагааны силикат (SiO_2 –ийн агууламж 60%- 80%)	2% - аас дээш (CO_2) карбонатын агуулгатай карбонат-хөнгөнцагааны силикат
Хүдрийн эрдсийн бүтэц	Ураны эрдсүүд нь нарийн тархсан ураны оксид болон коффинит байдлаар тааралдана. Хүдрийн бүтэц шингэний нийлмэл буюу сарнисан хэлбэртэй байна.	Ураны оксид, коффинит сайн ялгарснаар ураны эрдсүүд бий болно. Хүдрийн бүтэц нэвчихийн тулд шингэний нийлмэл буюу сарнисан хэлбэртэй байна.	органик материал, сульфид нэгдсэн газарт уран нь анхдагч уран ба уран агуулсан эрдэс хэлбэртэй байна. Хүдрийн бүтэц шингэний нийлсэн, нэвчсэн, цоохортсон байна.
Гидравлик дамжуулал, м/өдөр	Өндөр нэвчилттэй хүдэрт; гидравлик дамжуулал 5м/өдөр-өөс их	Дунд зэрэг нэвчилттэй хүдэрт; гидравлик дамжуулалт 1- 5м/өдөр хүртэл	Нэвчилт багатай чулуулагт; гидравлик дамжуулалт 1м/өдөр-өөс бага
Хүдрийн нэвтрүүлэл, м ² /өдөр	100 - аас их	10-100	5-аас бага
Хүдрийн биет, хүдэр агуулагч горизоны ус дамжуулах харьцаа	0.2 -оос их	0,1-0,2	0.1-ээс бага
Ашигт усан давхаргын өргөн, м	10 хүртэл	10-30	30-аас их
Ашигтай өргөн, хүдрийн өргөн хоёрын харьцаа	5-аас бага	5-10	10-аас их
Хүдрийн биетийн гүн, м	100 хүртэл	100-500	500-700-гаас их
Гадаргаас доош статик түвшний оройн гүн, м	10 хүртэл	10-100	100-гаас их
Хүдэр дэх усны хүрэлцээ (бүтээмж), л/с	0.5-аас их	0.1-0.5	0.1 – ээс бага

ХҮСНЭГТ 2.2 (үргэлжлэл.)

ГДУО процесст нөлөөлөх хүчин зүйлүүд	Уусгах нөхцөлийн характеристикүүд		
	Маш тохиромжтой	Тохиромжтой	Тохиромжгүй
1	2	3	4
Гаралтын цооногийн бүтээмж, м ³ /цаг	10-аас их	3-10	3 – аас бага
Ашигтай усан давхаргын дээд, доод хэсгийг хашдаг тогтмол ус	Горизоны дээд, суурь хэсгийг хашдаг тогтмол ус	Горизоны суурь хэсгийг хашдаг тогтмол ус	хашдаг тогтмол ус байхгүй
Нэвчилтийн нэгэн төрөл байдлын коэффициент	0.75-аас их	0.25-0.75	0.25 – аас бага
Усархаг давхарга дахь хүдрийн биетийн байдал	ёроолд	дунд хэсэгт	дээд хэсэгт
Хүдрийн биетийн өргөн,м	100-аас их	50-100	50 – аас бага
Хүдрийн гарц, кг/м ²	5-аас их	1-5	1 – ээс бага
Нэвтрүүлдэг ураны нөөц, %	80-аас их	60-80	60 – аас бага
Хүдэр дэх карбонатын агуулга (CO ₂),%	1 – ээс бага	1-2	2-оос их
Хүдэр дэх сульфидийн агуулга, %	2 – аас бага	2-4	4-өөс их
Гүний усны нийт эрдэсжил, г/дм ³	1 – ээс бага	1-10	10-аас их
Гүний усны температур, С ⁰	30-аас их	10-30	10 – аас бага

2.2. ГДУО ПРОЦЕССЫН ГИДРОГЕОЛОГИЙН НӨХЦӨЛ

Газар дор уусгаж болох ордыг тодоорхойлдог чухал факторуудын нэг нь гидрогеологийн таатай орчин юм. ГДУО процесст нөлөөлдөг гидрогеологийн факторуудад:

- Гидрогеологийн бүтэц
- Усан давхаргын тоо, шинж чанар
- Тэдгээрийн усны эх үүсвэр
- Газрын гадаргаас доош усны статик түвшний гүн
- Усан давхаргын дээд хэсгээс дээш тэдгээрийн байрлал (оройн цэг)
- Гүний усны хөдөлгөөний хурд, чиглэл
- Агуулагч чулуулаг, хүдрийн шинж чанарыг дамжуулдаг ус ба тэдгээрийн өргөн орно.

Усан давхарга хашдаг ус, гүний усны химийн найрлага, температур хоорондын гидравлик холбоос бас чухал үүрэгтэй. Дээр дурдсан ГДУО процесст нөлөөлдөг чухал факторуудыг Хүснэгт 2.2-т нэгтгэн орууллаа.

ГДУО аргад хамгийн тохиромжтой ордод усанд нэвчсэн элсэн чулуун ордууд ордог. Ролл фронт хэлбэрийн ордод ураны өндөр агуулгатай хэсэг хүдэр агуулагч чулуулгийн горизонтын дунд хэсэгт (босоо) байна. Энэ бүсийн нэвтрүүлэлт ордын салааг агуулсан чулуулгийн нэвтрүүлэлтээс их байна. Шавар гэх мэт маш нарийн ширхэгтэй материалын агуулга өндөртэй чулуулагт ордын салааг агуулсан чулуулаг ихэвчлэн тохиолдоно. Хүдрийн гарал үүслээс хамаарч нөөцийн ихэнх (70-90%ба түүнээс дээш) хэсэг нэвтрүүлдэг чулуулагтаа байрласан байдаг учир ГДУО аргаар амжилттай олборлож болдог.

Хэд хэдэн факторуудаас үүдэн элсэн чулуун ордоос уран олборлоход бэрхшээл үүснэ. Үүнд:

- Хүдэр дэх ураны агуулга бага
- Хүдэр ба түүний дээр орших чулуулгийн усны хүрэлцээ
- Ордын бодит гүн (500 хүртэл ба түүнээс дээш)
- Гүний усны орой (атмосферын даралтаас хэдэн арав дахин их)
- Холбоосгүй, тогтворгүй, байнга хөдөлж байдаг элс – шаврын тунадаснууд зэрэг орно.

Хүдэр олборлох бол эдгээр хүчин зүйлсийн хувьд тусгай арга хэмжээ авах шаардлагатай болдог. Үүнд олборлохоос өмнө усгүй болгох, цооногийг усанд автуулах, тусгай бэхлэлт барих зэрэг ажиллагаанууд орно.

Түүнээс гадна уламжлалт арга эдийн засгийн ашиггүй төдийгүй бас техникийн хувьд хүнд байдалд орно. Харин ГДУО аргаар эдгээр асуудлуудыг шийдэх боломжтой байдаг.

ГДУО технологийн бүтээмжийг үнэлэх гидрогеологийн үндсэн хүчин зүйлс нь хүдэр, чулуулгийн нэвтрүүлэлт юм. Нягтшаагүй тунадас дээр үүссэн орд зөвхөн ус агуулсан, нэвтрүүлдэг элсэнд байрлах тохиолдолд ГДУО

технологоор гаргах боломжтой. Гаралтын цооногийн урсгалын хурд, уусгах хурд, ураны гаралтын зэрэг бүгд хүдрийн нэвтрүүлэлтээс хамаарна.

Гидравлик дамжуулалт(С) - аар чулуулаг, хөрсийг ангилж болно:

- бараг нэвтрүүлдэггүй (шавар, шаварлаг занар, хатуу чулуулаг), энд С нь 0 – 1 м/өдөр
- хагас нэвтрүүлдэг (элсэн занар, шаварлаг элс, зарим аргиллит), С нь 0.1 – 1 м/өдөр
- нэвтрүүлдэг (элс), С нь 1 – 10 м/өдөр
- өндөр нэвтрүүлдэг (элсэрхэг – хайрган ордууд) С > 10м/өдөр.

ГДУО аргаар олборлоход хамгийн тохиромжтой ордууд бол сүүлийн хоёр бүлгийн (С > 1м/өдөрбайх) орд байна. Зарим тохиолдолд байж болох хамгийн бага дамжуулал 0.5, ховор тохиолдолд 0.1 м/өдөр байна. Эдгээр ордод ГДУО үнэлгээ хийхэд тусгай ашиглах боломжийн судалгаа хийх шаардлагатай.

Газар дор хүчлээр уусгахад нэвчилтээс нь хамаарч бүх төрлийн хүдэрт урьдчилсан боловсруулалтын зэрэг шаардагдана. Онцгой тохиолдолд, бүх харьцангуй үл нэвтрүүлдэг эрдсүүд диффузийн процессоор нэвтрүүлдэг тогтоцоос 20–50 сантиметрийн зайд бас уусдаг болно. Шингэн хүдрийн шинж чанартай урвалд орох хугацаа онцгой тохиолдол болно. Түүнээс гадна тэдгээрийн нийт гаралтад нөлөөлөх хэмжээ их биш байна.

С<1 байхад цооногийн бүтээмж, уусмалын урсгалын хурд хоёрт өндөр даралтын градиент шаардлагатай болно. Энэ нь жижиг ширхгүүдийг урсгаж, нүх сүвний механик бөглөрөл үүсгэдэг учраас олборлолтын нөхцөлийг тохиромжгүй болгодог. Урсгалын хурд их байхад, өндөр нэвтрүүлэлттэй элс–хайрган хүдэр суваг (“сүвгийн эффект”) үүсгэнэ. Иймд хүдрийн масс дахь уусгах процессын нэгэн төрөл байдал багасна.

Хүдрийн биет доторх нэвчилтийн зөрүүг нэвтрүүлэлтийн нэгэн төрөл коэффициентээр тодоорхойлно. Энэ нь ашигтай усан давхаргын аль хэсэгт нэгэн төрлийн нэвтрүүлэлттэй чулуулагтай болохыг илрүүлэхэд тустай.

Ордын бүх хэсэг дундуурх гидравлик дамжуулал нь нэгэн төрөл коэффициенттэй чулуулгаас тогтох ордыг нэгэн төрлийн ордын бүлэг гэдэг. Нэгэн төрлийн ордын бүлэгт ордын эзлэхүүний 75 хувиас дээш хэсэг нь нэгэн төрөл гидравлик дамжуулалтай ордууд орно. Нэгэн төрлийн бус ордын бүлэгт ижил гидравлик дамжуулалтай эзлэхүүний 50 хувийг агуулсан ордууд багтана. Нэгэн төрлийн бус ордын хувьд ижил гидравлик дамжуулалтай орд 25% агуулсан ордтой байсан ч үлдэж байгаа 75% гидравлик дамжуулалттай чулуулагт аль нь давамгайлахаас хамаарна [8].

Мөн ГДУО-д хүдрийн биет, агуулагч чулуулаг хоорондын нэвчилт дэх харьцангуй ялгаа бас чухал фактор болдог. Гэхдээ хүдэр бага нэвчилттэй чулуулгаар хашигдсан эсвэл нэвтрүүлдэг ашиггүй чулуулгаар хүрээлэгдсэн тохиолдолд илүү тохиромжгүй нөхцөл болно. Энэ тохиолдолд талбайн хүдэр агуулагч ба ашиггүй хэсгүүдийн харьцангуй дамжуулалтаар тодоорхойлогдох харьцаагаар уусгах шингэн хүдрийн биетийг тойрч гардаг. Үйлдвэрлэлийн шингэнийг их хэмжээгээр шингэлэх учир ус дамжуулах харьцангуй дамжуулалтын ялгаа 0.1 байхад тохиромжгүй нөхцөл гэж үзнэ.

Хүдэр, хүдэр агуулагч чулуулгийн харьцангуй нэвтрүүлэлтийн утгыг тэдгээрийн ширхэглэгийн тархалтаас олж болно. Нягтшаагүй чулуулгийн нэвчилтийн гол үүрэг жижиг ширхэглэгийн агуулгаас хамаарна. 0.005мм – ээс бага хэмжээтэй ширхэглэгийн агуулга 30% -аас их байвал элс – шаврын тунадас бүрэн нэвтрүүлдэггүй болно.

20-30%-аас бага шавар агуулсан элсийг $C=1$ м/өдөр ($+20^{\circ}\text{C}$ температурт) дамжуулалтаар уусгахад тохиромжтой.

Өрмийн керн дээжин дээр лабораторийн нөхцөлд (лабораторийн нөхцөл, хүдрийн орд хоорондын температурын зөрүүний засвар хийж) нэвтрүүлэлтийн туршилт явуулан орд бүрийн хувьд энэ параметрийг тодоорхойлж гаргана.

Аргиллит-шаврын агуулга өндөр бол хүдэр ураны агуулгаас үл хамаарч технологийн муу чанарын (уусдаггүй) ангилал руу орох учир ус дамжуулах чанар алдагдана.

Хүдрийг эдийн засгийн ба эдийн засгийн бус гэж ангилахад ширхэглэгийн тархалтыг ашиглахаас гадна ширхэглэгийн тархалтыг чулуулаг ба хүдрийн урсгалын шинж чанарыг тоон утгаар үнэлэхэд бас өргөн ашиглана. Ихэнх тохиолдолд, элс-шаварлаг ордын ширхэглэгийн тархалт, шингэний урсгалын хооронд ойролцоо харилцан хамааралтай байдаг. Энэ хамаарлыг зөвхөн шигших шинжилгээнээс гарсан үр дүнг ашиглан эрдэсжсэн бүсийн хүдрийн давхарга, ашиггүй чулуулгийн **коэффициентийг** үнэлэх туршилтын хамаарлыг олоход ашиглана.

Эрдэсжсэн горизонтын өргөн их байх шаардлагагүй (10 м хүртэл байна). Өргөн 30 м-ээс хэтэрвэл үйлдвэрлэлийн шингэнийг байгалийн ус их хэмжээгээр шингэлэх үзэгдэл ажиглагддаг. Шингэрүүлэх зэрэг нь элсэн горизонтыг бүрдүүлж буй хүдэр, ашиггүй чулуулгийн давхаргын аль аль нь өргөн болон нэвтрүүлэлтээс хамаарна. Нэвтрүүлэгч чулуулаг, хүдрийн хувьд ашигтай өргөний харьцаа арав дахин ба түүнээс их байж болохгүй. Хүдэр агуулсан нийт талбайн харьцаа 1 байвал босоо чиглэлд шингэрэх үзэгдэл явагдахгүй.

Гүн өсөхөд цооногийн өртөг ч бас өсөх учраас хүдрийн гүнийг их гүн авах шаардлагагүй.

Горизонтын ус дамжуулалтаар тодоорхойлдог оролт, гаралтын цооногийн бүтээмж сайн байвал уусгах процесс хурдасч уран олборлох эдийн засгийн гүйцэтгэл бас сайжирна.

10–30 м³/цаг дотор гаралтын цооног хамгийн сайн бүтээмжтэй байдаг. Гаралтын цооногийн бүтээмж, оролт, гаралтын цооногийн зохион байгуулалтаас оролтын цооногийн үйлдвэрлэл хамаарна. Оролт, гаралтын цооногийн тоо тэнцүү байдаг шугаман системд дахин **ашиглагддаг** циклийн шингэний нийт тэнцвэр тогтвортой хадгалагдаж байвал харгалзах бүтээмж ойролцоогоор адилхан байна. Гексагональ бүрдлийн хувьд оролтын цооногийн тоо гаралтын цооногоосоо их байна. Энд оролт, гаралтын цооногийн харьцаагаар нэг оролтын цооногийн дундаж бүтээмжийг

тодоорхойлно, өөрөөр хэлбэл ашиглагдаж буй бие даасан нэг зохион байгуулалтын бүрдэлд гаралтын цооногийн 1/6, том талбайн хувьд 1/2 байна.

Статик түвшний гүний хязгаар усыг дээш гаргах (шахуургадах) системийн төлөвлөсөн хязгаараас хамаарна. Агаарын шахуургыг хэрэглэх тохиолдолд статик түвшин гүн байвал дээшлүүлэх шингэний 1м^3 тутамд шахах агаарын зарцуулах хэмжээ их болно. Иймд үйлдвэрлэлийн өртөг нэмэгдэж эдийн засгийн ашиггүй болж болно.

Байгалийн усны гидростатик даралт өргөн хүрээнд өөрчлөгдөж болно. Усан давхаргын дээд хэсэг дээрх оройн цэг өндөр байвал тогтоц дахь шингэний даралтыг их болгоно. Даралт дагасан хийн уусалтыг нэмэгдүүлнэ. Нүүрсхүчлийн хий, хүчилтөрөгч гэх мэт агуулга ихтэй хийнүүд уусалгүй үлдэж болно. Энэ нь хийн бөмбөлгөөс үүсэх нүх сүвний хаалтыг багасгах ба үүний дүнд шингэний урсгал сайжирна. Өндөр даралттай усан давхаргад ажилласнаар уусгах шингэнийг гадарга руу гаргахад зарцуулах эрчим хүчний хэрэглээ багасна. Усан давхаргын оройн цэг хөрсний түвшний дээр байвал шингэн өөрөө аяндаа гадагшаа гарах учраас ГДУ процессыг шахуургагүй явуулах боломжтой. Мөн хүхрийн хүчлээр уусгах шингэний нягт өсвөл олборлолтын усан давхарга дахь ашигтай статик түвшнийг оройн цэгийн 100м тутамд 2м – ээр бууруулна гэдгийг санах хэрэгтэй. Оройн цэг 300м байхад 6м буурна гэсэн үг юм.

Товчоор хэлбэл, шахуургаар хүдрийн биетийг усгүйжүүлж чадахгүй зөвхөн оройн цэгийг багасгах учир даралттай усан давхаргын оройн цэгийг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Түүнчлэн, оройн цэг газрын гадаргын түвшнээс өндөр байвал цооногийн амсрыг битүүмжлэх төхөөрөмжгүйгээр оролт, гаралтын цооногийн засвар үйлчилгээ хийхэд бэрхшээлүүд тулгардаг.

Газар дор уусгах ажиллагааг амжилттай явуулахын тулд байж болох бүх хаалт, ялангуяа ашигтай усан давхаргын ойролцоох усны хаалт (усан хаалт–урсгалыг хаадаг нэвтрүүлдэггүй чулуулаг эсвэл тунадасны үе) зэргийг тооцох нь чухал.

Ордын дагуу урт зайд нэвтрүүлдэггүй чулуулагтай бол цооногийн шүүлтүүрийг суурилуулах төлөвлөгөөнд анхаарч үзэх хэрэгтэй. Эсрэг тохиолдолд, оролт, гаралтын цооног хоорондын гидравлик холбоо эвдэгдэж үйлдвэрлэлийн шингэн алдагдах боломжтой.

Хүндийн хүчний дагуу нягт ихтэй хүчлийн уусмал доошоо чиглэх хандлагатай байдаг учраас усан давхарга дахь хүдрийн биет хамгийн доод талын хаалтын давхаргын ойролцоо байрлах нь тохиромжтой. Энэ тохиолдолд, цооногийн шүүлтүүрийг горизонтын доод хэсэгт байрлуулбал уусгах шингэнтэй дээр нь байх ашиггүй, чулуулагт хүрэхгүй. Иймд шингэн дэх ураны агуулга нэмэгдэж урвалжийн зарцуулалтыг бууруулна.

Хүдрийн биетийн тохиромжтой өргөн 100м-ээс их байна. Ийм хэмжээтэй байвал хамгийн багадаа үйлдвэрлэлийн цооногийн гурван шугам угсрах боломжтой болно. Харин хүдэр 50м-ээс бага өргөнтэй бол оролт, гаралтын цооног болж ээлжлэн солигдох цооногийн нэг шугамаар уусгах процессыг

явуулж болно. Гэвч энэ тохиолдолд хүдрийн биетийн хэвтээ хязгаарын гадна талаас орж ирэх байгалийн, ашиггүй усны урсгал уусгах шингэнийг шингэлдэг.

Ордын гидрогеологийн нөхцөлийг үнэлэхдээ гаднаас орж ирэх усны оролт, хүдэр агуулагч горизонтын бусад усан давхаргуудтай холбогдох гидравлик холбоо зэргийг анхааралдаа авах хэрэгтэй. Химийн найрлагаас нь хамааруулан ураны орд доторх байгалийн усыг цэвэр, давсархаг буюу хужиртай гэж ангилна. Ион солилцооны шингээх процессын үүднээс харвал хүхрийн хүчлийн урвалж хэрэглэж байгаа тохиолдолд нийт байгалийн усны эрдэсжилт, нийт уусдаггүй хатуу бодисын хэмжээ $5-10 \text{ г/м}^3$ байвал зохино. Гэвч хүхрийн хүчил хэрэглэхэд нүх сүвний бөглөрлөөс үүдэн нэвчилт буурдаг (Хэсэг 1.5.2). Иймд гидрогеологийн тооцоо гаргахдаа үүнийг тооцох ёстой (Хэсэг 5.2).

Гүний усны температур өсөхийг тохиромжтой фактор гэж үзнэ. Ихэнх тохиолдолд энэ нь чулуулгийн масс дахь олон төрлийн **урвалынкинетикийг** нэмэгдүүлж шингэний хүдэрт нэвчих (диффузийн) нэвчилтийг нэмэгдүүлдэг. Температур бага (10°C – ээс доош) байвал тус процесс ашиггүй буюу (0°C – т) явагдах боломжгүй болно.

Ерөнхийдөө дараах гидрогеологийн нөхцөлтэй нягтаршаагүй тунамал ордууд газар дор уусгахад хамгийн тохиромжтой ордоо орно:

- хүдэр агуулагч тогтоц нь бусад газрын доорх усан давхаргуудтай эсвэл гадаргын устай гидравлик холбоогүй
- суурь чулуулаг нэвтрүүлдэггүй байх (заавал ийм байх шаардлагагүй ч нэвтрүүлдэггүй давхаргатай бол давуу тал болно)
- хүдрийн нэвчилт агуулагч тогтоц дахь агуулагч чулуулгийн нэвчилтээс их байх эсвэл нэвчилтийн зөрүү багатай байх
- хүдрийн нэвчилт хамгийн багадаа 0.5 -аас 1 м/өдөр хүртэл байх
- хүдэр агуулагч чулуулгийн өргөн ба ашиггүй чулуулгийн өргөний харьцаа $1/10$ -аас ихгүй байх
- байгалийн тогтцын усны температур их (20°C -ээс дээш), нийт уусдаггүй хатуу бодисын хэмжээ бага буюу 5 – аас 10 г/дм^3 байх
- агуулагч тогтцын ойролцоо, ураны хүдрийн талбай дотор ундны усны эх үүсвэр байхгүй байх.

2.3. ГДУО ПРОЦЕССТ ҮЗҮҮЛЭХ ХҮДЭР, ЧУЛУУЛГИЙН НАЙРЛАГЫН НӨЛӨӨ

2.3.1. Ерөнхий

Агуулагч тогтоц дахь ураны хүдэр, чулуулгийн материалын найрлага ГДУО аргаар уран олборлох боломж, нөхцөлийг үнэлэх чухал ач холбогдолтой. Үүнээс гадна хүхрийн хүчил, карбонат хоёрын аль аргаар уусгалт хийхийг бас тодоорхойлно.

Хүдэр, хүдэр агуулагч чулуулгийн эрдсийн найрлага өргөн утгаараа уусгах процессын эрчим, шингэн дэх ураны агуулга, гаралтын зэрэг, урвалжийн хувийн зарцуулалт, бусад гео-технологийн параметр, цаашлаад

нүх сүвний бөглөрөл, агуулагч тогтцын бусад холбогдох өөрчлөлтүүдэд нөлөө үзүүлдэг.

2.3.2. ГДУО процесст хүдрийн эрдсийн найрлагын үзүүлэх нөлөө

Газар дор уусгах процессын үр ашиг нь ураны эрдсийн төрөл, хялбар уусч болох ба уусмалд тэсвэртэй эрдсийн харьцаа, хүдэр дэх ураны агуулга, уран ба холбогдох эрдсүүд хоорондын бүрдэл, тэдгээрийн тархалт, уусалтын зэргээс хамаарна.

Ураны эрдэсжил уусгах процесст хэрхэн нөлөөлөх байдлыг исэлдэл ба металл гаралтын (U^{6+} , U^{4+} гэх мэт) харьцангуй тоон хэмжээгээр илэрхийлж болно. Хүхрийн хүчлээр уусгах эхний шатанд ураны зургаан валенттай хэлбэр давамгайлж шингэнд орно. рН-ийн хэмжээг 2 – оос доош болгох шаардлагатай, үүний дараа U^{6+} ионоос илүү гаралтын зэрэгтэй U^{4+} ион шингэн рүү орно. Тогтцод байгалийн исэлдүүлэгч байвал үүнийг оруулан уусгах ажиллагааг нэлээд сайжруулах боломжтой. Харин хүдэр дэх уусмалд тэсвэртэй ураны эрдэс (титанат, тантал-ниобат, цирконийн ба торийн эрдсүүд) уусгалтын үр ашгийг бууруулж олборлолтыг ашиггүй болгоно.

Мөн эрдсийн төрлийн хувьд хүдрийн ураны агуулга уусгах ажлын бүтээмжид нөлөөлнө. Хүдэр дэх ураны агуулга их байвал уусгах шингэний хүрч очих ураны эрдсийн гадаргын талбай нэмэгднэ. Бусад бүх нөхцөлүүд тэнцүү байхад өндөр зэрэглэлийн хүдрийг уусгахад илүү их цаг зарцуулдаг. Мөн гаралтын зэргийг ижил түвшинд байлгахын тулд хатуу, шингэний харьцаа (L/S) их байх (нүх сүвэрхэг эзлэхүүний тоо, хүчлийн зарцуулалтыг нэмэх) шаардлагатай.

2.3.3. ГДУО процесст агуулагч чулуулгийн найрлагын үзүүлэх нөлөө

Агуулагч тогтоц дахь бүх чулуулагт уусгах шингэн бага нөлөө үзүүлдэг. Хүдрийн эрдэс ихэвчлэн чулуулгийн багахан хэсгээс тогтоно. Түүнчлэн, ГДУО-ыг амжилттай явуулах бас нэг зайлшгүй шаардлага бол сонгосон урвалжид агуулагч чулуулгийн тогтоц, эрдсийн судлууд бага уусдаг байх шаардлагатай.

Хүхрийн хүчлийн шингэрүүлсэн уусмалд уусах байдлаар эрдсийг гурван дэд бүлэг болгон хуваана:

- 1) уусдаггүй: кварц, бусад дагалдах эрдсүүд, хатуу битум
- 2) уусмалд тэсвэртэй: хээрийн жонш, монтмориллонит, каолонит, мусковит, серицит, метаморф гаралтай чулуулгийн үлдэгдэл, шаварлаг чулуу
- 3) Уусдаг: кальцит, доломит, лимонит, биотит, эпидот.

Элсэн чулуун ордод тааралддаг ураны дийлэнх нь уусдаг бүлэгт хамаарна.

Онолын хувьд эдгээр ордын хүдэр агуулагч чулуулгууд гялтгануур-кварц-жоншны найрлагын элсэн-шаврын тунадас, гол төлөв уусмалд тэсвэртэй эрдсийн хэсгээр тодоорхойлогддог ч зарим тохиолдолд хүчлээр уусдаг зарим эрдсүүд бас байдаг. Уусгалтын үед тэд хүчилтэй урвалд ордог учраас

урвалын ихэнх хэсэг энд зарцуулагдана. Түүнээс гадна бөглөрөл үүсгэж болох зарим эрдсүүд шинээр үүснэ. ГДУО процессыг сулруулдаг хийн бөмбөлгүүд ч бий болж болно.

Уусгалтын үр ашиг эрдсийн найрлагын ширхэглэг, тэдгээрийн хоорондын холбоосоос шалтгаална. Энэ нь эрдсийг бүрдүүлж буй чулуулгийн исэлдлийн зэрэг, шингээлт, ион солилцооны шинж чанар, карбонатын эрдэс, сульфид, органик бодис, фосфат, циркони байгаа эсэхээс хамаарна. Эдгээр факторын нэг бүр нь ГДУО процесст нөлөөлж үр ашгийг бууруулах буюу нэмэгдүүлэх чадалтай.

Агуулагч тогтоц дахь эрдсийг бүрдүүлж буй чулуулгийн зарим нь урвалд орсноор тогтцын гидрологийн шинж чанар (нэвтрүүлэлт, нүх сүвшилт), хүчлийн зарцуулалт, ураны гаралт **өөрчлөгднө.**

Агуулагч чулуулаг, ураны хүдрийн эрдсийн болон химийн найрлага тухайн хүдрийг (силикат, карбонатын эсвэл өөр бусад төрөл гэх мэт) чухам ямар төрлийн хүдэр болохыг ангилах үндэс болно.

Чулуулаг дахь шаврын хэмжээ нь идэвхтэй нүх сүвшилтийн хэмжээ, уусгах шингэн дэх нэвчилт хоёрт нөлөөлнө. Шаврын (<0.005 мм байх) хэсэг 30%-аас их байвал элсэн-шаврын орд шингэнийг нэвтрүүлдэггүй болно. Инженер-геологийн нөхцөлөөр нь энэ төрлийн чулуулгийг шаварлаг гэж ангилна. Шавар, аргиллит бага хэмжээгээр (20-30% хүртэл) агуулсан хүдрийн нэвчилт бага байх учраас уусгалт хийхэд бага тохиромжтой гэж үздэг. Байгалийн ус уусгах шингэнээр солигдсон үед шаврын эрдсийн найрлага тэлэх (хөөх) процесст нөлөөлнө. Тэлэх процесс элсэн-шаврын чулуулгийн нэвтрүүлэлтийг бууруулж улмаар шавраар баялаг давхаргуудыг тэлэхэд хүргэдэг.

Сул валенттай, ионы бага диаметртэй уусмал дахь катионоор өндөр валенттай, ионы өндөр диаметртэй катион солигдож шингэсэн комплексийн шавар мицелл дээр суух учир (жишээ нь, H^+ эсвэл Na^+ -ээр Ca^{2+} солигдоно) монтмориллонит шаврыг тэлэлт үүсгэдэг гол үүсвэр гэж таамагладаг. Монтмориллонитоос гадна галлуазит, нонтронит, вермикулитыг бас тэлэлт үүсгэдэг байж болзошгүй гэж үздэг. Шаварлаг эрдэстэй үйлчлэх хүчлийн зарцуулалт каолинитаас усан гялтгануур хүртэл нэмэгдэж цаашид монтмориллонит хүртэл нэмэгдэнэ. Шаварлаг чулуулгийн нэвчилтэд шууд бусаар нөлөөлнө. Ион солилцооны процесст оролцдог шавар, элсний шаварлаг хэсэг Ca^{2+} ионыг агуулсан янз бүрийн катионуудаа алдана. Эдгээр нь хүхрийн хүчлийн сульфатын ионтой харилцан үйлчилж шохойн тунадас үүсгэснээс нүх сүвний бөглөрөл үүснэ.

Эрдэсжсэн горизонт доторх карбонатын эрдсийн илэрц, тэдгээрийн найрлага, байршил ГДУ процесст хүчтэй нөлөөлнө. Хүчлийн уусмалд кальцит идэвхтэй урвалж болдог. Доломит, сидерит, бусад карбонатуудтай хүчил арай бага харилцан үйлчлэлд орно. Элсэн чулууны хүдрийн холбоост карбонатын илэрцийг карбонатын давхарга эсвэл карбонатын бөөгнөрөлтэй харьцуулбал арай тохиромжтой гэж үзнэ. Энэ хэсэг ихэвчлэн хүхрийн хүчлээр уусгаж эхлэхэд хамт бий болж байдаг шохойн нимгэн үеэр хучигдсан байна. Энэ нимгэн үе цаашид карбонатад хүчил зарцуулагдахаас сэргийлнэ.

Холбоос дахь карбонатын агуулга 2%-иас их болбол хүчлийн уусгалт гол төлөв ашиггүй болж ирнэ. Хүчлийн зарцуулалт ихэсч, шохой, нүүрсхүчлийн хийгээр үүсэх нүх сүвний бөглөрөл бас нэмэгдэх учир өртөг бас өсдөг. Иймд энэ төрлийн ордод шүлтээр уусгах боломжийг судлах хэрэгтэй.

Органик материалууд металл гаралтын ба шингээлтийн шинж чанараасаа шалтгаалан газар дор уусгах процесст сөргөөр нөлөөлдөг чулуулгийн чухал бүрэлдэхүүн болно. Органик материалын өндөр агуулгатай (ялангуяа 3%-иас дээш байх) карбонатлаг элсэнд хүчлийн уусгалтын үр ашиг буурна. Энэ төрлийн чулуулгийн нэвтрүүлэлт органик материалын агуулгаас төдийгүй горизонт дахь тархалтаас хамаарна.

Хүлэр, хүрэн нүүрс, чулуун нүүрсний занар зэргээс уран болон бусад ач холбогдол бүхий бүрэлдэхүүн уусгахад тархалтаас хамаарч уусгалтын хурд маш удаан байдаг. Натри агуулсан шингэнээр уусгалт хийхэд их хэмжээний органик ялзмаг шингэнд орно. Энэ нь буурах шинж чанарыг нэмэгдүүлж хүдрээс гарах ураны гаралтыг бууруулж тогтцын нэвтрүүлэлтийг бас бууруулна. Органик материалууд битум хэлбэрээр оршиж байгаа бол бүр муу үзүүлэлттэй байна.

Сульфидийн эрдсүүд гол төлөв элсэн чулуун төрлийн ордод ураны эрдэстэй хамт тааралддаг бөгөөд уусгалтанд хоёр үүрэгтэй оролцоно. Хүчилшсэн орчинд сульфидийн эрдэс хүхрийн хүчил ба төмрийн сульфидыг задалдаг. Хүхрийн хүчил ба төмрийн сульфидыг исэлдлийг хурдасгаж ураны эрдсийг задална. Харин буурах орчинд сульфидураныг тунадасжуулна. Мөн ороомог хэлбэрийн элсэн чулуун ордод сульфидийн агуулга гол төлөв бага байх ба ГДУО процесст бага нөлөө үзүүлнэ.

Хүхрийн хүчлээр уусгах үед урвалжийн зарцуулалтыг тооцоход хүдрийн эрдсийн найрлага чухал ач холбогдолтой. Шүлтийн уусмал хүдэр, агуулагч чулуулагтай бага харилцан үйлчилнэ. Иймд шүлтээр уусгах үед урвалжийн ихэнх хэсэг сульфид, органик материал, гидрооксидуудад зарцуулагдана.

Хүхрийн хүчилтэй буурах урвалын хурд дээр үндэслэн эрдсүүд дараах цувааг үүсгэнэ (А.С.Салтыков): кальцит > доломит > анкерит = ураны эрдсүүд > магнезит > төмрийн гидроксид > биотит > хлорит > вермикулит > нүүрсжсэн органик материал >> мусковит > каолинит > монтмориллонит > микроклин > **албит**.

Хүдрийн эрдэсжилтийн тогтоц, хэлбэр, ширхэглэгийн хэмжээ, тархалт уусгах шинж чанарт нөлөөлнө. Идэвхтэй орчинд ихэнх эрдсүүд тогтвортой байдаг. Түүнчлэн, маш нарийн тархсан хэлбэртэй бол эдгээр ижил эрдсүүд шингэрүүлсэн хүчилд бүрэн уусна. Жижиг хэсгийн хэлбэр хэмжээгээр тэдгээрийн онцлог болон харилцан үйлчлэлийн талбайг тодорхойлно. Иймээс элсэн чулуун ордод тархсан ураны эрдэс (зууны нэг эсвэл зууны хэдэн арван хувь байх ураны маш бага агуулгатай байсан ч) их хэмжээний карбонаттай хэсэгтэй харьцуулбал хурдан уусгаж авч болно. Кальцитын бодис дээр шохойн нимгэн үеэр хамгаалалт хийхэд кальцит харьцангуй бага уусна.

Элсэн чулуун агуулагчтай ураны орд дахь энгийн эрдсийн урвалын хурд, жижиг хэсгийн хэмжээ зэрэгт тулгуурлан нийт тохиолдох эрдсүүдийн хувьд хүчлийн хувийн зарцуулалтыг дараах байдлаар жагсаана: карбонат > ураны эрдсүүд > төмрийн гидроксид > триоктаэдрал усан гялтгануур > биотит => монтмориллонит > органик материал > каолинит > мусковит >> микроклин > албит.

Элсэн чулуун тогтцын нэвтрүүлэлтийг тэдгээрийн найрлагаар тодоорхойлно. Шавар эрдсийн хэлбэр, хэмжээ эдгээр чулуулгийн нэвтрүүлэлтэд нөлөөлдөг. Үүн дээр 2%-ын гидробиотит, каолинит буюу монтмориллонит нэмэхэд кварц элсний нэвчилт харгалзан 2.4 ба 10 дахин буурах ба 20%-ийг нэмэхэд харгалзан 100, 500, 1000 дахин буурдаг [16].

Уран уусгах үр ашиг нь хүдрийн зэрэг, ураны эрдсийн хэсгүүдийн тархалтаас төдийгүй агуулагч тогтоц дахь эрдсийн байрлалаас мөнхамаарна. Уран нүх сүвний ханан дээр тогтсон байвал шингэн тэдгээрт хүрэх боломжтой учраас ураныг бүрэн олборлож болдог. Эсрэгээрээ, чулуулагт ураны эрдэс алаглаж тогтсон байвал урвалж бодис тэр бүрд хүрэхэд хэцүү болж ГДУО арга тохиромжгүй болно. Энэ төрлийн чулуулаг уран агуулсан фосфоритын бөөгнөрөл, фосфоржсон ба нүүрсжсэн чулуулаг, ургамал, элсэн дэх эрдэсжсэн шавар ороомог, шавар линз хэлбэртэй чулуулаг зэргээс тогтоно.

Шаврын эрдсүүд ураны хэсэгтэй шууд холбогдсон чулуулгийн хувьд шавар уран руу очих шингэний замыг хаах учраас ГДУО процесс ашиггүй болно. Нөгөө талаас, уран өндөр нэвтрүүлэлттэй элсээр хашигдсан бөгөөд хүдрийн бүсийн яг дээр, доор, эсвэл ойролцоо шавар байхгүй бол ашигтай нөхцөл бий болно. Эдгээр байрлалуудад шавар нэвтрүүлдэггүй буюу уусгах шингэний урсгалын хянах боломжтой усаар хашигдсан давхарга үүсгэдэг.

2.4. Ураны хүдэр ба хүдрийг бүрдүүлэгч эрдсүүд

Элсэн чулуун ордын хувьд ураны эрдэс гол төлөв ураны давирхай, ураны хөөт давирхай, коффинит зэргээс тогтоно. Хүдэр ба агуулагч чулуулгийг карбонаттай, карбонатгүй гэсэн хоёр дэд бүлэгт хуваах ба нэвчилтийг тодоорхойлдог литологийн шинжээр ангилбал хайрга, элс, элсэн чулуу, шаварлаг гэх мэтээр ангилна.

Ердийн U^{4+} оксид бол хамгийн өргөн тархсан хэлбэр юм. Исэлдсэн ураны (зургаан валенттай) хэлбэр исэлдлийн бүсэд тааралддаг бөгөөд U – ванадат, U – фосфат, уранил гидроксидоор тэмдэглэгднэ. Байгаль дээрхи U^{4+} оксид уранинит, ураны хөө, ураны давирхай гэсэн гурван үндсэн төрөлтэй байна. Уранинитыг UO_2 буюу кристалжсан ураны давхар исэл гэж тодоорхойлдог. Онолын хувьд, үүний зарим хэсэг нь исэлдэн U_3O_8 (ураны давирхай) хэлбэртэй болно. Бөмбөлөг бүтэцтэй коллоформ, бөөр шиг эсвэл гел хэлбэрийн нэгдлийг давирхай гэж нэрлэдэг. Ураны эрдэс исэлдсэн, эсвэл хүдрийг бүрдүүлэгч эрдэс дээр хар өнгийн үе тогтсон талбай дээрх маш нарийн ширхэгтэй нунтаг нэгдлийг хөөтэй давирхай буюу ураны хөө гэж нэрлэдэг.

Хамгийн магадлалтай уранитийн найрлага бол $UO_{2.07}$ – $UO_{2.25}$ юм. Хүчилтөрөгчийн коэффициент 2.25-аас их, кристаллын бүтцийн параметр

муутай нэгдэлд тетрагональ бүтэцтэй U_3O_7 , U_3O_8 -аас UO_3 хүртэлх нэгдлүүд орно. Усны илэрцтэй тохиолдолд уранинит исэлдэхэд ус агуулсан оксидууд бий болно. Уранинит ихэвчлэн ThO_2 , PbO -ын хольцтой байна.

Элсэн чулуун ураны ордуудад ураны оксид нарийн ширхэгтэй, сарнимал хэлбэртэй жижиг хэсгүүдтэй байх ба түүний хэмжээ нь нэг микроныг арав хуваасантай тэнцүү маш жижгээс нүдэнд үзэгдэх хүртэлх хязгаар дотор хэсэг хэсгээрээ хуримтлагдсан байна. Нарийн ширхэглэгийн гадаргуу дээр сферилот, нимгэн үетэй холбоос болж тогтсон байдаг. Тэд жижиг хэсгүүдийн хажуугаар шавар, чулуужсан ургамлын дараа псевдоморфийг үүсгэдэг гялтгануурт эрдсүүдийг нэвчин гарна. Органик материал, төмрийн сульфидаар баялаг газар ураны давирхай хуримтлагдсан байна. Ураны давирхай ихэвчлэн кальц, хар тугалгын хольцтой байх ба зарим тохиолдолд циркон, газрын ховор элементүүдийг агуулна.

Коффинит нь элсэн чулуун ураны ордуудад өргөн тархсан эрдсүүдийн нэг юм. Ихэнхдээ ураниниттай холбогдон үүсэх ба хүдрийн давамгайлсан эрдэс байж болно. Коффинитын найрлагыг $U(SiO_4)_{1-x} \cdot (OH)_{4x}$ томъёогоор илэрхийлж болно. Коффинит циркон, ториттэй хатуу төлөвт байж болно. Мөн коффинит нь шавар холбоостой материалд тархсан ээрүүл хэлбэрийн жижиг кристаллтай, уусдаг, цоохортсон хуримтлалтай зэрэг янз бүрийн хэлбэртэй байна. Коффинитын бүрэлдэн тогтох эхэн үед фосфор, газрын ховор элемент, кальци, цирконы агуулга их байх тохиолдол ажиглагддаг. Нингионит буюу $(U_{1-x}Ca_{1-x} TR_{2x}PO_4)_2 \cdot 1-2 H_2O$ бас коффинитын ойролцоо тааралдаж болно.

Хүдэр дэх коффинитийн илэрцийг ГДУО аргад тохиромжтой нөхцөл гэж үзнэ. Мөн амархан уусдаг ураны хөө, ураны гялтгануур (ураны фосфат, арсенат) бас уусгах процессыг амжилттай явуулахад чухал ач холбогдолтой оролцдог [9]. Керн дээж дээр урсгалын нөхцөлийг судалсан лабораторийн уусгалтын судалгаан дээр үндэслэн уусгахад тохиромжтой эсэхийг тодоорхойлно.

Тунадасжсан ураны эрдсүүдээс гадна төмрийн гидроксид, шаврын эрдсүүд, органик материалууд дээр шингэсэн хэлбэртэй бас тааралддаг. Мөн ураны – органик нэгдлүүд бас байж болно. Ураны эрдсүүд төмөр, цайр, молибден, хар тугалга, цайр, түүнчлэн төмөр ба бусад элементүүдийн селенид, байгаль дээрх **селенитэй** холбоотой илэрч болно.

Ерөнхийдөө уран нь хэд хэдэн химийн элемент агуулсан поли-элементийн комплекс орд үүсгэх шинжтэй байдаг. Ураны хүдэрт агуулагдах практик ач холбогдолтой өөр бусад бүрдлүүдэд молибден-уран, ванади-уран, газрын ховор элемент-уран, **селени** – уран зэрэг орно (Хүснэгт 2.3).

Элсэн чулуун ураны ордын агуулагч чулуулгийн найрлагад гол төлөв 70-90%-ийг кварц хэсгүүд, жонш (5-20%), цахиуржсан чулуулгийн үлдэгдэл (40% хүртэл) байна. Эдгээр бүх төрлүүд ГДУО процесст нөлөө үзүүлэхгүй. Мөн 3% хүртэлх агуулгатай бусад төрлүүд адилхан нөлөө үзүүлэхгүй. Гялтгануурын төрлийн эрдсүүд чулуулгийн 1-8%-ийг эзэлнэ. Харин эдгээрийн зарим нь хүчлийн зарцуулалтад мэдэгдэхүйц нөлөө үзүүлдэг.

Уусгах процесст нөлөөлөх сульфид, органик материал, шавар эрдсүүдийн нөлөөг Хэсэг 2.3-т авч үзсэн билээ.

Хүснэгт 2.3. Ураны хүдрийн уусдаг поли-элемент

Ураны хэлбэр	Холбогдох бүрдлүүд	Ураны уусдаг эрдсүүд ба холбогдох дайвар бүтээгдэхүүнүүд
Ураны эрдэс дэх уран ба түүний холбогдох бүрдлүүд	Ванади-уран, газрын ховор-титан-уран	Карнонит, түёмүүнит, браннерит, давидит
Хүдрийг бүрдүүлэгч эрдэст тааралддаг уран ба түүний холбогдох бүрдлүүд	Фосфорт-уран болон уран агуулсан нүүрс, битум	Фторapatита, франколит, курсит. Хүрэн нүүрс, антраксолит, чулуун нүүрсний ба битумын занар
Янз бүрийн эрдсийн найрлага дахь уран ба түүний холбогдох бүрдлүүд	Молибдени-уран	Ураны давирхай, коффинит, ураны хөө, молибденит, фемолит
	Молибдени-зэс-уран	Ураны давирхай, коффинитхалькопирит, молибденит, (төмөрт молибденит), халькозин гэх мэт
	Селени-уран	Ураны давирхай, коффинит, ураны хөө, байгалийн селен, төмөрт селен, селенид

Хүснэгт 2.4-т элсэн чулуулгийн эрдсийг бүрдүүлэгч гол чулуулгуудын уусах хурд, урвалжийн зарцуулалт зэргийн туршилтын мэдээллийг оруулав.

Статик туршилтыг 20-22°C температуртай нөхцөлд хөрсний материал дахь 10 г/дм³ хүхрийн хүчлийн уусмалаар гүйцэтгэсэн.

2.5. ГДУО процессын үед үүсдэг эрдсүүд ба тэдгээрийн уусгах процесст үзүүлэх нөлөөлөл

Агуулагч тогтоц, уусгах шингэн хоёрын геохимийн харилцан үйлчлэлээр шингэнд чулуулгийг бүрдүүлэгч гол эрдсүүдээс үүсэх олон тооны элементүүд (уранаас гадна) хуримтлагдана. Тэдгээрийн хэмжээ, хуримтлагдах хурд зэрэг нь урвалжийн төрөл, агуулга, редоксийн чадал, температур, чулуулгийг бүрдүүлэгч эрдсийн уусах чанар, уусгах хэсгийн эрдсийн гадаргуугийн талбай зэргээс хамаарна. Чулуулаг/шингэний систем рүү орох масс шилжилтийн эрчим энэ бүх параметраас хамаарна. Шингэн рүү олон төрлийн

нэгдлүүд орно, ялангуяа хүхрийн хүчил буюу бусад эрдэс хүчлийг исэлдүүлэгчээр хэрэглэж байгаа тохиолдолд шингэн рүү орох нэгдлийн хүрээ их байна. (Хэсэг 11.3).

Шингэн рүү Ca, Mg, Fe оруулах хамгийн өндөр магадлалтай эрдсүүдэд карбонат, төмрийн оксид, гидроксид, хар өнгөтэй гялтгануурууд орно. Гялтгануур, шаврын эрдэс, пироксин, амфиболоос Al, Si, K, Na, Ti уусна. Шингэн төлөвтөө байгаа бага агуулгатай фосфор фосфатын эрдсүүдийн уусалтыг хязгаарлаж болно.

Хүснэгт 2.4. Элсэн чулуулгийн гол эрдсүүдийн бүрэн уусах хугацаа ба хүчлийн зарцуулалт (ширхэглэгийн хэмжээ <0.1mm, хүхрийн хүчил 10 г/дм³)

Эрдэс	Томьёо	Хүчлийн хувийн зарцуулалт, кг/тн		Бүрэн уусах хугацаа
		1 өдөр	250 өдөр	
Альбит	Na[AlSi ₃ O ₈]	0.3	1.6	100-150 жил
Микроклин	K[Al Si ₃ O ₈]	0.6	0.2	100-150 жил
Мусковит	KAl ₂ (OH) ₂ ·[AlSi ₃ O ₁₀]	1.6	7.0	100 орчим жил
Биотит	K(Mg,Fe) ₃ ·[Al	20.1	140.2	2-8 жил
Вермикулит	Si ₃ O ₁₀]·(OH) ₂	39.3	247.2	2-8 жил
(усан	(Mg,Al,Fe)·(OH) ₂ [Si,Al) ₄ O			
гялтгануур)	10]·4H ₂ O	2.6	23.7	30-50 жил
Каолинит		15.7	64.2	10-20 жил
Монтморилло	Al ₄ (OH) ₈ [Si ₄ O ₁₀]			
нит	(Ca,Na)(Mg,Al,Fe) ₂ (OH) ₂ ·			
	[(Si,Al) ₄ O ₁₀] nH ₂ O			
	(Mg,Fe) _{3-n} (Al,Fe ³⁺) _n	18.9	138.9	1 өдрөөс 7-8 жил хүртэл
	/OH/ ₄ AlnSi _{2-n} O ₅			
	(n=0.3-1)			
Хлорит		33.6	60.5	10 жилээс дээш
Чулуужсан		2.5	2.8	1-10 өдөр
органик	FeS ₂	930	998	10 хүртэл өдөр
материал	CaCO ₃	980	1065	3-8 өдөр
Пирит	Ca,Mg[CO ₃] ₂	940	1026	8-10 өдөр
Кальцит	Ca(Mg,Fe)[CO ₃] ₂	262	920	3-4 сар
Доломит	FeCO ₃	114	1149	1-7 сар
Анкерит	MgCO ₃			
Сидерит	Fe ₂ O ₃ · nH ₂ O(n=1-4)			
Магнезит				
Лимонит				

Газар дор уусган олборлох технологид уусмалыг цикл хэлбэрээр дахин ашиглах нь чулуулгаас ууссан элементүүдийг хуримтлуулах шилдэг арга юм. Түүнчлэн, дахин эргэлдүүлж байхад шингэн нь эрдсийг бүрдүүлэгч гол

элементүүдтэй (Ca, Mg, Fe, Al, Si.) холбоотой харьцангуй тэнцвэрт орж болно. Иймээс дахин оруулахын өмнө дахин ашиглах уусгах шингэнийг нэмэлт химийн нэгдлүүдээр(SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , HCO_3^- , гэх мэт ионуудаар) дахин дүүргэнэ.

ГДУО процессын үед үүсдэг ихэнх химийн нэгдлүүд хүчлийн орчинд ($\text{pH} < 3$) маш уусамтгай шинж чанартай байдаг. Үүнээс гажих тохиолдол нь зөвхөн кальцийн сульфат бөгөөд сул уусдаг байна. Эдгээр нь маш хурдан ханасан уусмал бий болгох бөгөөд үүссэн ханасан уусмал ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 гэх мэт) давсны тунадас үүсгэдэг.

Шохой үүсгэдэг гол хүчин зүйл бол кальцийн ион эхлээд кальцитаас шингэн рүү шилжиж шавар эрдсийн комплекст шингээгдэнэ. SO_4^{2-} ион хүхрийн хүчлийн уусмалд шохой үүсгэхэд хүрэлцэхүйц хэмжээтэй байнга байдаг. Ca^{2+} -ийн тунадас үүсгэхэд хүрэлцэхүйц хамгийн бага хэмжээ 0.5-аас 0.6 г/дм³ байхад SO_4^{2-} ойролцоогоор 1.5 г/дм³ шаардлагатай. Шохой хэт ханах чанартай байдаг. Кальцийн сульфатын агуулга их байхад тунадас үүсгэдэг учир онолын хувьд уусах чанарыг урьдчилан тооцоолох хэрэгтэй (2 г/дм³). Шахуурга зогсох үед тохиолддог шиг хэт ханасан шингэнээс үүссэн шохой урсгалын хурдны бууралтыг огцом ихэсгэнэ.

Кальцийн карбонат, хүхрийн хүчлийн харилцан үйлчлэл кальцитын ширхэглэгийн хэмжээнээс шалтгаална. Энэ нь өндөр нэвчилттэй ордын шавар-аргиллитийн хэсэгт орсон бол H_2SO_4 -ийн уусмалтай бүрэн харилцан үйлчилнэ. Элс ба том хэмжээний ширхэглэгээс тогтсон CaCO_3 -ийн хэсэг бол ГДУО процессын туршид бүрэн урвалд орж чадахгүй. Уусахгүй зэргийн хэмжээ шохойн нимгэн үеэс хамаарна. Бөөгнөрөл, шохойн чулуун үе, линз хэлбэрээр тааралддаг карбонатын массив илэрц дээр тогтсон нэвтрүүлдэггүй шохойн нимгэн үеэс уусахгүйн зэрэг хамаарна. Энэ шохой хүчил, үлдэгдэл материал хоёр урвалд орохоос сэргийлнэ.

ГДУО процессын үед шинээр үүсдэг эрдсүүдийн өөр нэг чухал бүлэг бол рН-аас хамаарч уусах чанартай эрдсийн төрлүүд юм. Үүнд хамгийн эхлээд төмөр, хөнгөн цагааны гидроксид, зарим комплекс (гол төлөв сульфидийн) нэгдлүүд орно. Хүчлийн уусмал тогтоц дундуур урсаж саармагжихад орчны рН-ийн хэмжээ ихсэж Fe^{2+} ($\text{pH}=6-7$), Al^{3+} ($\text{pH}=4-6$), Fe^{3+} ($\text{pH} \sim 3$) комплекс гидроксидууд тунадасжих таатай нөхцөл үүснэ. Үүний үр дүнд, хүчилшилт ба нэвчилт хэсэгчлэн сэргэсний дараа уусгах бүсийн нүх сүвшилтийн зай бөглөрөлгүй болно. Энэ үед комплекс гидроксидууд уусгах талбайн гадаад хилийн дагуу буурсан нэвчилттэй бүс үүсгэдэг. Энэ бүс аажмаар тогтворжин ажиллаж байгаа талбайн хилийн гаднах алдагдал буюу шүүрэлт багасна. Энэ процессыг 1.5.2-т дэлгэрэнгүй авч үзсэн.

Эдгээр шинэ эрдсүүдийн тогтоц дээр нэмж хүчлийн уусмалын саармагжилт болсон бүсийн зах хэсэгт өөр эрдсүүд үүсэж болно. Эдгээр нэмэлт эрдсүүдэд алунит — $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, аллофон — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, яарозит — $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ зэрэг орно. Химийн тунадас нь ураны нэгдлүүдийн тунадасыг давхар үүсгэнэ. Иймд хүдрийн биетээс уран гаргах процесст саад учруулдаг.

Мөн шахуургын хоолойнууд, усан сангийн тунадас, агаарын шахуурга, гоожилт зэрэгт ууршилт явагдсанаас эвапоритийн төрлийн эрдсүүдэд бас онцгой анхаарах хэрэгтэй. Шингэн/хийн төлвийн уулзвар дээрх шингэнээс ялгарсан цагаан шохойны кристаллын илэрцтэй хамт энэ төрлийн эрдсүүд тогтож эхэлдэг. Шохойн бөөгнөрлийн кристалл хоорондын хил дагуух капилляр дундуур шингэн өсөж бусад сульфатын, гол төлөв мелантерит - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ епсомит— $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – ийн давхарга үүсгэн ууршина. Шинэ үүссэн тогтцын өнгө шингэний хил дотор цэнхэр байснаа бага зэрэг чийглэг орчин дахь бор өнгөнөөс болж ногоон, шар болж өөрчлөгдөнө.

-
- [1] ARENS, V.J., GAIDIN, A.M., Geologic-Hydrogeologic Basis for Geotechnological Mineral Recovery Methods, M. Nedra (1978).
 - [2] BOITSOV, V.E., Workable Uranium Deposit Types and Conditions of their Genesis, General Scientific Directions in Development and Assimilation of Country's Mineral Reserves. M. Nedra, 123–136 (1988).
 - [3] Geology and Genesis Problems of Endogenic Uranium Deposits (F.I. Volfson, Ed.), M. Nauka (1968).
 - [4] BOITSOV, V.E., et al., Geology and Uranium Deposits Exploration. M. MGRI (1984).
 - [5] Hydrogenous Uranium Deposits (General Formation Theory) (A.I. Perelman, Ed.), M. Atomizdat (1989).
 - [6] GOTMAN, J.D., ZUBREV, I.N., Genetic Classification of Uranium Deposits, Sov. Geology 3, 43–55 (1963).
 - [7] DANCHEV, V.I., STRLJANOV, N.P., Stadial Ore Formation and Classification of Exogenic Uranium Deposits, Geology of Ore Deposits 3, 11–24 (1976).
 - [8] NOVIK-KACHAN, V.P., GUBKIN, N.V., DESJATNIKOV, D.T., CHESNOKOV, N.I.M., Recovery of Metals by Leaching, Tsvetmetinformatsion (1970).
 - [9] MAMILOV, V.A., PETROV, R.P., et al., Recovery of Uranium by In-Situ Leaching Method, Atomizdat (1980).
 - [10] KAZANSKI, V.I., LAVEROV, N.P., Uranium Deposits Ore Deposits of USSR, vol. 2 (V.I. Smirnov, Ed.), M. Nedra (1974).
 - [11] KOTLAR, V.N., Geology and Genetic Types of Workable Uranium Deposits, M. Gosgeoltekhizdat (1961).
 - [12] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., Non-Mine Development of Ore Deposits, M. Nedra (1986).
 - [13] BAJUSHKIN, I.M., et al., M. Uranium and Rare Metal Deposits, Atomizdat (1976).
 - [14] SHUMILIN, M.V., MUROMTSEV, N.N., BROVIN, K.G., et al., M. Exploration of Uranium Deposits to be Worked by In-Situ Leaching Method, Nedra (1983).
 - [15] HEINRICH, E.U., Mineralogy and Geology of Radioactive Minerals. M., Foreign Lit. Publ. (1962).
 - [16] TSVETKOVA, M.A., Effect of Mineralogical Composition on Filtration Properties and Petroleum Yield, Tr. of Petroleum Institute, Academy of Sciences, USSR, vol. 3. (1954).
 - [17] SHMARIOVICH, E.M., Typization of Stratiform-Infiltration Deposits on Character of Artesian Basins, Sovetskaja Geologija 8 (1986).
 - [18] SHUMILIN, M.V., VIKENTJEV, V.A., Reserves Evaluation of Uranium Deposits. M. Nedra, 18–33 (1982).
-

БҮЛЭГ 3. ЭЛСЭН ЧУЛУУН ТӨРЛИЙН УРАНЫ ОРДЫН ГЕОЛОГИ

3.1. ОРДЫН ЛИТОЛОГИ БА ЕРӨНХИЙ БАЙДАЛ. ХҮДЭР, АГУУЛАГЧ ЧУЛУУЛГИЙН НЭВЧИЛТ, ЛИТОЛОГИОР АНГИЛАХ АНГИЛАЛ

ГДУО технологиор ашиглаж болох ордын литологи ба ерөнхий байдлыг судлахын гол зорилго бол газар дор уусгах ажилд нөлөөлөх шинж чанараар нь хүдэр ба агуулагч чулуулгийг ангилах явдал болно. Үүнд литологийн онцлог, нэвчилт, хүдрийн биетийн босоо ба хөндлөн чиглэл дэх тархалт зэрэг орно.

Геофизикийн өргөтгөсөн (эхлээд цооногийн каротажийн) судалгаатай хамт, кернийн дээжийн шинжилгээ, судалгааны дүнг ашиглан газрын зураг, хөндлөн зүсэлтийг гаргана. Лабораторийн ба талбай дээрх гидрогеологийн буюу ГДУО судалгааны туршилтууд хоёр аль аль нь чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.

Агуулагч чулуулгийн литологийн ба ерөнхий шинж чанарууд нь уусгах процессын параметруудад хамгийн их нөлөө үзүүлнэ. Цооногийн зүсэлтийн зураг гаргах өрөм, каротажаар эхлэх судалгаа шинжилгээний бүх шатанд судалгаа хийнэ. Энэ шатанд хамгийн багадаа цооногийн 75% -д керн дээж бэлдэнэ. Дээж нь тунамал чулуулгийн зүсэлтийн зураг гаргахад хэрэглэгдэнэ. Үүнд агуулагч уст давхаргын шинж чанар, агуулагч чулуулаг, хүдрийн материалын ба механикийн найрлага, тэдгээрийн шинж чанарын ба бүтцийн характеристик, нэвчилт зэрэг орно.

Исэлдэл/ангигирлын хэсэгтэй холбоотой ролл фронт хэлбэрийн ордын ерөнхий байдал газарт үүссэн (элс, хайрга, аргиллит, шавар) далайн эрэг орчмын, алювийн болон ховор тохиолдолд пролюв, зарим тохиолдолд терриген – химийн гаралтай (сэвх чулуу, шохойн чулуу гэх мэт) чулуулаг хэлбэртэй байна. Терриген шаварлаг элсэн чулуун тунамалтай, ихэвчлэн тунамал чулуулагтай, ховор тохиолдолд хүлэр, хүрэн нүүрс, чулуун нүүрс гэх мэт чулуужсан тунамал хуурай газрын ерөнхий байдалтай бол хүснэгт хэлбэрийн ураны ордтой байна.

Ролл фронт хэлбэрийн ордын чулуулгийн үе тодоорхой хэмнэлтэйгээр үелсэн тунамалын дараалалтай байна. Чулуулгийн хэмнэлтэй байрласан нэг дарааллыг нарийн ширхэгтэй элс, дээд хэсгээрээ аргиллит болсон хайрга-элсэн тунадасаар нь хэд хэдэн (гол төлөв 4 - 5) дэд бүлэг болгон хуваана.

Ролл фронт хэлбэрийн ураны ордын дунд эх газрын төрлийн чулуулаг хамгийн өргөн тархсан байна. Суурь хэсэг нь янз бүрийн хэмжээтэй хайрга, түүнчлэн нарийн ширхэгтэй элсэн ордоор солигдож байрласан линз хэлбэртэй элсэн биетээр хучигдсан байна.

Дараалалд голын усны ерөнхий хэлбэр давамгайлна. Ураны тархалт, түүнийг газар дор уусгах аргаар олборлож болох боломж агуулагч **горизоны** дагуух нарийн ширхэгтэй тунамал чулуулаг, усанд автсан намгархаг ерөнхий хэлбэрээс маш их хамаардаг. Нэлээд том хүдрийн ордын хувьд тунамал чулуулгаар хашигдсан байна. Харин усанд автсан хуурай газрын чулуулгийн хувьд бага зэрэглэлийн эрдэс буюу ашиггүй чулуулгийг агуулна. Сайн зэрэглэлийн эрдсийн дээд хэсэгт дунд ба маш нарийн ширхэглэгтэй байна. Усанд автсан хуурай газрын чулуулгийн хэмжээ өсөхөд тунамал шавар бүрэн

байхгүй болно. Тодоорхой хэмнэлтэй ангилагдсан хэсгийн төгсгөлд шавар чулуулаг байх ба доломит, шохойн чулуулаг хоёрын хооронд байрлана. Хэмнэлт дарааллын өргөн 10 – 50 м, зарим тохиолдолд хэмнэлт дарааллын дээд хэсэг элэгдэн алга болж, дээд горизонт зөвхөн том элсэн тунамалаас тогтсон байна.

Далайн эрэг орчмын чулуулгийн ерөнхий шинж маш сайн нэгэн төрөл байна. Энд элсэн чулуу, түүнчлэн шохойн чулуу, шаварлаг чулуу хооронд байрласан элсэн чулуу бас ажиглагддаг. Хэмнэлтэй давхаргын тоо буурсан байна. Палео-өндөрлөг конгломерат, элс, хайрган чулууны ойролцоо тохиолдож болно. Элс, элсэн чулуулгууд гол төлөв био хайргын хэсэг агуулдаггүй, харин харьцангуй нэгэн төрлийн ширхэглэгтэй байна.

Хүдэр ба агуулагч чулуулгийн характеристикүүд дээр үндэслэн эдгээр ордыг литологи, ерөнхий хэлбэрээр нь ангилна. Хүдэр ба агуулагч чулуулгийн талаарх дэлгэрэнгүй характеристикүүдийг олж авах геотехникийн судалгааны тоо хэмжээнд шууд нөлөөлөх учраас энэ ангиллын талаарх мэдээлэл гарган авахдаа хэт олон параметрууд авах шаардлагагүй. Гол төлөв, 3 – 4 литологи – ерөнхий байдлын (хамгийн багадаа хоёр хүдэр агуулагч, нэг ашиггүй давхарга байна гэсэн үг) төрлийг авч үзнэ. Гидравлик дамжуулалтын коэффициентоор илэрхийлэгдэх нэвчилтийн тоон илэрхийлэл дээр үндэслэж сонгон авна.

ГДУО аргын бүтээмжийг тодоорхойлоход хүдэр ба агуулагч чулуулгийн нэвчилт чухал ач холбогдолтой. Үүнд орд доторх хүдэр ба агуулагч чулуулгийн нэвчилтийн өөрчлөлт, хүдрийн давхарга ба түүний дээр, доор орших давхаргуудын нэвчилтийн зөрүү зэрэг параметрууд орно.

Гидрогеологи, геофизик, лабораторийн талбайн хэмжилтийн аргуудаар гидравлик дамжуулалтыг олно. Шахуурганы туршилтаар зөвхөн судалж буй **горизонты** дундаж гидравлик дамжууллыг тодоорхойлдог. Түүнчлэн үйлдвэрлэлийн усан давхаргын хүдэр, агуулагч чулуулгийн литологи, нэвчилтийн характеристикийг нэмэлт туршилт эсвэл геофизик мэдээлэлгүйгээр ашиглах боломжгүй.

Чулуулаг, гүний усны физик шинж чанар дээр үндэслэдэг геофизикийн каротажийн нэг бүлэг арга хэрэглэнэ. Үүнд эсэргүүцэл, туйлшралын потенциалын аргууд, индукцын, нейтрон-нейтрон ба цөмийн соронзон каротажууд багтана. Нүхний урсгалын процессыг шууд судлах өөр нэг бүлэг арга бас бий. Үүнд эсэргүүцлийн хэмжилт, түүнчлэн урсгалын ба температурын каротаж орно.

Дээжийн нэвчилтийг хэмжсэн шууд арга, мөн ширхэглэг ба чулуулгийн нүх сүвний судалгаан дээр суурилсан шууд бус арга зэрэг лабораторийн аргуудыг ашиглан дан давхаргын нэвчилтийг тодоорхойлно. Давхаргатай параллель урсгалын чиглэлийг тооцохдоо эвдэгдээгүй керн дээж ашиглан чулуулгийн гидравлик дамжуулалтыг тодоорхойлно. Давхаргатай параллель урсгалын чиглэлийг тооцох нь ГДУО–д чухал ач холбогдолтой.

Ширхэглэгийн тархалтын характеристикаар нэвчилтийг тодоорхойлохдоо (эвдэгдээгүй дээж ашиглан тооцсон) гидравлик дамжуулалтын

статистик дундаж, тархалтыг тооцож дан нэгж дэх давхарга эсвэл завсрыг тооцно. Тогтвортой статистик дундажтай элсэн чулууны нэгжийг нэгэн төрөл гэж үзнэ. Тунадасны гидравлик дамжуулалт, гранулометрийн найрлага хоорондын хамаарлыг тодоорхойлсны дараа тус өгөгдлийг ашиглан элсийг ангилж болно.

Хайгуулын шатанд агуулагч чулуулгийн гидравлик дамжууллын өөрчлөлтөөр сонголт хийж зураглал гаргана. Үүнийг хайгуулын нүхнээс авсан **дээжний** ширхэглэгийн хэмжээ характеристик зураглалаар хийнэ. Мөн хамгийн бага нэвчилттэй давхаргын тэмдэглэгээгээр бас хийнэ. Өөрчлөлтийн зэрэг өндөр бол нэгэн төрлийн нэвчилттэй нэгж байсан ч өөр өөр ширхэглэгтэй элсний төрлийг агуулсан байж болно. Харин гидравлик дамжуулалтаараа зэрэгцээ орших давхаргын литологи, нэвчилтээс өөр байх ёстой.

Иймд хүдэр агуулагч чулуулгийн гидравлик дамжуулал, найрлага, геохимийн характеристикүүдийн өөрчлөлтийн нийлбэр өгөгдлөөр судалж буй хүдэр, агуулагч чулуулгийн ангилах үндэслэлийг гаргадаг.

Туршилтын баганаас гарган авсан төлөөлөх **дээжинд** лабораторийн шинжилгээ хийсний дараа чулуулаг, хүдрийг сонгосон литологи, нэвчилтийн ангилал дээр үндэслэж уусгах параметруудээ сонгоно (Бүлэг 5). Нэвчилт, зүсэлтийн зэрэг, хүчлийн зарцуулалт, ордын хүдрийн уусалтыг тодоорхойлдог бусад параметруудээр чулуулагч, хүдрийг ангилахад шинжилгээний үр дүнг ашиглана.

3.2. ОРДЫН ХИМИЙН ОНЦЛОГ БА ЭПИГЕНЕТИК ӨӨРЧЛӨЛТИЙГ ТОДООРХОЙЛОХ

Уран агуулсан элсэн чулуун орд, түүний агуулагч чулуулгийн гео-химийн онцлог эпигенетик өөрчлөлтийн судалгаагаар хамгийн гол нь төлөвлөлтөд төдийгүй босоо талбай дахь исэлдлийн бүсийн хилийг сонгож зураглал гаргах юм. Хил буюу захаар хүдрийн биетийн байршил, морфологийг тодоорхойлдог. Ураны эрдэс (битум, карбонат, сульфид, аргиллит, төмрийн оксидын задралаар талбайд цайралт) үүсгэдэг эпигенетик процессууд нь чулуулгийн анхны найрлага, химийн характеристик, нэвчилт, тэдгээрийн дундуур урсах шингэнтэй харилцан үйлчлэлд орох хурд зэргээс хамаарна.

Чулуулгийн литологи, геохимийн шинж чанарыг судлах үед чулуулгийн өнгийг бас тооцох ёстой. Үүнд бараан /хар хүртэл/, саарал, ногоон, цагаан, цоохор, улаан өнгөтэй чулуулгууд орно. Дээрх өнгөнүүд тунамал чулуулгийн бүрдэлдэх үе, түүнчлэн өөрчлөлтийн дараагийн шатан дахь гео-химийн нөхцөлийг харуулдаг.

Бараан өнгийн /хар/ геохимийн төрөлд сульфид, төмрийн ионтой, чулуужсан органик материалаар ($C_{org} > 0.1\%$) баялаг чулуулгууд орно. Энэ төрлийн тунамал чулуулгууд далайн эрэг орчим, усан доор, далайн эргийн ойролцоох намгархаг газар, нуурын тунамал шаварт, усанд автсан тал газарт бүрэлдсэн байдаг.

Бусад геохимийн төрлийн чулуулгийн хувьд чулуужсан органик материал ойр хавьд нь ч байдаггүй. Тэдгээр цайвар чулуулгууд төмрийн агуулга маш багатай (0.3% хүртэл) байдаг.

Хуурай нөхцөлд, далай тэнгисийн сав газарт гүехэн устай, хагас хуурай газарт (далайн булан, далайн тасарсан газар), хуурай газрын усны хагалбар, уулын бэлд улаан өнгийн чулуулгууд бүрэлдэх бөгөөд (исэлдсэн) төмрийг зонхилон агуулсан байна.

Цоохор чулуулгийн гео-химийн шинж нь дээр дурдсан бүх чулуулгийн шинжийг агуулсан байдаг.

Анхдагч-бараан-өнгөтэй, саарал-өнгөтэй чулуулгуудын хязгаар дотор хашигдсан исэлдлийн бүсийн хил дагуу ороомог хэлбэрийн ураны эрдэс байрлана. Хоёрдогч бууралттай бусад гео-химийн төрлийн чулуулагт бас ураны хүдэр үүссэн байдаг. Энэ нь шингэн ба хийн чанартай нүүрстөрөгч, устөрөгчийн сульфид, устөрөгч агуулсан далайн буюу гүний усны циклийн буурах дулааны шингэний нөлөөнд оршдог уулын ба уул хоорондын сав газарт тааралддаг. Зарим тохиолдолд, аргиллитжилт, цахиуржилт зэргээс шалтгаалж чулуулгууд эпигенетик бууралтад орох ба, дараа нь сульфиджилт, карбонатжилт явагдана. Энэ тохиолдолд анхдагч чулуулгууд зөвхөн газрын гаралтай тогтмол хэсгийн анх байсан шинж чанараа хадгалж чаддаг. Уг хөдөлгөөнгүй байдалд литологи, нэвчилт, гео-химийн шинж чанар бүрэн **өөрчлөгднө**. Энэ нь тухайн орд буюу талбайн өөрчлөлтийн эрчмээс хамаарч уусгах процесст нөлөөлдөг (ордын геохимийн шинж чанар, түүний бүсчлэл, эпигенетик өөрчлөлтийн талаар Хэсэг 1.2-ыг үзнэ үү).

Шаардлагатай бол эпигенетик өөрчлөлтийн найрлагын зураглал гаргаж тусгай зураглал, талбайн мэдээллүүдээс томоохон тархалтын зураг гаргаж болно. Үүнийг хийхдээ ордын лито-ерөнхий байдлын ба бүтцийн шинж чанарыг график үзүүлэлт болгон ашиглана. Гео-химийн бүсийг тодоорхойлоход чулуулгийн өнгө гол үүрэг гүйцэтгэнэ. Энэ үзүүлэлтийг ашиглан сонгосон янз бүрийн эрдэс, гео-химийн найрлагатай талбайд эрдсийн, химийн, рентген цацрагийн зэрэг лабораторийн нэмэлт судалгаа хийх шаардлагатай.

Зураглалын мэдээлэл, лито-геохимийн өгөгдөл, лабораторийн судалгаа зэргээр эрдсийн янз бүрийн эрдэс – гео-химийн нэгдэл, гео-химийн бүстэй харилцах хамаарал, хүдрийн биетийн бүтцийн характеристик, хүдрийн бүрэлдэхүүний тархалт, агуулга, шилжилтийн хамаарлыг тогтоох боломжтой. Мөн шаардлагатай бол уран ба дагалдах үнэт бүрэлдэхүүнийг газар дор уусгахад үзүүлэх гео-химийн факторуудын нөлөөллөөс хамаарсан дүгнэлт хийж болно.

3.3. УРАНЫ ЭРДСИЙН ПАРАМЕТРУУД БА ХҮДРИЙН БИЕТИЙН МОРФОЛОГИЙН СУДАЛГАА [6, 8]

3.3.1. Хүдрийн морфологи

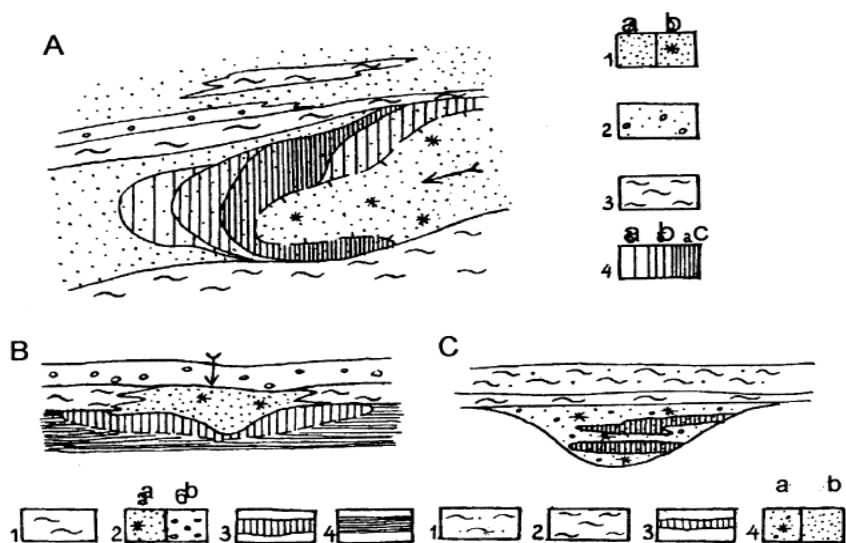
Геологи-эрдэс, геохими, гидрогеологийн хэд хэдэн хүчин зүйлээс хамаарч элсэн чулуун ураны орд дахь хүдрийн морфологийг маш нарийн тодоорхойлно (Хүснэгт 2.1).

Зураг төсөлд ролл фронт хэлбэрийн хүдрийн биет тууз хэлбэртэй болж уртасдаг. Харин босоо тэнхлэгээр нь харвал хүснэгтэн (үелсэн), гүдгэр буюу хавирган сар шиг хэлбэртэй байна.

Нэгэн төрлийн чулуулагтай, усны нэвчилт ихтэй усархаг давхаргад харьцангуй энгийн бүтэцтэй ордууд байдаг. Ийм төрлийн орд далайн эрэг хавийн маш нарийн ширхэгээс дундаж хүртэлх ширхэгтэй саарал элс, томоохон гол мөрний тунамал чулуулгаас бүрддэг.

Зураг төсөлд тууз хэлбэрийн хүдрийн биет ихэвчлэн исэлдлийн бүсийнхээ хилийг даган ойролцоо байрладаг. Энэ хэсэгт нумарсан (ороомог) хэлбэртэй төдийгүй зарим тохиолдолд бүр төвөгтэй хэлбэртэй байх нь бий (Зур 3.1. ба 3.2.).

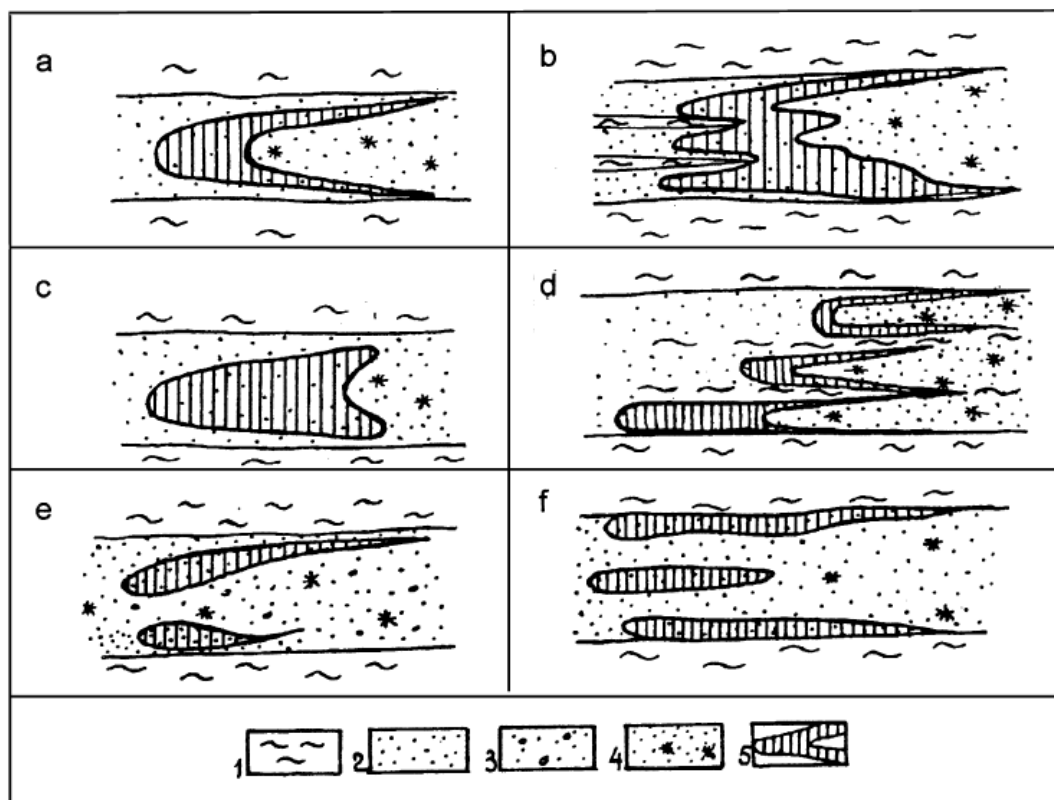
Ороомгийн төв хэсгээрээ ихэвчлэн ураны агуулга өндөртэй байдаг. Төв хэсэг нь үргэлжилсэн цул хэсэг байх ба хөндлөнгөөрөө хэдэн арваас хэдэн зуун метр (хэдэн метрээс хэдэн арван метр хүртэл өргөн) хүрнэ. Ролл фронт өргөн хөндлөнгөөрөө хэдэн зуун метрээс хэдэн километр байна.



Зур. 3.1. Сул чулуулагт агуулагдах ураны ордын морфолог: А – Ролл фронт хэлбэрийн ордын босоо хэсэг (босоо хэсгийг хөндлөнөөс 10 дахин томруулна): 1 – элс (а – саарал, b – исэлдсэн), 2 – хайрга, 3 – шавар, 4 – (а, b, c) өндөр, дундаж, бага ураны агуулгатай хэсэг; В – үелсэн орд дахь хүснэгт хэлбэрийн хуримтлалын босоо хэсэг: 1 – шавар, 2 – исэлдсэн элс (a), хайрга (b), 3 – хүдрийн нөөц, 4 – нүүрс; С – эртний голын (paleogiver) үндсэн сувагт байрлах гүдгэр хэлбэрийн орд: 1 – үржил шимтэй шаварлаг хөрс, 2 – шавар, 3 – линз хэлбэрийн хүдэр, 4 – исэлдсэн элс (a), саарал элс (b).

Нуурын тунамал чулуулагт байрлах орд илүү төвөгтэй бүтэцтэй. Энд маш литологийн олон төрөл оршдог учир хүдрийн биет хэмжээгээр дундаас бага

хүртэл байх ба уртаашаа хэдэн зуун метрээс хэдэн километр хүртэл сунасан байна. Хоорондоо ойролцоо том ширхэгтэй бол хүдрийн биет үелсэн эсвэл гүдгэр хэлбэртэй ороомоггүй хүдрийн биет байна (Зур. 3.2е). Харин нэгэн төрлийн биш давхаргад байх ролл фронт хэлбэрийн исэлдлийн бүсийн ерөнхий онцлог нь түүний төвөгтэй бүтэц юм.

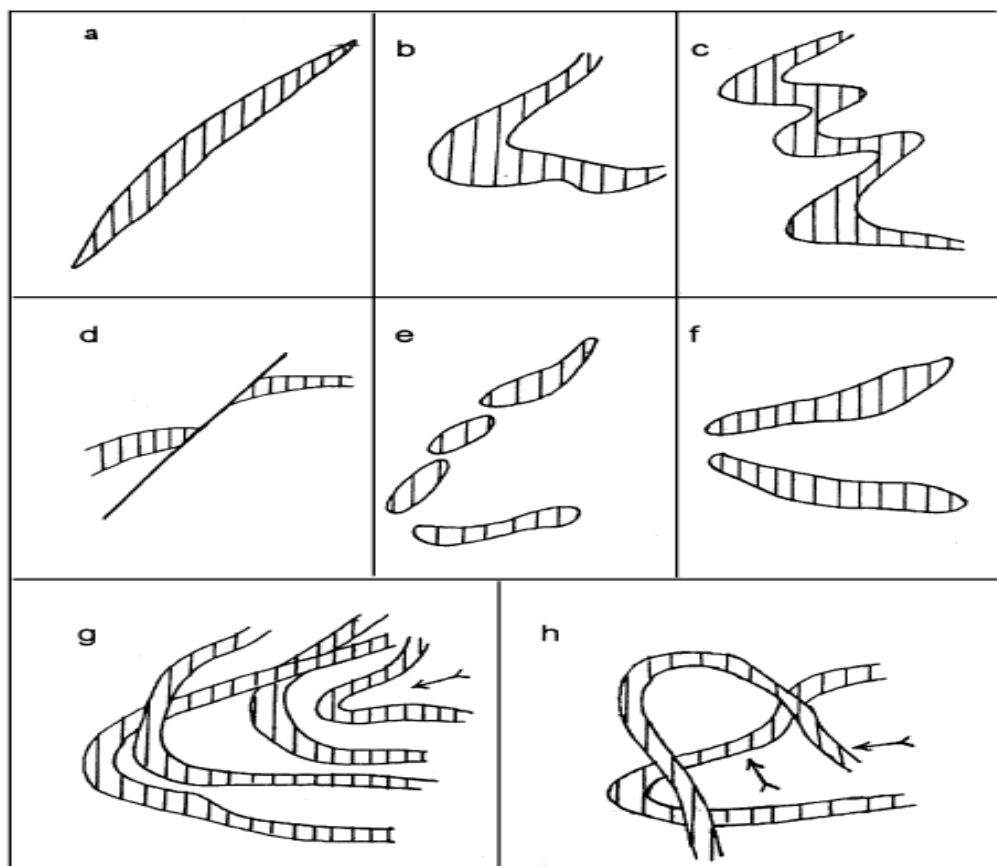


Зур. 3.2. Ролл фронт хэлбэрийн ордын морфологи: а – Ролл фронт хэлбэрийн ердийн орд, б – Ролл фронтын төвөгтэй хэлбэр, с – салаа цөөнтэй, зонхилох чулуулыг агуулсан ердийн хүдрийн биет, е – салаагүй, үелсэн хүдрийн биет, f – хэд хэдэн түвшинд байрласан тууз хэлбэрийн орд, 4 – эрдэс, чулуулаг лимонит (хүрэн төмрийн хүдэр), 5 – хүдрийн биет.

Олон төрлийн эрдсээс тогтсон тунамал чулуулаг дахь ордыг хувьсах параметруудээр тодоорхойлох ба илүү төвөгтэй хэлбэртэй байна. Ийм нөөцийн ялгарах онцлог нь исэлдлийн бүс ба холбогдох хүдрийн биетийн урд хэсэг, зах ирмэгүүд хоорондоо маш сайн зааглагдсан байдаг. Босоо буюу дээшээ чиглэсэн хэсэгт ойролцоо төрлийн исэлдсэн шавар-элсэн тунамалууд байна. Энэ тохиолдолд ураны эрдэсжилтэд голлох төв хэсэг гэж байхгүй, эсвэл бага хэмжээний төвтэй, мөн эмх замбараагүй хэл хэлбэртэй, ураны өндөр агуулгатай босоо бүс бүхий нэг ороомгон салаатай ч байдаг.

Хөрсний эвдрэлтэй бүс ба бусад тектоникийн бүтцээр хүдрийн биетийн шинж чанар, байрлал зэргийг хянах боломжтой. Хөрсний эвдрэлтэй бүс ба бусад тектоникийн бүтцүүд гүний усны урсгалын чиг бүртэйгээ холбогдсон тусгаарлагдмал хүдрийн бүсүүдийг үүсгэдэг. Мөн давхаргуудын хотгор гүдгэрийг даган хүдрийн биетийг бий болгодог.

Томоохон ролл фронт хэлбэрийн ордууд олон төрлийн литологийн нэгжтэй, зургаагаас дээш горизонтой олон тооны чулуун давхаргуудад эрдэсжилтэй байна (Зур. 3.3 g,h).



Зур. 3.3. Ролл фронт хэлбэрийн ордын зураг: а – ердийн шугаман, b – хэлтэй төстэй, c – олон хэсэг муруйнуудтай, d – эвдрэлээр хуваагдсан, e – нэг горизонт дотроо хуваагдсан, f – урд хэсэггүй, g – нэгэн төрлийн урсгалын чигтэй усархаг давхарга дотор олон түвшинтэй ороомгон эрдэсжил, h – өөр өөр урсгалын чигтэй усархаг давхаргад байх хоёр түвшний ороомгон эрдэсжилт.

Үүнээс гадна, ёроол хэсэгтээ (эртний гол мөрний сав газар) таслагдан үлдсэн үндсэн судлуудтай холбогдох хүснэгт хэлбэртэй ураны орд бүр төвөгтэй бүтэц үүсгэсэн байдаг. Ийм ордод үелсэн ба бага хэмжээний тууз хэлбэрийн хүдрийн биетүүд давамгайлдаг бөгөөд 2-3 км урт, 300-600м өргөн, 5-11м зузаантай байна

Эдгээр элсэн чулуун (ролл фронт, хүснэгт хэлбэрийн аль ч) ураны орд нарийн тодоорхойлсон геологийн хил хязгаар байж болно. Нөөцийн хил хязгаарыг зурах нь нарийн мэргэшсэн хайгуулын геологич шаардсан хэцүү ажил. ажилбаруудыг дэс дараатай зохион байгуулснаар уусган баяжуулахад хамгийн тохиромжтой аргыг сонгох, хайгуулын талбайн хүрээг зөв тогтоох, цооног хоорондын зайг тааруулах, цооногийн хаалтын байрлалыг төлөвлөх зэргийг сайжруулахад тустай.

Хамгийн бага зүсэлт, хамгийн бага хэмжээнд тааруулсан зузааныг (метр хувиар) тооцоолон хүдрийн биетийн зураглалыг хийдэг. Үүний тулд дараах нөлөөлөх факторуудыг дөрвөн бүлэг болгон авч үзнэ. Ордын хөндлөн чиглэлийн дагуу нэвтрэх байдал, литологийн төрлөөр орд болгон ангилдаг хамгийн чухал факторууд эхний бүлэгт хамаарна:

1. Гидравлик дамжуулалтын зөвшөөрөгдөх хамгийн бага хэмжээ (ихэнх ордын хувьд өдөрт $C_{min}=0.5$ -аас 1 м)
2. Шавар-аргиллитын зөвшөөрөгдөх хамгийн их хэмжээ (хүдэр, чулуулгийн бүтцээс хамаарч 20-оос 40%)
3. Ашигтай усан давхаргын элсэн чулуулгийн зузаантай харьцах хүдрийн зузааны харьцаа (1:1-1:10)
4. Хүдрийн нэвчих чанарыг түүнийг хашиж байгаа чулуулгийн нэвчих чанартай харьцуулсан харьцаа (ихэнх тохиолдолд 1:5) орно.

Уусган баяжуулахтай холбоотой агуулагч чулуу, хүдрийн биетийн бүрэлдэхүүний орон зайн өөрчлөлтөөс хоёрдугаар бүлгийн факторууд хамаарна. Иймд хүдрийн эрдэсжилт, нүүрсхүчлийн эрдсүүд, шавар, сульфид, органик материалуудын бүрэлдэхүүн, тархалтыг тооцох хэрэгтэй. Уран агуулсанчулуу болон хүдрийн гео-химийн шинж чанар, уусалт, нэвчилтийг тодоорхойлохын тулд янз бүрийн литологийн нэгжээс судалгаа хийх дээж авна. Блок бүрт буюу хайгуулын талбай бүрт эдгээр характеристикиудыг багтаасан зураглал гаргана.

Эдийн засгийн хувьд хамгийн бага зүсэлтийн параметр, тухайн ордын хүдрийн зэрэглэл, зузааны тархалтын дагуу хүдрийн биетийн зураглал гаргахтай гуравдугаар бүлгийн факторууд шууд холбогддог. Зураглалд уусган баяжуулах процесст нөлөөлж болох бүх элементийн тархалтыг оруулсан байна.

Дөрөвдүгээр бүлгийн хүчин зүйлүүд ундны усанд нийлдэг **горизоныг** хамгаалах байгаль орчны хамгаалалтай холбогдоно.

3.3.2. Ураны эрдэсжилийн зураглал [1-4, 9, 10]

Хүдрийн солбицол дээрх ураны агуулга, зузаан зэрэг ураны эрдэсжилтийн **параметрыг** тодоорхойлох гол арга бол гамма каротаж юм. Гамма каротажийн тоон боловсруулалтыг хоёр үе шатаар хийнэ. Үүнд эрдсийн үнэлгээг талбай дээр нь хийх граfiкийн үе шат ба хүдрийн чийгийн агууламжийн өөрчлөгдсөн, цацраг идэвхийн тэнцвэргүй үед засвар оруулах зэрэг компьютер тооцооллын үе шат орно. Граfiкийн каротажийг боловсруулах үед эрдэсжсэн завсар шугаман хуваариар харагдаж байх ба өрмийн нүхний нарийвчилсан геологийн баганаар хөрвүүлнэ.

Хүдэр агуулсан элсэн чулуулгийн завсрыг дагуулан геологийн баганыг байгуулах ба ихэвчлэн 1:50 хуваарьтай байна. Хамгийн сүүлд тоон утга руу хувиргах компьютер тооцооллыг 10-сантиметр суурийн хувьд стандарт программ ашиглан хийнэ.

Гамма каротажийг тоон утга руу хувиргахын тулд дараах хэмжигдэхүүнүүдийн хувьд засварын коэффициентуудыг оруулах шаардлагатай: өрмийн шингэн (эсвэл шавар) дэх гамма цацрагийн шингээлт,

(шаардлагатай тохиолдолд), нүхний сав, хүдрийн чийгийн хэмжээ, нягт, уран-ради, радоны цацраг идэвхийн ба химийн тэнцвэр тогтоогүй үед тохируулга хийх коэффициент (c_0), нийлбэр гамма цацрагийн утгад кали, торийн эзлэх хэмжээг тогтоох зэрэг орно.

Хүдрийн завсар дахь өрмийн нүхний диаметр, ашигласан өрөм, хананы зузаан, өрмийн орчин буюу шаврын нягт зэргийг тогтмол тооцоолсноор өрмийн орчин, өрмийн нүхний савдшингээгдэх гамма цацрагийн шингээлтийн коэффициентийг олж болно. Элсэн чулуун ордыг илрүүлэхэд өрмийн нүхний диаметр 76 – 112 мм байдаг. Өрмийн нүхний 10 – 15%-д каротаж хийж байхаар штангенциркуль микрометр ашиглан хүдрийн завсар дахь бодит нүхний диаметрийг тодоорхойлно. Өрмийн шаврын ердийн нягт $\sim 1.2 \text{ г/см}^3$ байна.

Уран нь задралын бүтээгдэхүүнүүдтэйгээ цацраг идэвхийн тэнцвэрт оршиж байгаа гэж үзвэл тохируулгын коэффициент c_0 нь ураны концентрациас гарах гамма цацрагийн тоологдох хэмжээнээс хамаарна. Гамма каротажийн хэмжилтийн хамгийн эхний спектрт ради, түүний задралын бүтээгдэхүүнүүдээс гарах гамма цацраг бүртгэгдэнэ. Хүдрийн найрлагадаа цахиур, хөнгөн цагаан-цахиур болон бага хэмжээний карбонатууд агуулж байх уран агуулсан *ролл фронт* хэлбэрийн элсэн чулуун ордын хувьд тэнцвэр тогтсон ураны 0.01% тутамд c_0 тохируулгын коэффициентийг 8.2 nA/kg хэмжээтэй байхаар ашиглана. Гамма каротажийн боловсруулалтад чулуулгийн нягт, чийгийн агууламжийг тогтмол гэж үзнэ. *Ролл фронт* хэлбэрийн элсэн чулуун ордод торийн агуулга $3 - 6 \cdot 10^{-4} \%$, кали $1.4 - 2.2 \%$ - ийг **эзлэнэ**. Эдгээр элементүүдийн хувьд ийм хэмжээний агуулгатай байхад засварын коэффициент хийх шаардлагагүй.

Ураны цацраг идэвхт задралаар ради, тори-234, радон болон бусад цацраг идэвхт изотопуудын хуримтлал үүснэ (Хүснэгт 3.1.).

Хүснэгт 3.1. Уран, радийн задралын характеристик

Изотоп	Хагас задралын үе, жилээр	Задралын тогтмол	Цацрагийн төрөл	^{238}U -тай тэнцвэрт орох изотопын хэмжээ
^{238}U	$4.51 \cdot 10^9$	$4.88 \cdot 10^{-18}$	альфа/гамма	1
^{234}U	$2.48 \cdot 10^5$	$8.88 \cdot 10^{-14}$	альфа	$5.4 \cdot 10^{-5}$
^{230}Th	$7.52 \cdot 10^4$	$2.92 \cdot 10^{-13}$	альфа/гамма	$1.61 \cdot 10^{-5}$
^{226}Ra	1622	$1.36 \cdot 10^{-11}$	альфа/гамма	$3.49 \cdot 10^{-7}$
^{222}Rn	3.8 өдөр	$2.10 \cdot 10^{-6}$	альфа	$2.17 \cdot 10^{-12}$

Гүний усны судалтай холбогдсон ролл фронт хэлбэрийн ураны ордод цацраг идэвхийн тэнцвэр алдагдсан гэж үзнэ. Тори-230 ба радийн хувьд гамма каротажийн засварын коэффициент хийх нь илүү практик ач холбогдолтой. Ради нь сульфат, карбонатын орчинд уусдаггүй ч хлоридийн

болон бикарбонатын орчинд зөөгддөг. Тори–230 бол гадаргын элэгдлийн бүсийн инертийн хий бөгөөд усан орчинд зөөгддөггүй.

Ураны бүлийн гол гамма цацаргагчид RaB, RaC(ураны бүлийн гамма квантын нийт 1.785мэВ энергийн 0.208мэВ-ийг RaB, 1.572мэВ-ийг RaC эзэлдэг) учраас уран, радийн тэнцвэрийн төлвөөс цацрагийн хэмжилтийн үр дүн ихээхэн хамаарна. Тэнцвэрт орсон радийн спектрийн гамма квантын дундаж энерги 0.86 мэВ байдаг. Байгалийн нөхцөлд ради, радонтой тэнцвэрт оршино. Радоны хагас задралын үе 3.82 өдөр байна. Гэвч өрөмдлөгийн явцад ради, радоны тэнцвэр алдагдаж болно.

Уран, радийн цацраг идэвхт тэнцвэрийн **коэффициентийг** (C_{er}) дараах томъёогоор олно:

$$C_{er} = 2.94 \cdot 10^6 \frac{C_{Ra}}{C_U}$$

энд, C_{Ra} ба C_U – **дээжинд** дэх уран, радигийн агуулга.

Тэнцвэрт орсон ураны нийт массын харьцаа:

$$C_{er} = \frac{C_{Ra}}{C_U}$$

Уран, радийн хооронд тэнцвэр тогтсон тохиолдолд $C_{er} = 1$ байдаг. Геохимийн бүс, талбай тус бүрд C_{er} хэмжээ өөр байна (Зур. 3.4).

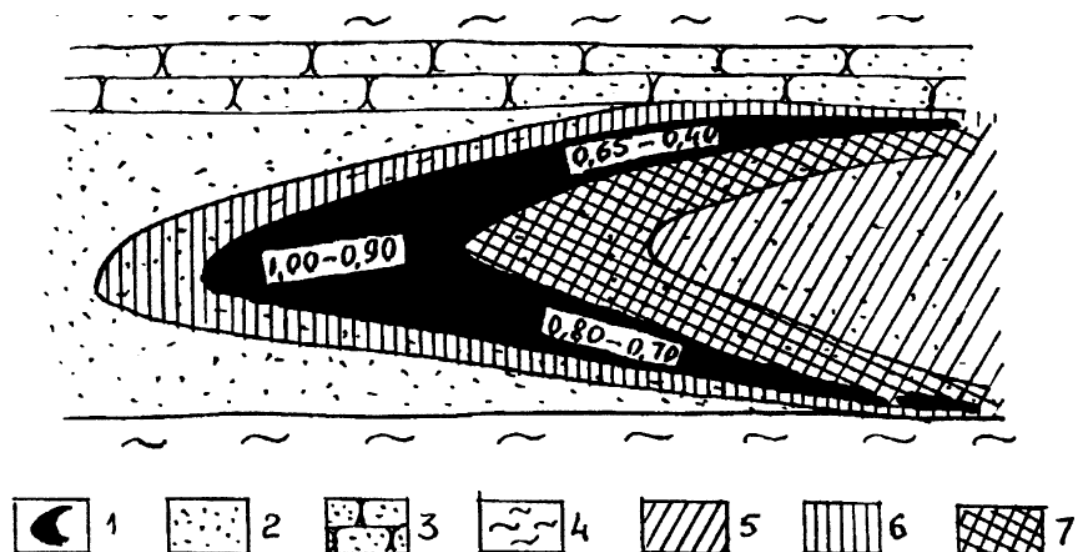
Геологи хайгуулын үед том хэмжээний талбайн хувьд тогтоосон дундаж утгыг хэрэглэх бол C_{er} – ийн стандарт хазайлт 0.25–аас хэтрэхгүй (Зур. 3.5) байна. Судалж буй **завсарын** (t_i) зузаанаас хамаарч авсан дээж (завсар) бүрээс дундаж C_{er} - ыг тодоорхойлно:

$$C_{er} = \frac{\sum t_i C_{Ra}^i}{\sum t_i C_U^i}$$

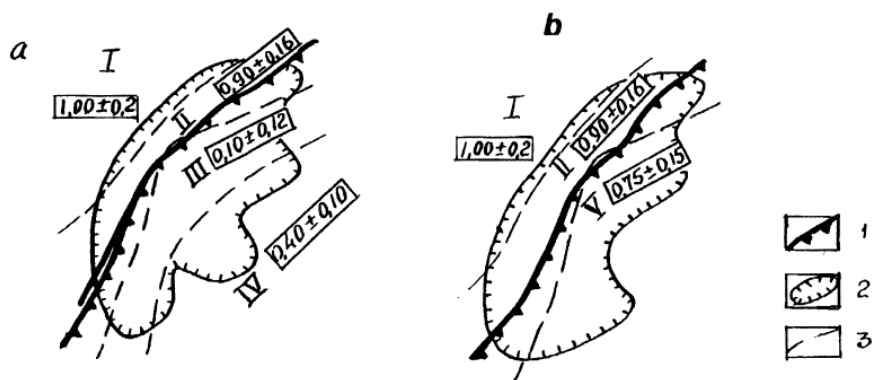
энд, C_{Ra}^i ба C_U^i - авсан дээж (завсар) бүрийн ураны тэнцвэрт агуулагдах уран, радийн эзлэх хувь. Дундаж C_{er} – ын утга ихэвчлэн ~ 0.80 байдаг ч тодоорхой ордын хувьд 0.9–0.5–ын хооронд байж болно. Өрөмдлөгийн шингэн буюу шавар нь гүний усны радоньг дэгдээдэг учраас ихэнх тохиолдолд өрөмдлөгийн явцад ради, радоны тэнцвэр алдагддаг. Өрөмдлөгийн нүхний орчинд өрмийн орчны нэвтрэх гүн 15 – 40 см байна. Энэ нь каротажийн үед гамма цацрагийн эрчмийг бууруулахад тустай хэмжээ.

Гамма каротажийн үр дүн болон керн дээжийн шинжилгээний үр дүнг харьцуулан радонь дэгдэх эффектйг олж болно. Радонь дэгдэх эффектйин засварын утгыг олохын тулд ордын дагуу жигд тархсан хүдрийн гол хэсгийг агуулсан 10–15 нүхэнд (хүдрийн 25–30 завсар) шинжилгээ хийнэ. Ради, радонь тэнцвэр алдагдсан эсэхийг тогтоохын тулд 20–25 өдөр шаардлагатай

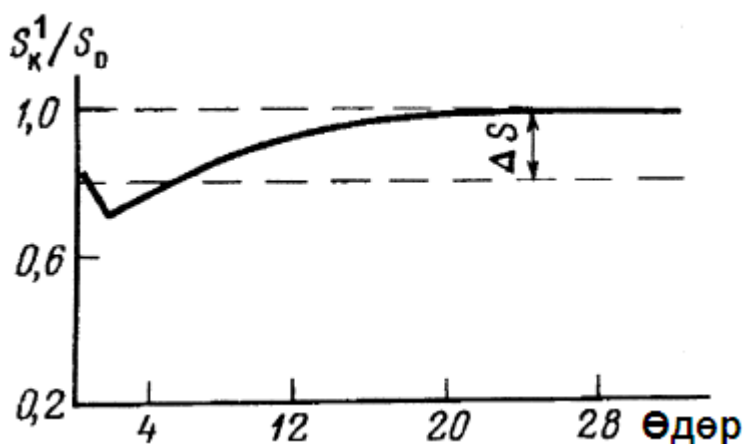
гэдгийг санах хэрэгтэй. Ради, радоны тэнцвэртэй (S_1) байх үеийн утгыг эхний каротажийн үеийн (S_2) утгатай харьцуулсан диаграммаас (Зур. 3.6) дэгдэх коэффициентийг олно.



Зур. 3.4. Ролл фронт хэлбэрийн ураны орд дахь уран, радийн цацраг идэвхийн тэнцвэрийн харьцааг харуулсан хэсэг: 1 – ураны хүдрийн орд, 2 – элс, 3 – элсэн чулуулаг, 4 – шавар, 5 – исэлдлийн бүс, 6 – эхний радигийн хало; 7 – үлдсэн радийн хало; тоонууд – хүдэр дэх C_{er} утга ($C_{er} = C_{radium}/C_{uranium}$).



Зур. 3.5. Ролл фронт хэлбэрийн орд дахь алдагдсан цацраг идэвхийн тэнцвэрийг ажиглах схемчилсэн зураг: а – ороомог, дээшээ чиглэсэн салаа, б – ролл фронт, доошоо чиглэсэн салаа, 1 – исэлдлийн бүсийн зааг, 2 – ордын хүдрийн хязгаар, 3 – C_{er} бүсийн хязгаар. Ром тоонууд – C_{er} бүсийн дугаар, дөрвөлжин доторх тоонууд – C_{er} ба стандарт хазайлт s – ын дундаж утга.



Зур. 3.6. Өрөмдлөгийн нүхийг ухаж дуусгасны дараа гамма каротажийн хэмжилтээс авсан радон/радийн харьцааны өөрчлөлт. ΔS – ради, радоны тэнцвэрийн дэх гамма-аномалийн өсөлт.

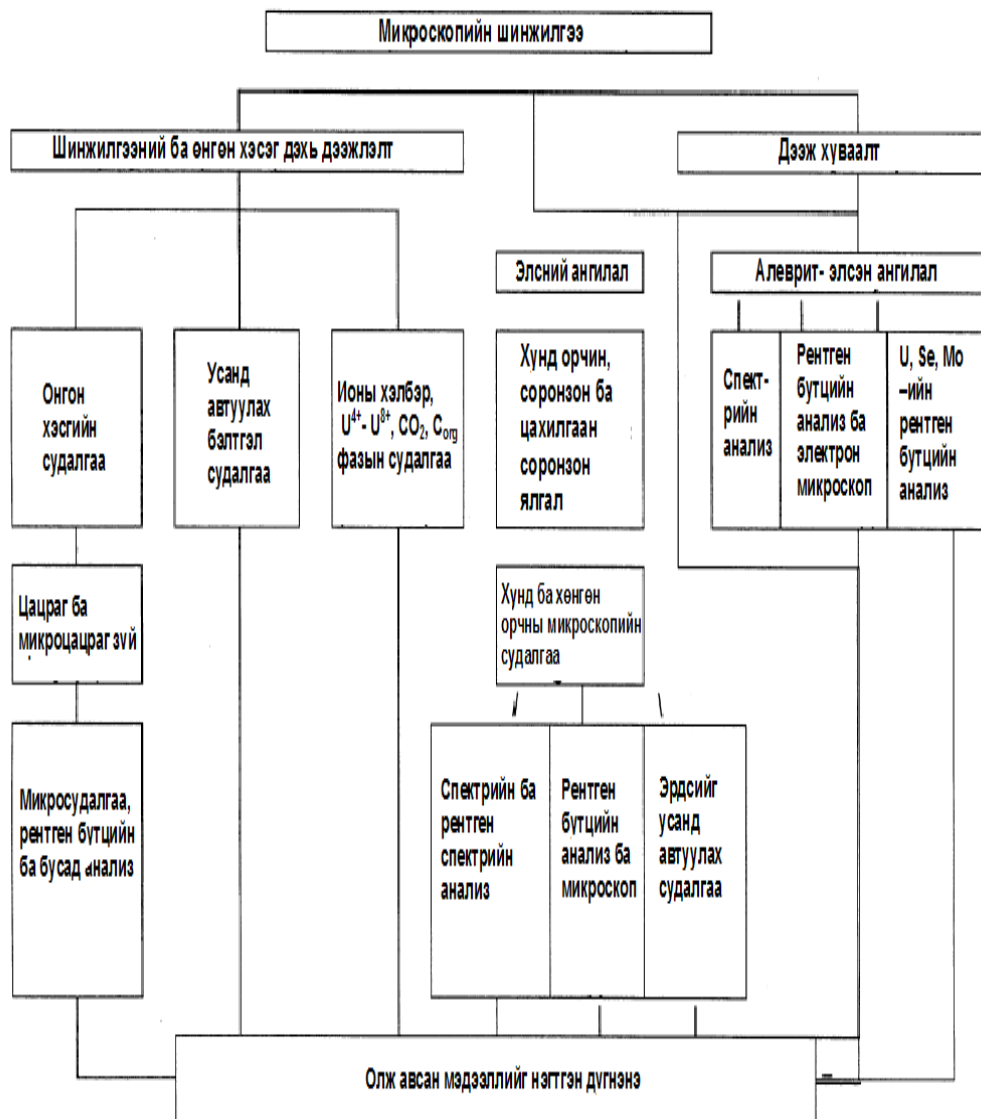
Дээр дурдсаны дагуу гамма каротажийн хэмжлийн үр дүнгийн үнэмшлийг шалгахдаа керн дээжийн химийн **анализийн** үр дүнтэй харьцуулж болох ч нейтрон хуваагдлын каротажийн (НХК) аргаар шалгах нь илүү найдвартай. Нейтрон хуваагдлын каротажгаар чулуулаг дахь ураны агуулгыг шууд хэмждэг. Энэ аргад цацраг идэвхт тэнцвэрийн алдагдал, радон дэгдэлтийн засварын коэффициентуудыг оруулах шаардлагагүй. Иймд НХК-ийн аргаар чанарын хяналт хийх ба шаардлагатай бол гамма каротажийн засварын коэффициент тодорхойлоход ашиглаж болно. Гэвч НХК арга цаг их ордог, үнэ өртгийн хувьд ч өндөр байдаг. Эдгээр шалтгааны улмаас цацраг идэвхийн тэнцвэр тогтоогүй байсан ч хайгуулын үед гамма каротажийн аргыг хэрэглэсээр байгаа юм.

3.4. АГУУЛАГЧ ЧУЛУУЛАГ БА ХҮДРИЙН БҮТЭЦ НАЙРЛАГЫН СУДАЛГАА

Талбай дээр нь шинжилгээ хийх, цуглуулсан материалд анхан шатны боловсруулалт хийх гэсэн хоёр үе шатаар химийн болон эрдсийн найрлагын судалгааг явуулна.

Талбайн шинжилгээнд элементийн агуулга, хашиж буй чулуулгийн (элс, аргиллит, шавар гэх мэт) найрлагаараа ялгаатай хоёр төрлийн керн дээж, жишиг дээж сонгож авна. Талбайн хэмжээнд эрдсийн харилцан үйлчлэл, бүтэц шинж чанарыг ойлгож (микрохимийн энгийн урвал ашиглан) эрдсийн урьдчилсан үнэлгээ хийхийн тулд талбайн шинжилгээнд чулуулаг, хүдрийн урьдчилсан макро ба микроскопийн судалгаа хийнэ.

Жишиг дээжийг лабораторийн нөхцөлд бэлтгэнэ. Зарим хэсгийг олон төрлийн нарийвчилсан судалгаанд сонгож авна. Дээжийн найрлага тодорхойлох судалгааны хялбарчилсан схемийг Зураг 3.7.-д харуулав.



Зур. 3.7. Элсэн чулуун ураны хүдрийн материалыг судлах лабораторийн шинжилгээний дараалал

Шинжилгээний зорилтод:

1. Хүдрийн химийн найрлагыг тодорхойлох
2. Гол хүдрийн эрдсийн характеристик, тэдгээрийн бүтэц, шинж чанар, уран болон холбогдох бүрэлдэхүүний тархалт, хэлбэрийг тодорхойлох
3. Эрдэст хэрэглэх үндсэн урвалжийн хэмжээ, найрлагыг сонгох орно.

Эдгээр зорилтуудыг хэрэгжүүлэхийн тулд уламжлалт хими, оптикийн аргаас эхлээд орчин үеийн физикийн арга аргачлалыг хэрэглэх шаардлагатай болдог (Хүснэгт 3.2).

Хүдэр уусгах аргыг тодоорхойлдог элементүүдийн тоо хэмжээ (SiO_2 , Al_2O_3 , CO_2), уусгах процесст нөлөөлж болзошгүй элементийн агуулга (Fe^{2+} , Fe^{3+} , C_{org} , $\text{S}_{\text{sulphide}}$, Ca), мөн уран болон холбогдох бүрэлдэхүүний тухай мэдээлэл цуглуулах нь хүдрийн химийн найрлагыг судлахын гол зорилготой юм.

Химийн анализын үр дүнгээр эрдсийн стандарт агуулгыг дахин тодоорхойлно. Хүдрийн химийн найрлагыг тодоорхойлоход хэсэгчилсэн ба бүрэн химийн **анализийн** уламжлалт аргууд, спектр, задралын спектр (Re), рентген спектр (U, Th, Zr, Se, Mo), атом шингээлт (Sc, REE, Mo), фотометр (газрын ховор элементүүд), идэвхжүүлсэн нейтрон (Sc), колориметр (S, C), дулааны зөрүү, дулааны **гравиметрын** (CO_2) арга болон бусад аргыг хэрэглэж болно.

Чулуулаг дахь цацраг идэвхт материалын тархалтын үнэлгээг авто-радиографийн ба F-радиографийн аргаар хийнэ. Оптик микроскоп ашиглан уламжлалт аргаар хүдрийн эрдсийн бүтэц-шинж чанарын судалгаа, үнэлгээ хийнэ.

Хүчил их зарцуулдаг ихэнх карбонатын эрдсийн бүлгийн судалгааны гол аргуудад оптик, усанд автуулах (immersion), химийн боловсруулалт, люминесценц, будах (tinting) аргууд орно. Дулааны зөрүү, дулааны **гравиметрын** аргуудаар бас эрдсийн хэлбэр, дээжийн карбонатын хэмжээг тодоорхойлж болдог. Оптик, дулааны аргуудаас гадна, рентген бүтцийн ба хэт улаан туяаны спектроскоп ашиглаж болно [6].

Эрдэс шаврын судалгаа, үнэлгээг оптик, рентген бүтцийн анализ, хэт улаан туяаны спектроскоп, дулааны анализ, электрон спектроскоп ашиглан хийнэ. Элементийн химийн ба битум анализээр органик материалыг судална.

Керн дээжийн шинжилгээний үр дүн, каротажийн үр дүн, лабораторийн судалгааны мэдээллийг нэгтгэн 1:1000 – 1:500 хэмжээтэй баганан хуваарьт оруулах ба эрдэсжсэн хэсгийн хувьд 1:200 – 1:500 хуваарьт оруулна. Багана нь (геологийн хэсэг, зураглал зэрэг) геологийн нэмэлт мэдээллийг харуулдаг.

Цооногийн каротаж ба каротажийн диаграммын дараа хэд хэдэн боловсруулалтаар керн **дээжинд** шинжилгээ хийнэ. Гамма каротажгаар олсон **аномал завсарын** гүний хэмжээгээр цооногийн нүх рүү цацрагийн багаж оруулан **аномал** цацраг идэвхтэй керн дээжийн байрлалыг олно. Дээжийг өрмийн шингэн, шламаас цэвэрлэх ба олон дээж авах бол урт тэнхлэгийн дагуу тууш нь хагалж авна. Керн дээжийн нарийвчилсан цацраг идэвхийг гаргаж гарсан үр дүнг хүдрийн **завсарын** гүн, керн дээж гаргаж авах хувь хэмжээ, дээжийн урт зэргийг нарийн тогтоох зорилгоор гамма каротажийн үр дүнтэй харьцуулна.

Хүснэгт 3.2. Газар дор уусган баяжуулах аргад агуулагч чулуулаг ба

Хүдрийг тодорхойлох судалгааны аргууд

№	Судалгааны арга	Судалгааны объект	Судалгаар олж авах мэдээлэл (шинжилгээний үр дүнгийн нарийвчлал)	Материалын хэмжээ, гр
1	2	3	4	5
1.	Силикатын бүтэн химийн анализ	Агуулагч чулуулаг ба хүдрийн дээж	Технологийн параметруудийг тодорхойлдог, хүдрийг бүрдүүлж буй элементийн агуулга. Эрдсийн найрлагад стандарт тооцоолол хийх материал	30
2.	Fe ⁺ , Fe ³⁺ , S _{sulph} , Ca – ийн хэсэгчилсэн химийн анализ (CO ₂ , CO _{org})	адил	Газрын дор уусган баяжуулах аргад нөлөөлж болзошгүй элементүүдийн мэдээлэл	5 – 10
3.	Силикатын рентген спектр	адил	11 элементийн мэдээлэл	3 – 5
4.	Спектр, задралын спектр	Хүдрийн дээж, металлометрийн дээж, гранулометрийн (үйрмэг материалын хэмжээг хэмжигч) дээж, моно-эрдсийн хэсэг	Хүдэр дэх химийн элементүүдийн мэдээлэл (17 – 35 элемент)	2
5.	Рентген спектрийн анализ (U, Th, Zr, Mo, Se, As)	адил	Хүдрийн ба дагалдах элементүүдийн тархалт, агуулгын мэдээлэл	10
6.	Задралын спектр (Re 0.3 гр/тн)	Хүдэр, дан хэсэг, эрдсийн дээж	0.3 гр/тн – оос дээж агуулгатай хүдэр дэх Re тархалтын мэдээлэл	2
7.	Кинетик фотометрийн арга	Хүдэр, дан хэсэг, эрдсийн дээж	1·10 ⁻⁶ - 0.5% завсарт орших агуулгатай Re мэдээлэл	2
8.	Нейтрон идэвхжилийн арга	адил	n·10 ⁻⁶ - n·10 ⁻³ завсарт орших агуулгатай REE (газрын ховор элементүүд), Se, V мэдээлэл	0.5
9.	Фотометрийн ба арсеназо-3 арга	адил	3·10 ⁻⁴ – 5% завсарт орших агуулгатай бүх газрын ховор элементийн мэдээлэл	1
10.	Химийн фазийн анализ	адил	Карбонат, Fe нэгдлүүд, U ⁴⁺ , U ⁶⁺ - ын тоон харьцаа	

11.	Авторадиографийн арга	Хүдрийн овоолго ба өнгөн хэсэг	Цацраг идэвхийн тархалтын мэдээлэл	
12.	Микрорадиографийн арга	Ил, ил-өнгөн хэсэг	Тухайн орон нутгийн цацраг идэвхийн тархалтын мэдээлэл, ураны агуулгын мэдээлэл	
13.	F – радиографийн арга	Ил, ил-өнгөн хэсэг	Эрдэс, чулуулаг дахь ураны агуулга, тархалтын мэдээлэл	
14.	Оптик арга, микроскоп дурангийн судалгаа	Дээж, өнгөн хэсэг	Дээжийн шинжилгээ, хүдрийн бүтцийн үнэлгээ, моно-эрдсийн дээжийн эрдэс хүдрийн тархалт	
15.	Дамжуулагч гэрлийн судалгаа	Нарийн хэсэг	Хүдэр биш эрдсийн үнэлгээ, тэдгээрийн тоон харьцаа, бүтэц, шинж чанар	
16.	Ойсон гэрлийн судалгаа	Эрдэс хүдрийн хайлмал бэлдэц, өнгөн хэсэг	Эрдсийн үнэлгээ гаргах, гол эрдсийн хэсгийг тусгаарлах, тэдгээрийн бүтэц, шинж чанар, хэмжээг олох, микро-анализ, электрон микроскопийн судалгааны объектыг тодорхойлох	
17.	Бичил хатуу чанарыг тодорхойлох	Өнгөн хэсэг	Морфологийн төрөл, үнэлгээг тогтоох	
18.	Ойлтоор тодорхойлох	адил	Морфологийн төрлийг тогтоож үнэлгээ хийх	
19.	Усанд автуулах бэлдэцийн судалгаа	Эрдэс бус материал (карбонат, шаврын эрдэс)	Оптик шинж чанараар эрдсийн үнэлгээ хийх	
20.	Электрон микроскоп	Эрдсийн тухайн байрлалууд	Эрдэс хүдрийн гадаргуугийн морфологи, тэдгээрийн тус бүрийн ба нийт хэмжээний талаарх мэдээлэл	
21.	Электрон микропроб арга	Эрдсийн хамгийн жижиг хэсэг	1 микроноос бага хэмжээтэй бүрэлдэхүүний хагас тоон хэмжээ	
22.	Микродифракцийн арга	Эрдсийн хамгийн жижиг хэсэг	Сайн тарж муу кристаллжсан эрдсийн кристалл торийн мэдээлэл	
23.	Рентген микроанализ	Өнгөн хэсэг	2 – 2.5 микроном хэмжээтэй цэгт 0.1 – 0.001% нарийвчлалтай эрдсийн тоон анализын мэдээ	3
24.	Дулааны анализ	Хүдрийг хашиж буй чулуулгийн хүдрийн дээж	Карбонат, шаварлаг эрдэс, гялтгануурын үнэлгээ Карбонат, шаварлаг эрдэс, гялтгануур, органик нэгдлүүдийн тоон ба хагас тоон анализ мэдээ	0.5
25.	Хэт улаан туяаны спектрометр	адил	Эрдсийн үнэлгээ, эрдсийн кристалл – химийн чанар, дан эрдсийн (каолинит, карбонат) агуулгын судалгаа	
26.	Рентген бүтцийн анализ	Эрдэс, хүдрийн дээж	Эрдсийн үнэлгээ, кристалл торын параметруудыг олох, рентген шингээлтийн (карбонат, хлорид, шаварлаг эрдэс) эрдсийн агуулгын тоон ба хагас тоон мэдээ	

Гамма каротажаар керн дээжийн гаргалт хүдрийн завсрын 70%-аас дээш байвал **дээжинд** ураны шинжилгээ хийнэ. Мөн цөөн тооны **дээжинд селени**, молибдений шинжилгээ хийнэ. Дээжийн геологийн тодоорхойлолтыг үндэслэж цацрагийн, **селени**, молибдений шинжилгээг ашиглан дээж авах хэсгийн завсрыг каротажид зааж өгнө. Ингэхдээ дараах дүрмийг баримтална:

1. Дээж авах хэсэг нь цацраг идэвхийн хэмжээ, **селени**, молибдений агуулгаараа ойролцоо төдийгүй гео-химийн төстэй төрөлд оршдог, чулуулгийн найрлагаараа нэгэн төрөл байх ёстой. Үүнээс гадна, ус нэвтрүүлдэг ба нэвтрүүлдэггүй, түүнчлэн исэлдсэн ба хорогдсон чулуулгийг нэгэн зэрэг агуулаагүй байх шаардлагатай.

2. Хүдрийн завсрын өргөн 1 метрээс бага байвал дээж авах хэсгийн өргөн 20–30см, 1–2м бол 30–50см, харин хүдрийн завсрын өргөн 2 метрээс дээш бол дээж авах хэсгийн өргөнийг 1 метрээс ихэсгэж болно.

3. Хүдрийн бүс дотор хүдэр, чулуулаг тодоорхойлох хэсгийн урт 20 сантиметрээс хэтрэхгүй байна.

4. 3.5 nA/kg–аас дээш эрчимтэй их хэмжээний цацраг идэвхтэй гэж тодоорхойлогдсон завсрын дээжээр уран, радийн агуулгыг тодоорхойлох ба хүдрийн завсар бүрийн дээд хэсэг, ёроол хэсгээс хоёр дээж авна.

5. Хүдрийн завсрын дээд хэсэг, ёроол хэсгээс селени, **молибдени** тодоорхойлох дээжийг керн дээжээс тусад нь авна.

Туршилтын үр дүн, дээжийн шинжилгээний хариу зэргийг туршилтын журналд тэмдэглэнэ.

Эзлэхүүний масс, чийгийн агууламж, ширхэглэгийн хэмжээ, тархалт, карбонатын агуулгыг тодоорхойлохоор сонгосон дээжийн шинжилгээг ашиглан физик шинж чанар, материалын бүтцийг тодоорхойлно.

Жишиг хэсгээр сонгон авсан ижил материалыг агуулагч чулуулаг, хүдрийн эрдэс-геохимийн шинж чанар, газрын дор уусган баяжуулах аргад нөлөөлж болох бусад (C_{org} , битумен, P_2O_5 , шаврын хольц, төмрийн нэгдлүүд гэх мэт), бүрэлдэхүүний агуулга, түүнчлэн нягт, чийгийн агууламж зэргийг тодоорхойлоход ашиглана.

Орд дахь хүдрийн биет тус бүр дээр дээрх хэмжигдэхүүнүүдийн дундаж үнэмшлийг тодоорхойлохдоо усан давхаргын өөрчлөлт бүрд 30–40 дээж авна. Дээжийг эвдэгдээгүй бүтэцтэй, байгалийн чийгийн агууламжтай цэвэр кернээс авна. Лабораторийн нөхцөлд усны физик шинж чанарыг тодоорхойлохын тулд керн дээжийг шүүлтүүр (cheese cloth) даавуунд ороон парафинаар өнгөлж шавар, шламнаас цэвэрлэсэн байна (Бүлэг 5.-ыг хар).

Хүдэр агуулж байгаа усан давхаргын бүх хэсэгт уран агуулагч чулуулаг, хүдрийн тархалтын хэмжээг тодоорхойлох зорилгоор дээжлэлт хийнэ. Хэсэг бүрийн диаметрийн дагуу дөрвөн дээж авна. Дээж зөвхөн нэгэн төрлийн чулуулаг агуулсан байх ёстой. Зарим сорьцонд карбонатын (CO_2) агуулгыг тодоорхойлох шинжилгээ хийнэ. Гранулометрийн найрлага, карбонатын агуулгыг тодоорхойлох шинжилгээ хийхэд хүдрийн орд, хүдрийн биет, цооногийн хэмжээ зэрэг параметруудийн өөрчлөлтөөс дээж авах торлол хамаарна.

3.5. ГАЗАР ДОР УУСГАН БАЯЖУУЛАХ АРГА ДАХЬ УРАНЫ ОРДЫН ХАЙГУУЛ

3.5.1. Газар дор уусган баяжуулах аргад ураны ордын зураглал гаргаж хайгуул хийх

Гидродинамик хуулийн дагуу газар дор уусгах шингэнийг сонгох зэрэг уусгах аргын төлөвлөлтөд тодоорхой мэдээллүүд шаардлагатай учраас ураны газар дор уусган баяжуулах аргын зураглал гарган хайгуул хийхэд зарим хүчин зүйлүүдийг анхаарах ёстой болно. Элсэн чулуун ордыг гадаргаас эхлэн ухсан цооногоор дамжуулан газар дор уусгах аргаар уусгадаг. Хүдрийн ордын эзлэхүүнээс нэлээд их чулуулгийн эзлэхүүний дагуу уусмалын шингэнийг эргүүлнэ. Шингэний нэвчилт бол хүдрийг газрын дор уусган баяжуулж авахад тохиромжтой болгодог чухал шинж чанар юм. Хэрэв хүдэр шингэн нэвтрүүлдэггүй бол уусган баяжуулах процесс явагдахгүй. Түүнчлэн уусган баяжуулах арга хэрэглэхээр ордын хайгуулын ажил хийхдээ хүдрийн нэвтрүүлэх чанар, усан давхаргуудтэй зөв өнцгөөр параллель байгаа эсэхийг нягталсан нарийвчилсан судалгаа хийсэн байна. Гидрогеологийн бусад характеристикүүдийг ч мөн тодоорхойлсон байх шаардлагатай.

Агуулагч чулуулаг, хүдрийн хоёулангийнх нь геотехнологийн параметруудийг зайлшгүй судалсан байх хэрэгтэй. Нөөцийн хязгаар ба төлөвлөж буй цооногийн хязгаар хооронд том зөрүү гарахад олон өөрчлөлт бий болох учраас төлөвлөгөөнд уусгаж болохуйц нөөцийн хязгаарыг маш нарийн тодоорхойлох ёстой. Ийм өөрчлөлт гарсан тохиолдолд энэ нь гаргаж болох ураны хэмжээг бууруулж, гаргаж авах үнийг өсгөж болзошгүй учир ашиглаж буй аргаа өөрчлөх болдог. Мөн нэг цооногтой ба олон цооногтой талбайгаас гаргаж авч болох ураны дундаж хэмжээг тодоорхойлохдоо өндөр нарийвчлалтай байх ёстой. Ерөнхийд нь авч үзвэл газар дор уусган баяжуулах арга уламжлалт аргатай харьцуулахад шаардлага багатайд тооцогддог. Учир нь хүдрийн завсартаа хаалт хийсэн цооногтой байсан ч хэсгийн шингэний нэвчилт өргөн хэсгийг хамрах ба тухайн усан давхаргын өргөний нэлээд хэсэгтэй холбогддог учраас уламжлалт аргад гаргаж авч болох хүдрийн зураглал гаргахад илүү их шаардлагууд тавигддаг.

Мөн нөөцийн үнэлгээ хийн уусгахад хүдрийн биетийн зураглал гаргах, хүдрийн зэргийг тодоорхойлох зэрэгт тавигдах тусгай шаардлагууд ч бий. Газар дор уусгах аргаар амархан гаргаж болох хүдрийг эдийн засгийн ба эдийн засгийн бус хүдэр гэж ангилна. Эдийн засгийн бус хүдрийн ангилалд хамгийн бага зэрэглэл, хамгийн бага зэрэглэлийн зузаанаас (GXT) доош ангилалд багтах бүх хүдэр, эдийн засгийн бус ордууд төдийгүй зөвшөөрөх боломжгүй бага нэвтрүүлэх чанартай хүдэр бас ордог (иймд “уусгаж болохгүй эрдэс гэж нэрлэдэг).

Ролл фронт хэлбэрийн хүдрийн биетийн морфологи нь хүдэр агуулагч хэсгийн исэлдэл-элэгдлийн чигтэй **перпендукуляр** байрласан нүхний өрмийн шугамаар хүдрийн зураглал гаргах боломжийг олгодог. Нүхний эдгээр параллель шугамуудаар торлол үүсгэнэ. Урьдчилсан хайгуулын шатанд өрмийн торлолын баримжааг гаргадаг. Урьдчилсан хайгуулд ороомог

хэлбэрийн ордын исэлдлийн бүсийн байрлал, үндсэн судлуудад бий болсон хүснэгт хэлбэрийн ордын эртний хөндийн тэнхлэгээр төлөөлүүлэн тооцоо гаргадаг. Хэсгийн баримжааг хүдрийн биетийн дундаж чиглэлтэй **перпендукуляраар** тодоорхойлно. Хайгуулын өрмийн нүх хоорондын зайг төлөвлөгөөнд тусгасан хүдрийн биетийн тогтоц, гадаад хэлбэрээр ихэвчлэн тогтоодог. Шаардлагатай тохиолдолд илүү нарийвчилсан мэдээлэл авахын тулд өрмийн нүхний хэмжээг дурын хэмжээгээр багасгах ба зарим нэмэлт хяналтын хэсгүүдийг гол торлолд нэмж оруулж болно (Зур. 3.7.). Исэлдлийн бүс нь шахагдан багассан мөн төлөөлж буй ролл фронтынбайрлалыг тооцох талбайн хувьд нүх хоорондын зайг зарим тохиолдолд 2–4 дахин багасгадаг. Уусган баяжуулах аргад тохиромжтой ролл фронт хэлбэрийн ордыг илрүүлж, эдийн засгийн нөөцийг үнэлэхийн тулд Хүснэгт 3.3.-т үзүүлсэн торлолын параметруудийг хэрэглэж болно. Хэрэв хүдрийн орд маш гүн, хэдэн зуун метрээс их гүнд бол ороомгийн дотоод хэсэгт цооногийн торлолын зайг 25 м хүртэл бууруулна. Хэдэн арван метрийн гүнд орших өнгөцхөн нөөцийг 15 м-ийн торлолтой өрмийн нүх ашиглан үнэлэх ба зарим тохиолдолд зайг 10 м хүртэл багасгана.

Хүснэгт 3.3. Хүдрийн биетийн характеристикүүд ба үнэлгээ хийх өрмийн торлол

Нөөцийн тодоорхойлолт	C ₁ * ангиллын нөөцийн хувьд өрмийн нүх хоорондын зай (м)	
	хэсэг хооронд	хэсэг дотор
Том хэмжээтэй, өргөн, зөв хэлбэртэй, маш зузаан	400 - 200	100 - 50
Дундаж хэмжээтэй, өргөн, эмх замбараагүй хэлбэртэй, дундаж зузаантай	200 - 100	50 - 25
Өнгөцхөн хэмжээтэй, хязгаарлагдмал өргөнтэй, маш эмх замбараагүй хэлбэртэй, нарийхан	150 - 50	50 - 25

* - C₁ нөөц нь батлагдсан нөөцтэй тэнцүү байна.

Ерөнхийдөө хайгуул/үнэлгээний ажил нь хайгуулын үеийн туршид тодоорхойлогдсон ороомгийн (эсвэл хүснэгтэн хэлбэрийн) исэлдлийн бүсийн зургийг гаргахад чиглэдэг. Энэ зургаар хүдэр агуулсан талбайг олж газар дор уусган баяжуулж гаргаж авахад тохиромжтой нөөцийн урьдчилсан судалгаа хийдэг. Ороомог хэлбэрийн нөөцийн хувьд энэ ажилд 200–400 метрийн завсар дахь шугамд өрөмдсөн нүх бүхий 1600-800 метр тутамд өрөмдлөгийн шугамтай байна. Саарал өнгөтэй чулуулаг, исэлдлийн бүс хоёрын хоорондын заагийг тодоорхойлсны дараа тууш хэсгийн торлолыг 100м хүртэл багасгавал уран агуулсан бүсийг тодоорхойлоход илүү дөхөм болно. Ураны эрдэс агуулсан **дээжинд** шавар, карбонатын агуулгыг тодоорхойлох шинжилгээ хийнэ. Бусад параметруудээр газар дор уусгах аргын боломжийг судална. Өрөмдлөгийн нүхний (100–200 м) × (800-1600) торлолыг ашиглан эрдсийн

зураглал гаргах ба нөөцийн урьдчилсан үнэлгээг (таамагласан нөөцийн хэмжээтэй адил) хийнэ.

Хүснэгт хэлбэрийн нөөцийн үнэлгээг $400 \times (100-50)$ м –ийн торлолтой хайгуулын нүхээр илүү нарийвчлалтай хийх ёстой.

Исэлдлийн бүс олборлолтын хувьд ач холбогдолгүй учраас хайгуул – үнэлгээний гол зорилтуудын нэг бол исэлдлийн бүсийг орхих явдал юм. Энэ шатанд тодоорхойлох хүчин зүйл бол ордын хэмжээг тогтоох явдал байдаг. Бага хэмжээний нөөцтэй буюу геологийн тохиромжтой бүсэд байрладаг нэлээдгүй ураны тархацууд байдаг ч эдгээр нь үйлдвэрлэлийн хувьд ашиггүй. Үнэлгээний шатанд цооног ашиглан явуулсан (урсгалын хэмжээ, шингэн оруулах, шахах арга гэх мэт) гидрогеологийн зарим судалгааны үр дүнгээр литологийн хэсгийн судалгаа хийх, лабораторийн дээжийн шинжилгээ хийх зэргээр нөөцийн уусах чанарыг үнэлдэг.

Нөөцийн хайгуулын ажил хэд хэдэн үе шаттай байна. Ерөнхий буюу (урьдчилсан) хайгуулаар хүдрийн биетийн урьдчилсан зураглал гаргах, сонголт хийх, газар дор уусгах аргаар амархан олборлож болох C_2 ангиллын нөөцийн үнэлгээ хийх зорилготой. Зарим ордууд ялангуяа томоохон ордыг урьдчилсан дүгнэлтийн (P_1) түвшинд ангилна.

Урьдчилсан судалгааны үр дүнгээр ордыг үйлдвэрлэлийн хэмжээнд ашиглаж болох төлвийн судалгаа хийн Техник гүйцэтгэлийн тайлангийн бэлтгэл ажилд ашиглана. Боломжит уусган баяжуулах талбайд хийсэн талбайн уусгалтын туршилтын мэдээлэл холбогдох тооцоолол хийхэд шаардлагатай.

Ролл фронт хэлбэрийн ордын урьдчилсан хайгуулын шатанд өрөмдлөгийн нүх 400–800м зайтай байх ба нүхний зай 100–200м, зарим тохиолдолд 50м–ээс бага байна. Талбайн туршилтын үед талбайн газар дор уусган баяжуулалт хийж эхлэхдээ торлолын алхамыг дурын хэмжээгээр буюу 100–50м хүртэл буулгаж болно.

Үелсэн хилтэй ордын хувьд C_2 (RAR) ангиллын нөөцийн хайгуулын торлолыг ихэвчлэн (50–25м тутам) 200м байхаар тохируулдаг. Сонгосон газар дор уусгах аргыг турших үед бууруулж болно. Энэ шатанд урьдчилан бэлтгэсэн тусгай цооногийг ашиглан шингэн оруулах, шахах бусад туршилт явуулан талбайн гидрогеологийн бүх нөхцөлийг судалж мэднэ.

Нарийвчилсан үнэлгээ хийх хүдрийн биетийг сонгох нь урьдчилсан хайгуулын гол зорилго болно. Нарийн тогтоосон нөөцийн орд, геотехнологийн хэсгийн төрөл, хүдэр, эцсийн шийдвэр зэргийг уусган баяжуулах аргаар олборлож болох үндсэн хүдрийн бүсийн хэмжээг харж шийднэ. Урьдчилсан судалгааны дүн сайн гарч цаашид ашиглах боломжтой бол ордод нарийвчилсан судалгаа хийнэ.

Нарийвчилсан судалгаанд газар дор уусгах аргад шаардлагатай бүх параметруудийн мэдээлэл хэрэгтэй. Ихэвчлэн уусган баяжуулах туршилтын судалгаа хийж байх үедээ эдгээр параметруудийн мэдээллийг цуглуулсан байна. Түүнээс гадна, C_2 нөөцийг C_1 ангилал (RAR) руу шилжүүлэн

ахиулахдаа нарийвчилсан судалгаанд цуглуулсан мэдээллийг ашиглана. Гэвч уусгах шингэн том талбайд нөлөөлдөг учир газар дор уусгах үед нөөцийг дээд ангилал руу оруулаад байх шаардлагагүй. C_1 ангиллын нөөцийн хувьд шаардагдах торлолын нягтыг Хүснэгт 3.3-д үзүүлэв.

3.5.2. Газар дор уусган олборлоход нөөцийн үнэлгээ хийх параметрууд

Газар дор уусгах аргад ураны нөөцийн үнэлгээ хийхэд шаардагдах нөхцөлүүдийг тухайн ордыг ашиглах боломжийн судалгаанаас тодорхойлно. Ордын ашиглах боломжийн судалгаанд хүдрийн нэвтрүүлэх чанар, хүдрийн гарц, хүдэр агуулсан хэсгийн өргөн, карбонатын агуулга, хүдрийн гүн, хүдэр бүхий усан давхаргын гидростатикийн түвшин зэрэг орно. Уусгагчийн гол үзүүлэлтүүдэд уран гаргаж авах зэргийн хэмжигдэхүүн $L:S$, гаргаж авсан шингэнд тооцоолсон ураны дундаж агуулга, урвалжийн зарцуулалт орно.

Газар дор уусгах олборлолтын өмнө ба дараах өрмийн кернд ураны агуулга тодорхойлсон олон тооны шинжилгээний дүн дээр үндэслэн ураны захын агуулгыг 0.01% байхаар газар дор уусгах олборлолтын нөөцийн үнэлгээ хийхэд хэрэглэнэ.

Хэрэв ордод нэмэлт ач холбогдол бүхий бүрдэл байвал тэдгээрийн байж болох хамгийн бага агуулгыг тодорхойлохын тулд нэмэлтээр хамгийн бага захын агуулгыг оруулна. Дахин тооцоолох коэффициент ашиглан ураны боломжит агуулгыг тодорхойлохдоо үүнийг тооцно. Зарим тохиолдолд нөөц болон дагалдах (Mo, V, Se, Re, Sc зэрэг) элементүүдийн хэмжээ чухал үүрэгтэй. Учир нь эдгээр элементүүд нөөцийн үнэлгээнд нэмэгдэж эсвэл завсрын бүтээгдэхүүн үүсгэгчээр орж болзошгүй байдаг.

Хүдрийн завсарт байж болох шавар, аргиллитын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг ашигтай ажиллагааны нөхцөлд суурилсан туршилтаас тодорхойлно. Мөн энэ хязгаарыг тогтооход лабораторийн шинжилгээ, талбайн хэмжилт, судалгаа, туршилтын ажиллагааг ашиглана. Шавар, аргиллит 20–40% байхад ураны агуулга 0.01-0.3% гэж туршилтаар гарвал ойролцоогоор уусгалтын 3–4 жилийн хугацаанд ураны 40–60%-ыг гаргаж авна. Шавар, аргиллит 20–40% хэмжээтэй бол нөөцийн тооцоололд ашигтай хүдэрт хөндлөнгийн биет орохоос хязгаарлах фильтерийн коэффициент ~ 1 м/өдөр байх боломжийг хангадаг.

Их (30м–ээс дээш) өргөнтэй, (25–30м) орчны горизонд 15–25м $\times$ 50–70м цооногийн торлолтой, хүдрийн завсрын комплекс тархалттай ордын хувьд хүдрийн хөндлөн огтлолын хэсэг дотор орших шингэн нэвтрүүлдэг, ашиггүй чулуулгийн давхаргын хамгийн их зузаан 5–6м байна. Хүдрийн илүү нарийхан горизонд хайгуул хийх зорилгоор цооногийн торлолыг багасгах бол ашиггүй чулуулгийн давхаргын өргөнийг 3–5м болгож бууруулна.

Төлөвлөгөөнд хүдрийн зураглал гаргахдаа блок хоорондын зөрүүг ашиглан хамгийн бага зэрэглэл $\times$ өргөн (м $\times$ %U) буюу ($mC_{\text{минум}}$) –ийг тодорхойлно. Зэргэлдээх үнэлгээний блокийн нөөц нь нөөцийн үнэлгээ, ашиглах боломжийн судалгааны алдааны мужаас мэдэгдэхүйц зөрсөн

тохиолдолд $mC_{\min}$ хэмжигдэхүүнийг тооцдог. Нөөцийн найдвартай үнэлгээнд үндэслэн нөөц тооцоолох блокийн хамгийн бага хэмжээг тогтооно. C_1 ангиллын хувьд энэ талбай ойролцоогоор 60.000–80.000м² байдаг.

Шингэнийг гадагш шахах ажилбарын өртөг, дээшээ гарч ирэх шингэний нөхцөлд гүний усны зузаан нөлөөлнө. Иймд гүний усны зузааныг тодоорхойлохдоохийн ба цахилгаан шахуурга хоёрыг харьцуулсан судалгаа хийнэ. Гүний усны давхаргаас дээш байрласан эрдэс бүхий ордын нөөцийг газар дор уусгах аргаар гаргаж авах нөөц гэж үзэхгүй.

Цооногийн талбайн хувьд хамгийн бага зэрэглэл $\times$ өргөн нь тогтоосон хязгаараас хэтрэхгүй өртөгтэй 1кг уран гаргаж авсантай тэнцүү байна. Үүнийг дараах томъёогоор тооцно:

$$mC_{\min} = \frac{EmC}{P_1}$$

энд: гаргаж авах, боловсруулалт хийх, байгаль орчныг нөхөн сэргээх зэрэг зардлыг оруулсан 1кг ураны үйлдвэрлэлийн нийт өртөг, mC - дундаж зэрэглэл $\times$ өргөн ($m \times \%U$), P_1 – гарган авсан бүтээгдэхүүний 1 кг–т ногдох хамгийн бага үнэ.

Газар дор уусгахад чанар муутай (эдийн засгийн бус) ордуудад одоо хэрэглэж байгаа технологиудаар гаргаж авч болдоггүй, олборлолтын ашиггүй ордууд орно. Ийм ордуудыг эдийн засгийн бус нөөцийн нөхцөлөөр тодоорхойлдог. Нэвтрүүлэх чадвар, карбонат, сульфидийн агуулгын шаардлагад нийцээгүй, ердийн уусах нөхцөлд эрдэс нь уусдаггүй хэлбэрт байгаа бол эдийн засгийн бус эрдэс гэж үздэг. Уусах нөхцөлөөс нь хамааруулан чанар муу нөөцийг зөвшөөрөгдөх түвшнээс их статик усны гүнтэй биет нөөц гэнэ. Эдийн засгийн талаас нь авч үзвэл, эдийн засгийн бус блокийн дундаж зэрэглэл нь хамгийн бага хэрчмээс бага байдаг биетүүдбайдаг.

Эдийн засгийн дэд нөөцийг үнэлэхдээ уусгах нөөцтэй харьцангуйгаар байрлал чухал ач холбогдолтой. Үүнд тогтоосон нөөц бүхий биеттэй залгаа байрлалтай, хүдрийн биетийн хязгаарт буюу хязгаарын гадна байрласан зэрэг бага эрдсийн зэрэглэлтэй нөөцүүдийг оруулж тооцно.

Залгаа буюу холбоотой дэд-эдийн засгийн нөөцийг уусгах хугацааг ашиглах боломжийн судалгаанд тооцно.

Хэрчмийн зэрэглэл – зузаан ($mC_{\min}$), түүнчлэн зөвшөөрөгдөх хамгийн бага дамжуулалт, хамгийн их карбонат ба сульфидийн агуулгыг харгалзан эдийн засгийн бус нөөцийн үнэлгээг будлиан үүсгэж болзошгүй буюу хэрэгсэхгүй орших нөөцийн тоонд оруулна.

Хүдрийн завсрыг тодоорхойлох үед шингэн нэвтрүүлдэггүй чулуулаг дахь эрдсийг бас судална. Ингэхдээ шингэн нэвтрүүлдэггүй чулуулгаар тусгаарлагдсан хүдрийн завсрыг тодоорхойлно.

Олборлож болох хүдрийг сонгохоос өмнө уусгалтын чухал параметруудийг тодорхойлсон байх ба тэдгээрийн тархалтыг зураг дээр тэмдэглэж, олборлолтын бүх шатанд үнэлгээ хийнэ. Гео-технологийн характеристикүүдэд гарсан өөрчлөлт бүрийг зургаар тэмдэглэхийн гол зорилго нь нөөцийг ангилан хуваахад ашиглах мэдээллийн сан бүрдүүлэх явдал юм. Ордыг мөн түүний өөр өөр байгалийн нөхцөлтэй хэсгүүдтэй хамтад нь эдийн засгийн, зүй зохистой олборлолт хийх шийдвэр гаргахад мөн ашиглана.

Зураглал гаргах ба олборлолт хийх үед олж авсан геологи, гидрогеологи, гео-технологийн бүх мэдээллээр геотехнологийн характеристикүүдэд гарсан өөрчлөлтийн зураг гаргана. Үүн дээр уран, холбогдон гарч ирэх бүрэлдэхүүний судалгаа, лабораторийн шинжилгээний дүнг нэмж оруулж болно.

Нэгэн төрлийн гео-технологийн характеристиктай хүдрийг сонгоход тодорхойлдог геологийн ба гидрогеологийн үндсэн хүчин зүйлүүдийг Хүснэгт 2.2.-т харуулав.

Ордыг газар дор уусгах шаардлагатай бүх эерэг характеристикууд дээр үндэслэн сонгогдсон хүдрийн биетүүдийг нэгэн төрлийн гео-технологийн характеристикууд дээр суурилсан ба хайгуулын өрмийн нүхний нэг төрлийн тархалттай нөөц блок гэж ангилна. Ороомгийн төв хэсэг, дээд, доод салааг өөр өөр үнэлгээний биетэд хамааруулна. Үйлдвэрлэлийн горизонь дээд, доод хэсгийг тус тусад нь үнэлнэ.

Хүдрийн завсар, хүдрийн завсар хоорондох шингэн нэвтрүүлдэггүй чулуулгийн давхаргын (байгаа бол) өндрийг тодорхойлно.

Уламжлалт олборлолтын нөөцийн үнэлгээтэй харьцуулбал ханасан буюу ороомог хэлбэрийн ордын газар дор уусгах олборлох аргад хийх нөөц үнэлгээ хэдэн нэмэлт шаардлагууд байдаг. Үнэлгээ хийхэд шаардлагатай факторуудад доор дурдсан зүйлс орно:

- Агуулж буй шавар, аргиллитын хэмжээг үндэслэн дээжийн завсрыг нэвтрүүлдэг ба нэвтрүүлдэггүй гэж ангилна
 - Нэвтрүүлдэг, ашиггүй чулуулгийн давхарга хоорондын зөвшөөрөгдөх хамгийн их өргөнийг тооцон туршилтын үр дүн үндэслэн ураны дундаж зэрэглэл, гол өргөн буюу Зэрэглэл х Өргөн (ЗхӨ, метр дэх % U) зэргийг олно;
 - Хүдрийн биетийн хязгаар, хүдрийн биетийн дундаж буюу ураны агуулга, хүдрийн өргөнд орсон нэвтрүүлдэг, ашиггүй чулуулгийн давхаргын зөвшөөрөгдөх хамгийн их өргөнөөр Зэрэглэл х Өргөн (ЗхӨ, метр дэх % U) – ыг олно;
 - Хамгийн бага ЗхӨ хэмжээг ашиглан блок дахь ураны хэсгийг хүдрийн зэрэглэлээр нь ялгана;
 - Өргөн буюу ЗхӨ хэмжигдэхүүний дундаж, ашигтай өргөн (бага нэвтрүүлэх чадвартай завсрыг хассан усан давхаргын зузаан) ба хүдэр агуулалтын коэффициент ((хүдрийн блокийн эзлэхүүн–ашиггүй дотоод эзлэхүүн)/ хүдрийн блокийн эзлэхүүн) зэргийг биетүүдийн хувьд тооцоолно;
 - Уусгалтын талбай, бага зэрэглэлийн материал, хүдэр агуулалтын коэффициент, дундаж гидравлик дамжуулалт, болон үйлдвэрлэлд нөлөөлж
-

болох бусад хольцын хязгаартай харьцуулан нийт талбай ба хүдэр агуулсан талбайг аль алиныг нь биетүүдийн хувьд тодоорхойлно;

- Хүдэр, **металллын** нөөц ба хүдрийн багтаамж зэрэг бусад эрдэс-геологийн параметруудийг олно;
- Ордын нийт нөөцийг тогтооно.

Биетийн дундаж параметруудийн (талбай, ашигтай өргөн, ашигтай дамжуулал, $3\chi\Theta$) тооцооллыг дараах байдлаар хийнэ:

- Уусгаж болох талбайн эзлэхүүн дундаж ашигтай зузааныг талбайгаар үржүүлсэнтэй тэнцүү;
- Чулуулгийн масс буюу багтаамж чулуулгийн нягтыг өмнө тодоорхойлсон эзлэхүүнээр үржүүлсэнтэй тэнцүү;
- **Металл** буюу нөөцийн хэмжээ нь биетийн талбай ба дундаж ураны агуулга (кг/м^2) буюу дундаж зэрэглэл χ өргөн (метр %), чулуулгийн нягтын үржвэртэй тэнцүү байна.

3.6. УРАНЫГ ГАЗАР ДОР УУСГАХ АРГАД ХЭРЭГЛЭГДЭХ ГЕОФИЗИКИЙН СУДАЛГААНУУД

3.6.1. Ерөнхий

ГДУО-д хайгуул, үнэлгээ хийх, туршилтын хайгуул хийх, ордыг ашиглахаас эхлээд газар дор уусгах аргыг зогсоох хүртэлх бүх үе шатанд геофизикийн судалгаа явуулна. Геофизикийн аргаар геологийн, технологийн, инженерийн зэрэг олон асуудлыг шийдэж болдог. Геологийн, гидрогеологийн болон бусад судалгааны цогц аргуудаар шийдэх шаардлагатай зарим асуудлыг шийдэхэд геофизикийн мэдээлэл чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Хайгуул, олборлолтын компаниудад геофизикийн ажилбарууд хийхэд нь тусгай арга зүйн судалгааны үр дүнгээр ордын газар дор уусгах ажилбаруудыг нь хөнгөвчлөх геофизикийн үйлчилгээний систем гарч ирээд байгаа юм. Хүхрийн хүчлээр газар дор уусгахад хэрэглэгддэг геофизикийн судалгааны арга, зорилго, чиглэлийг Хүснэгт 3.4.-д харуулав.

Орд, ордыг олборлох схем бүрд геологи, технологийн аргууд ялгаатай байдаг учир геофизикийн аргын **ангилалын** систем одоог хүртэл бүрэн хийгдээгүй байна.

Хүснэгт 3.4. ГДУО ордод хэрэглэгддэг геофизикийн судалгаа

Ажиллагааны чиглэл	Геофизикийн аргаар хийгдэх зорилго	Хэрэглэсэн геофизикийн арга
1	2	3
- Тандах ажиллагаа	- Орд байж болох талбайн зураглал гаргах. - Үечилсэн исэлдлийн бүсийн чигийг гаргаж илрүүлэх.	- Хүндийн хүчний судалгаа, газар хөдлөлийг тодоорхойлох судалгаа. - Байгалийн цахилгаан орны талбайгаар цахилгааны судалгаа хийх арга.
- Хүдрийн бүтцийн судалгаа – эрдсийн каротаж	- Эрдсийн үнэлгээ хийж ураны эрдсийн параметруудыг тодоорхойлох. - Технологийн хүдрийн хэлбэрийг тодоорхойлж нөөцийн үнэлгээ хийх - Холбогдох бүрэлдэхүүныг судлах.	- Гамма каротаж (ГК), эгшин зуурын нейтрон хуваагдлын каротаж (ЭНХК), рентген каротаж (РК), өрмийн керн дээж авах. - ГК, ЭНХК, эсэргүүцлийн аргын цахилгаан каротаж (ЭК), туйлшралын потенциалийн арга (ТП). - РК, өрмийн керн дээжинд рентген цацрагийн шинжилгээ хийх.
- Чулуулгийн хэсгийн судалгаа	- Хэсгийн литологи. - Тухайн газар дахь чулуулгийн шингэн нэвтрүүлэх чанар.	- ЭК – аар цахилгаан каротаж хийнэ, <u>штангенциркуль микрометрын</u> каротаж (ШК), нейтрон – нейтрон каротаж (ННК), соронзон орны каротаж (СК). - ЭК, ТЧ, ШК – аар цахилгаан каротаж хийнэ, индукцийн каротаж (ИК), шингэн зарцуулалтын г хэмжигч.
- Газар дор уусгах процессын хяналт	- Хүдрийн биетийн уусалт, гаргаж авах динамик, ураны хуримтлалыг хянах. - Үечилсэн исэлдэлтийн зэрэглэл, нэвтрэлтийн хяналт, шингэний үйлдвэрлэлийн алдагдал зэргийг тодоорхойлох. - Гаргаж авах шингэн дэх хүчилтөрөгчийн агуулгыг тодоорхойлох.	- Аяндаа явагдах нейтрон хуваагдлын каротаж (АНХК), ЭНХК. - ГК, ИК, индукцийн эсэргүүцлийн хэмжилт, шингэн дэх цацраг идэвхт элементүүдийн судалгаа. - Нас тодоорхойлох каротаж
- Цооногийн хяналт	- Цооногийн их бие, хаалтын байрлалтыг үнэлэх. - Хаалтын боломжит хүрээ, ажиллагааны үед	- Хэрэглэж байгаа каротажийн арга, эсэргүүцлийн хэмжилт, урсгал хэмжигч, ИК, ГК. - Урсгал хэмжигч.

	хаалтанд тавих хяналт. - Чанарын хяналт хийн цооногийн ханыг хянах. - Цооногийн бүтцийн параметруудийг (муруйгаагүй) байх, диаметр зэргийг) хянах	- Дулааны каротаж, гамма каротаж, ИК. - Хэлбэлзлийн ба <u>штангенциркуль</u> микрометрын каротаж.
- Цооногийн үйлдвэрлэлийг нөхөн сэргээх ажиллагааны хяналт.	- Гарах цооногийн бөглөрөл, шаварыг цэвэрлэх.	- Урсгал хэмжигч, хаалт, хаалтын ойролцоох бүсэд хийн шахуургын ба гидродинамикийн цэвэрлэгээ хийх.
- Газар дор уусган баяжуулах аргыг ашиглаж байх үед ба ашиглалтаас гаргах үеийн байгаль орчны хамгаалал, байгаль орчны хяналт.	- Цооногийн талбайд технологийн шингэний алдагдалд хяналт тавих. - Чулуулгийн масс дахь үлдэгдэл ураны агуулгыг тодоорхойлох. - Үлдэгдэл шингэний химийн найрлагыг тодоорхойлох - Саармагжуулалтын үр дүнг тооцох. - Газар дор уусгах аргын гадаргын нөхцлийн хяналт.	- ИК, ГК. - АНХК, ЭНХК. - Поляриграфийн каротаж. - ИК, индукц эсэргүүцлийн хэмжилт. - Электрпрофайлийн арга, гадаргуугийн гамма цацрагийн хэмжилт.
- Газар дор уусгах аргын ажиллагааны үед хяналт, судалгааны хийх аналитик аргууд.	- Керн дээж, чулуулгийн хатуу, шингэн дээж, уусмал дахь уран, түүний задралын бүтээгдэхүүнүүдэд талбайн ба лабораторийн шинжилгээ хийх. - Чулуулгийн нэвтрүүлэх чанарыг судлах.	- Нийлбэр бета – гамма, гамма, идэвхжүүлсэн нейтроны ба бусад цацрагийн арга, керн дээжийн рентген шинжилгээний арга. - Цөмийн соронзон резонансын (лабораторийн) арга .

Дан геофизикийн судалгааны аргыг харуулсан олон арга аргачлал, товхимолууд байдаг [1,3–5,7–10]. Ураны эрдсийн параметруудийн үнэлгээг Хэсэг 3.3.2.-т харуулав.

3.6.2. Каротажийн аргаар хийх уран агуулагч чулуулаг, хүдрийн судалгаа [5, 9]

Цахилгаан эсэргүүцэл, потенциал каротажийн аргачлалаар литологийн зураг боловсруулна. Хэмжилтээр бүрэлдэхүүний цахилгаан эсэргүүцлийн (ρ_a) хэмжээг тодоорхойлно. Өрмийн орчин бүрэлдэхүүн рүү нэвчих үед энэ төрлийн туршилтуудаар эсэргүүцлийг илүү сайн хэмждэг.

Цахилгаан каротажгаар хэсгийн литологийн зураг боловсруулахад өрмийн цооногийн торлол шаардлагатай. Нийт хэсэг дотор 2–5 өрөмдлөгийн кернээр

урьдчилсан хайгуул хийх үед торлол бэлдэнэ. Мөн стандарт каротажийн аргуудаас гадна эдгээр цооногуудад градиентын судалгаа хийнэ. Градиентын судалгаагаар янз бүрийн хэмжээтэй **дээжинд** потенциал, градиент, эсэргүүцэл, штангенциркуль микрометрийн хэмжилт хийдэг. Мөн **градиентийн** судалгаанд үндэслэж дээжийн байвал зохих хэлбэр, хэмжээг өөр өөр зузаантай давхаргад өрмийн шингэн нэвчих гүнд суурилан сонгоно. Стандарт геоэлектрик хэсгийг хуваана. Үүнийг цахилгаан каротажийн литологийн боловсруулалтад ашиглана. Эсэргүүцлийн каротаж нь литологийн боловсруулалт хийх хамгийн чухал арга юм. Харин бусад (ТП, ГК, штангенциркуль микрометр) аргууд туслах үүрэг гүйцэтгэдэг.

Хүдрийн дээр байрласан чулуулгийн хэсгийг ихэвчлэн 1:500 (1:1000), хүдэр агуулсан чулуулгийг 1:50 (1:200) масштабаар зохионо. Литологийн хэсгийг дараах аргаар зохионо. Эхлээд каротажийн аргад физик шинж чанараараа ялгарах байдлаар нь чулуулгийг бүлэг болгон хуваана. Судалгааны үед усанд каротажийн аргатай амархан тохирох байдлаар нь тухайн үе, горизонтыг сонгож тэмдэглэнэ. Хэмжсэн давхаргын литологийн характеристикийг керний материалаар шалгаж батална.

Цооног бүрээс боловсруулсан мэдээллээ кернийн хэсэг, цахилгаан каротаж, нийлмэл хэсэг гэсэн литологийн гурван геологийн графикан баганаар үзүүлнэ.

Нийлмэл хэсэг нь геологийн хөндлөн зүсэлтийг гаргах үндэс болно.

3.6.3. Хайгуулын чиглэл, өрмийн цооногийн диаметр, хэмжилтийн геотермаль характеристикууд

Ролл фронт хэлбэрийн ордын хайгуулыг босоо өрөмдлөгөөр хийнэ. Гүн ордын (400-700 м) хувьд цооногийн хазайлт босоо шугамаас хэдэн арван метр ба түүнээс их хэмжээгээр зөрж болно. Хазайлтыг хамгийн бага байлгавал хүдрийн биетийн байрлалыг төдий чинээ нарийн тодоорхойлно. Цооногийн хазайлттай холбоотой бага өнцөг ч гэсэн азимутын өнцөг, цооногийн налууг нарийн зөв хэмжихэд маш чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Өрмийн цооногийн (штангенциркуль микрометр) каротажгаар өрмийн шавар дахь гамма цацрагийн шингээлт буюу гамма каротажийн боловсруулалт хийх засварын факторыг олно. Мөн цооног хоорондын литологийн засвар хийхэд ашиглана. Нүхний диаметрийн хэмжилтийн үр дүнг геологийн баганаар тэмдэглэнэ [9]. Цахилгаан термометрээр геотермаль судалгаа хийдэг. Цахилгаан термометр нь хүдэр агуулж буй бүсийн температурыг хэмжинэ. Хүдэр агуулж буй бүсийн температур уусгах процесст нөлөөлдөг. Үүнээс гадна, гидрогеологи, технологийн ба өрмийн нүхний бусад зорилтуудад шингэний уусах чанарыг хянахад термометр ашиглаж болно.

Температурын хэмжилтийг геологийн хэсэгт графикаар тэмдэглэнэ. Ялгаатай (дифференциал) геотермаль градиент бүс нь геологийн хэсэгт нэмэлт материал болдог. Казахстан, **Узбекстан** зэрэг зарим газарт ролл фронт хэлбэрийн ордын гүнд газрын доорх температур 35–50°C хүрдэг.

БҮЛЭГ 3-ЫН АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] DAKHNOV, V.N., Interpretation of Geophysical Study Results on Bore HoleSection, M. Nedra (1972).
- [2] Recovery of Uranium by Underground Leaching (V.A.Mamilov, Ed.), M.Atomizdat(1980).
- [3] KHAIKOVICH, I.M., TATARNIKOV, A.A., UVAROV E.F., et al., L., Addendum to Manual on Gamma Logging in Exploration of Uranium Deposits (NPO Rudgeofisika)(1981).
- [4] OVCHINNIKOV, A.K., IVASCHENKO, T.F., KHAIKOVICH, I.M., et al., M. Nedra, Manual of Gamma Logging In Uranium Deposits Exploration (1974).
- [5] KIRILOV, P.I., KULAK, E.D., MASLOV, V.N., et al., Methodical ecommendationson Measuring Technological Properties of Ores and Rock by Logging, NPORudgeofisika (1980).
- [6] Study Methods of Uranium Deposits in Sediments and Metamorphose MassesJ.N.Beljvtsev, V.I. Danchev, Eds), M., Nedra (1985).
- [7] Data Base for Primary Processing Geological-Geophysical and GeochemicalFieldDocumentation on a PC of Mir series, MinGeo of USSR (1981).
- [8] PUKHALSKI, L.Ch., SHUMILIN, M.V., Exploration and Testing of Uranium Deposits, M., Nedra (1977).
- [9] SHUMILIN, M.V., MUROMTSEV, N.N., BROVIN K.G., et al., Exploration ofUranium Deposits to be Worked by Underground Leaching, M., Nedra, (1985).
- [10] KHAIKOVICH, I.M., SHASHKIN, V.L., Testing of Radioactive Ore by Gamma Radiation, M., Energoatomizdat, 1982.

БҮЛЭГ 3-ЫН НОМ ЗҮЙ

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Borehole logging for Uranium Exploration — A Manual, Technical Report Series No. 212, Vienna (1982).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Practical Borehole Logging Procedures for Mineral Exploration with Emphasis on Uranium, Technical Report Series No. 259, Vienna (1986)

БҮЛЭГ 4. УРАНЫ ОРДЫН ГИДРОГЕОЛОГИЙН ҮНЭЛГЭЭ

4.1. Ерөнхий зүйл

Ураныг газрын доор уусгах **аргаар олборлох**, түүнийг агуулагч элсэн чулууны гидроген тунамал ордод хайгуул хийх үед гидрогеологийн судалгаа маш чухал үүрэгтэй. Гидрогеологийн судалгааны зорилго нь ордын болон устүе давхаргын гидрогеологийн бүх шинж чанарыг тодоорхойлоход оршино. Гидрогеологийн судалгааны үр дүнг газрын доор уусгах аргаар олборлох ураны ордын нийт боломжийг үнэлэх, өвөрмөц онцлог шинж чанарыг тогтоох, туршилтын болон ерөнхий олборлолтын үйл ажиллагааны төлөвлөгөө гаргах, ашиглах боломжийг судлах зэрэг бэлтгэл ажилд хэрэглэнэ.

Гидрогеологийн судалгааны үндсэн элементүүдэд:

- Шингэний урсгал ба эргэлтийн хувьд хүдэр агуулагч чулуулгийн шинж чанар, боломжийг үнэлэх
- Хүдэр агуулагч хэсгийн гидрогеологийн тооцооны үндсэн параметруудийг тодоорхойлох
- Цооногт шахах шингэний хурдыг тодоорхойлох
- Газрын доор уусган олборлох **үедхүдэр** агуулагч болон зэргэлдээх уст давхаргын харилцан үйлчлэл, усны шинж чанарт үзүүлэх нөлөөлөл, гарч болзошгүй өөрчлөлтийн талаар урьдчилсан үнэлгээ хийх
- Газрын гадаргын болон грунтын /хөрсний/ усанд нөлөөлж болзошгүй бохирдлын эрсдэлийг тодоорхойлох зэрэг орно [4].

Мөн хүдрийн давхаргаас дээр, доор орших чулуулгийн болон зэргэлдээх уст үе давхаргуудын гидрогеологийн тооцооны параметрууд, зузаан, литологийн найрлага зэрэг мэдээлэл авахад гидрогеологийн судалгааны үр дүнг хэрэглэнэ. Мөн орд ба тухайн орчны гидрологийн харьцаа, гүний усны градиентын хурд, динамик хөдөлгөөн чиглэл дан цав хагарлын нөлөөлөл, уст давхарга, газрын гадарга хоорондын гидравлик холбоо, гүний усны чанар, мөн усыг бохирдуулж болзошгүй эх үүсвэрийн талаар мэдээллээр хангана.

4.2. ҮНЭЛГЭЭНИЙ ЯНЗ БҮРИЙН ШАТАНД ХИЙХ УС СУДЛАЛ

4.2.1. Урьдчилсан судалгаа

Гүний усны нэвчилтийн хүрээ, уст үе, түүнийг тусгаарласан давхаргуудыг тодоорхойлох зорилгоор ордын зүсэлтийг хийхэд хайгуулын өрөмдлөг, геофизикийн судалгааны үр дүнг ашиглана. Талбайн хэмжээнд цуглуулсан гидрогеологийн мэдээллийг нэгтгэж хайгуулын өрөмдлөгийн үр дүнтэй харьцуулна.

Усны судалгаа хийхийн тулд хамгийн түрүүнд чулуулгийн литологийн шинж чанар, гадаад байдал, судалгааны талбай дахь ан цав хагарлын үнэлгээ зэргийг авч үзнэ. Хэсэг бүрийн дотор хүдэр агуулсан горизонт/үе/ бүрт гурваас таван цооног гаргана. Эрдэсжсэн талбайн гадна хоёр эсвэл гурван цооног гаргах нь гүний усны градиенттай холбоотой урсгалын хурд, чиглэлийг тодоорхойлоход тустай.

Бүх туршилтын цооногийн хүдэр агуулсан горизонтоос керний дээж авна. Цооногийг өрөмдөж дууссаны дараа бүх уст үе давхаргыг хаана. Бэхэлгээний яндан суулгахаас туршилтын бүх цооногт геофизикийн буюу байгалийн гамма, цахилгаан (потенциал ба эсэргүүцлийн) каротаж, цооногийн урсгалын тархалт, штангенциркуль микрометр, налууугийн хэмжилт зэрэг цооногийн каротажийн цогц судалгааг явуулна. Хүдэр агуулсан ерөнхий горизонт төдийгүй усагуулсандээд ба доод давхаргуудаас, литологийн бүх төрлийн чулуулгаас **кернийдээж** авна. Ус нэвтрүүлэх байдал буюу гидравликийн шинж чанар, карбонатын агуулга, ширхэглэгийн тархалт зэргийг тодоорхойлохын тулд керний дээжүүдийг бүгдийг лабораторид судална. Нэг цооногийн ус судлалын **туршилтанд** шахах буюу шавхах зорилгоор бүх туршилтын цооногийг ажиллуулна. Цооногийн шахуургаар шавхах гүний усанд химийн шинжилгээ хийнэ. Шахах туршилт дуусвал цооногийг усны түвшний тогтворжилтыг хянах, усны чанарын үечилсэн хэмжилт хийхэд ашиглана.

Ус судлалын туршилт, **дээжний** хариу зэрэг гарсан үр дүнг үндэслэн дараагийн судалгаануудыг тодоорхойлно.

Дараахь тохиолдлуудад судалгааг үргэлжлүүлэх шаардлагагүй:

1. Уст давхаргын нэвтрүүлэх чанар зохих урсгалын хурдыг хэвээр хадгалахад хэтэрхий бага
2. Уст давхарга хангалттай чийггүй, шахах үед усгүй болох, усны түвшин хэт доошлохоос сэргийлэх гидростатик төлөв хангалтгүй байх
3. Шахах урсгалын хурд хэт бага (15–20м доош түвшинд 0.3–0.5л/сек–ээс бага) байх

4.2.2. Дараах судалгаа

Уст давхаргын гидрологийн шинж чанарын талаар нэмэлт мэдээллийг олон цооногийн туршилтаар олж авна. Олон цооногийн туршилтаар олж авсан гидрологийн судалгаа нэг цооногийн туршилтад суурилснаас илүү ордын хэмжээнд том талбайг хамарсан магадлал сайтай судалгаа болдог.

Уст давхаргын гидрологийн шинж чанар дахь анизотроп өөрчлөлтийг тодоорхойлохдоо хүдрийн биетийн урт тэнхлэгтэй **перпендукляр**, хоорондоо бараг параллель байрласан ажиглалтын цооногуудын хоёр радиал шугамтай, нэг төв цооногтой туршилт хийвэл зохино. Радиал шугамын дагуух ажиглалтын цооног хоорондын зай 10–30 м байна.

Илүү тодоорхой мэдээлэл авахын тулд ордын хайгуулын талбайд нэг ба хэд хэдэн цооногууд гаргах шаардлагатай. Эхний судалгааны үр дүнгээс хамаарч нэг цооногийг 800–2400м зайтай, олон цооногийг 3200–4800м-ийн **зайдбайрлуулна.**

Гидрологийн үндсэн параметруудийг тодоорхойлоход нэг ба олон цооногууд ашиглана. Гидрологийн үндсэн параметруудэд:

- Нэвтрүүлэх чанар ба гидравлик дамжуулал
 - Пьезо-дамжуулал/пьезометрийн түвшин/
 - Гарган авалт
-

-
- Онцлог үр ашиг (багтаамж)
 - Урсгалын хурд
 - Нөлөөллийн радиус зэрэг орно.

Ширхэглэгийн тархалт, карбонат холбогчийн агуулгын судалгааг (50–25 м тутамд) 800 м хүртэл торлолоор дээж авч хийнэ. Сийрэгжилт ба нэвтрүүлэх чадварын хэмжилтийг хүдрийн керний /хөндөгдөөгүй бүтэн/ **дээжнээс**, хайгуулын өрөмдлөгийн цооног бүрийн 800м, эсвэл 1600м тутамд нэг давтамжтайгаар цуглуулсан ашиггүй чулуулгийн **дээжнээс** авч хийнэ.

Уламжлалт хайгуулын талбайтай ойр байрласан ордыг газар дор уусгахын тулд идэвхтэй гүний ус (ус хангамж эсвэл уурхайн хаягдал ус) шахах тухайн хэсэгтэй харьцах судалж буй ордын харьцааг нэг эсвэл хэд хэдэн тусгай гидрологийн цооног гаргаж үнэлгээ хийнэ. Эдгээр цооногийг гүний усны градиентын хяналт хийх, химийн найрлагад орох өөрчлөлтийг тодоорхойлох дээж цуглуулахад мөн ашиглана.

Гидрологийн судалгааны эцэст хүдэр агуулсан горизонтыг өөр өөр литологийн урсгалтай бүсүүдэд ангилна (Хэсэг 4.6.-ыг хар). Ордын гидрологийн шинж чанараар газар дор уусгах аргыг ашиглах боломжтой гэж гарвал дараагийн үе шатны ажил болох нарийвчилсан хайгуулыг хийнэ.

4.2.3. Нарийвчилсан хайгуул

Нарийвчилсан хайгуулаар газрын доор уусгах ажиллагаанд гидрологийн параметруудийн нөлөөлөх байдлын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг олж авна. Бага (стандартаас бага) нэвтрүүлэх чанартай бүсийг судалгааны энэ хэсэгт хамруулахгүй.

Дэлгэрэнгүй мэдээлэл авах зорилгоор нэмэлтээр гаргах нэг ба олон цооногийн байрлалыг урьдчилан тодоорхойлохдоо гидрологи, литологийн бүсийн хил хязгаарыг үндэслэнэ.

Бүсийн хязгаар дотор гаргасан туршилтын цооногийн нэг шугамаар хүдэр агуулсан горизонтын гидрологийн шинж чанарыг тодоорхойлно. Нарийвчилсан судалгааны үе шатанд ганц нэг цооногийн хоорондын зай 800–1600м байх бол олон бүлэг цооногийн хоорондын зай 1600–2400м байна. Газрын доор уусгах туршилтын байгууламж дээр гаргасан олон цооногийн судалгаагаар бүх туршилтын шахуургын хувьд машчухал үнэтэй мэдээлэл олж авдаг. Гүний усны шинж чанарыг (усны түвшин, химийн найрлага) судлах цуврал статик судалгаагаар газар дор уусгах туршилтын үеийг үнэлнэ. Шахах ажлыг эхлүүлэхээс өмнө статик судалгааг дэс дараатай хийж эхлэх ба ажлыг дууссаны дараа ч **үргэлжүүлэн** гүйцэтгэнэ.

Ширхэглэгийн тархалт, карбонат холбогчийн агуулгыг судлах керний дээжийг хайгуулын өрмийн цооногоос авна. Дээж авах өрмийн цооног хоорондын зай 400м эсвэл түүнээс багассан тохиолдолд (50-25м тутам) 200м, (50–25м тутам) 100м зайтай торлолтой байна. Мөн бүх гидрологийн туршилтын цооногоос керний дээж авна.

Гидрологийн туршилтын бүх цооногт дулааны каротаж хийн гидротермал (геотермал) шингэний тархалтын байдлыг судална.

Гидрологийн судалгааны үр дүнг ураны нөөцийн ангилал хийхэд хамт хэрэглэхээс гадна ордыг газрын доор уусгах аргын физик, химийн бүсийн холбоо хамаарал, хүдэр агуулсан **горизонтдоторх** өөр өөр литологийн урсгалыг ангилж шалгах үндсэн суурь нь болно. Шинээр олж авсан бүх мэдээллээ газрын доор уусгах үйлдвэрлэл явуулахад хийгдэх ашиглах боломжийн эхний судалгааны материалтай нэгтгэн боловсруулна.

4.3. ШАХАХ ТУРШИЛТ

Дахин эргэлдүүлэх урсгалын хурд, уст давхаргын гидрологийн (нэвтрүүлэх чанар, пьезо-дамжуулал, цооногоос гарч ирэх багассан усны түвшний нөлөө зэрэг) шинж чанарыг тодоорхойлох зорилгоор хөөрөгдөн гаргах (шахах) туршилтыг хийнэ.

Нэг эсвэл олон цооног ашиглан тогтвортой ажиллагааны (тогтмол гаргах ба буурах түвшинтэй) үед нэг, зарим тохиолдолд хоёр тогтмол усны түвшин бий болгохын тулд өөр өөр урсгалын хурдаар шахах туршилт явуулдаг.

Туршилтын нэг цооногтой үед шахах хугацаа 2 өдөр, туршилтын олон цооногтой бол 5–10 өдөр хооронд байвал зохино.

Шахах үед ус гарах хурдыг тэмдэглэн шахах төв цооног ба хяналтын цооногийн усны түвшинг хэмжинэ. Гарч ирсэн уснаас химийн шинжилгээний дээж бэлтгэн авч усны түвшинг хэмжиж, шахагдсан тунадасны завсар, эзлэхүүнийг тэмдэглэнэ.

Усны түвшнийг (5–10 минут тутам хийгддэг) тогтмол хэмжиж туршилтын хэмжилтийг эхний нэг цагийн турш үргэлжлүүлэх ба түүнээс хойш хэмжилт хоорондын зайг 1–3 цаг тутамд нэг хэмжилтийн утгаар нэмэгдүүлнэ. Гарах хурд тогтворжсоны дараа хэмжилт хоорондын зайг өдөрт дөрвөн удаа болгон нэмэгдүүлснээр нийт туршилтын хугацааны хуваарь нь ойролцоогоор логарифм байна.

Шингэний хэмжээ нь өсч газрын гадарга руу хальж гарсан цооногт усны түвшний хэмжилт хийх боломжгүй бөгөөд харин оронд нь цооногийн шингэний даралтыг хэмжинэ. Шахах ажил (буюу гадаргын урсгал) дуусахад усны түвшинг шавхаж гаргах буюу цооногийн даралтыг хэмжих дараалсан судалгааг хийж тэмдэглэнэ. Дараалсан судалгааг шахах туршилтын ажлын үед хийж байсантай ижил логарифм давтамжтай хийнэ.

Шингэнийг даралттай шахаж оруулах /юүлэх/ туршилтаар уст давхаргын ба бусад гидрологийн чанарыг судлахад хэрэгтэй мэдээлэл олж авна. Туршилтыг тогтмол усны түвшинд буюу урсгалын гарах хурд тогтмол үед ихэвчлэн 24 цагийн турш явуулна. Хоолойгоор тоноглогдсон даралтын танкаар оруулах шахуургыг усаар хангах ба урсгал хэмжигч, даралтын багаж зэргийг цооног бүрийн хоолойд угсарна. Мөн усны түвшин, гарах урсгалыг хэмжих тусгай хяналтын цооногтой байна. Шахуурга ажиллах эхний нэг цагийн туршид дараалсан тогтмол хэмжилт хийх ба түүнээс цааш нэг цаг

тутамд хэмжилтийн үр дүнг авна. Шавхах ажлын төгсгөлд цооногийн усны түвшин, гарах урсгалыг шахах оруулах ажлын туршид хийсэнтэй адил давтамжтайгаар хэмжинэ.

Дахин эргэлдэх шингэний тэнцвэрт нөхцөлийн хувьд цооногийн үйлдвэрлэлийн боломжийг судлахдаа газрын доор уусгах аргыг бүх талбайн хэмжээнд шахах ба шавхах ажлыг нэг зэрэг явуулах туршилт хийнэ. Энэ төрлийн туршилтын хугацаа 8 цагаас 3 өдөр хүртэл үргэлжилнэ.

Төрөл бүрийн шахах туршилтын үед тэмдэглэсэн мэдээллүүдийг стандарт аргууд ашиглан боловсруулна. Стандарт аргуудад хугацаанаас хамаарсан усны өөрчлөлтийн график $S=f(\log t)$, талбайгаас хамаарч $S=f(\log r)$ багассанболон усны түвшнийг харуулсан графикууд орно. Гидрологийн параметруудийг тооцоолж боловсруулах эдгээр өгөгдлүүд дээр хийх нарийвчилсан судалгааг зарим хэвлэлд нарийн харуулсан байдаг [1-3, 5, 7]. Шахах туршилтын цооногийн хэлбэрийг төлөвлөхдөө судалж байгаа уст давхаргын дунд хэсэгт шахах төв цооногийн хаалтыг байгуулна. Ингэхдээ цооногийн хаалт хамгийн багадаа уст давхаргын $1/3$ –тэй тэнцэх хэмжээний урттай байна. Судалж буй радиал шугамыг урсгалын чиглэл дагуу (нэг шугамтай тохиолдолд), мөн урсгалын чигт перпендикуляраар (хоёр шугам хэрэглэж байгаа бол) тохируулна.

4.4. СТАТИК ХЯНАЛТЫН ЦООНОГ

Гүний усны түвшин, химийн найрлага удаан өөрчлөгдөх байдлыг тодоорхойлохын тулд бүх ус судлалын цооногт статик хяналтын судалгаа хийдэг. Дээж бэлтгэл, хэмжилтийн хоорондох хугацаа нь сард нэг эсвэл хоёр сар тутамд нэг удаа байвал илүү үр дүнтэй. Талбайн ажилтан бүх ус судлалын цооногийн хаалтын нөхцөлийг шалгаж гүнийг хэмжиж үзэж байх хэрэгтэй. Шаардлагатай тохиолдолд хаалтыг (алчуур, мод, зүлгүүрээр) цэвэрлэж байх хэрэгтэй.

Химийн **анализийн** дээж авах үед цооног дахь усны эзлэхүүнийг хоёр юм уу гурав дахин авсантай тэнцүү усыг эхлээд зарцуулдаг.

Шахах туршилт болон бусад шинжилгээ судалгааны үед авсан усны дээжүүдэд гүний усны химийн найрлагыг тодоорхойлох шинжилгээ хийнэ. Хэсэгчилсэн химийн анализад агууламж буюу нийт ууссан хүдрийн хэмжээ, рН, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $\text{Fe}_{\text{нийт}}$, Fe^{3+} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- зэрэг параметр, ионы хэмжээг оруулна. Шинжилгээний үр дүнг нийт карбонатын хэмжээг тодоорхойлоход ашиглана. Зарим **дээжинд** CO_2 , H_2S , O_2 , Eh, H_2SiO_3 -ын агуулгыг тодоорхойлох бол үлдсэн **дээжинд** уран, радийн агуулгыг тодоорхойлно. Цөөн тооны **дээжинд** химийн анализ хийнэ.

4.5. УРСГАЛЫН ШИНЖ ЧАНАРЫГ ҮНЭЛЭХ ГЕОФИЗИКИЙН АРГА

Шахах туршилтаар уст давхаргын шинж чанарыг бүхэлд нь шинжилдэг бол геофизикийн (потенциал, эсэргүүцэл, цооногийн урсгалыг хэмжих) аргаар хүдэр ба бусад чулуулгийн нэвтрүүлэх чанарыг давхарга, давхаргаар нь

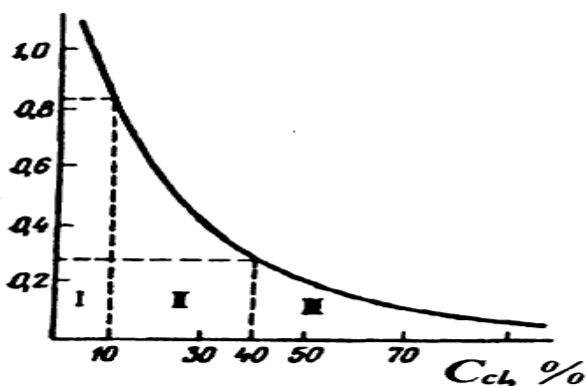
судална. Энэ нь босоо чиглэлд уусмалын градиентын агууламжийг тодоорхойлоход маш чухал юм.

Өөр өөр давхарга хооронд цахилгаан эсэргүүцлийн ялгаа бага, чулуулгийн үе хангалттай чийгтэй үед потенциалын аргыг (SP) хэрэглэнэ. Потенциалын далайц (α_{SP}), шаврын агуулга (C_{cf}) хоорондын корреляцийг тухайн давхарга бүрийн хувьд дундаж α_{SP} хэмжигдэхүүнтэй ширхэглэгийн тархалтыг харьцуулан олно. Корреляцийн графикийг $\alpha_{SP} = f(C_{cf})$ тэгшитгэлээр байгуулна, энд C_{cf} – шаварлаг хэсгийн агууламж, %.

График дээрээс чулуулаг, шаврын агуулга α_{SP} хэмжигдэхүүний хоорондын хамаарлыг харьцуулж тодоорхойлно (Зур. 4.1).

Өөр өөр нэвтрүүлэх чадвартай давхаргуудын хувьд α_{SP} хэмжигдэхүүний литологийн найрлагатай харьцуулж тодоорхойлно (Зур. 4.2).

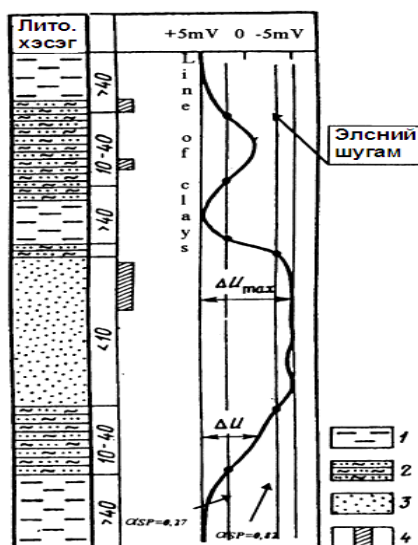
α_{SP}



Зур. 4.1. Потенциалын далайц α_{SP} чулуулаг, шаврын агуулга C_{cl} хоорондын хамаарал: I – нэвтрүүлдэг чулуулаг, II – муу нэвтрүүлдэг чулуулаг (элсэн чулуулаг), III – нэвтрүүлдэггүй чулуулаг (шавар, лаг шороо).

Боломжит корреляци, α_{SP} хэмжигдэхүүний хязгаарыг олохын тулд харьцуулах үеийн нийт тоо хамгийн багадаа 50 байх ба 50% -аас дээш шаврын агуулгатай байна.

Зур. 4.2. Шавар, алевролитын ялгаатай агуулгатай каротажийн байдлын харуулсан потенциал каротажийн геологийн багана: 1 - шавар, алевролит, шавраар хучигдсан элсэн чулуулаг, 3 – элс, 4 – хүдрийн үе.



Карбонатын агуулга өндөртэй (3–4%-аас хэтрээгүй CO_2) хүдэр, чулуулгийн давхарга нь давс султай усанд ($\rho_s > 10 \Omega/\text{м}$ байхад 4–5 гр/л) сайн уусдаг учир өндөр эсэргүүцэлтэй чулуулгийн давхаргуудын нэвтрүүлэх онцлогийг судлахын тулд AR аргыг хэрэглэнэ. Потенциалын аргаар шаврын агууламж, чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцэл хоорондын корреляцийг олж $\rho_s = f(C_{cf})$ диаграммаар харуулдаг. Энэ аргаар цооногийн геологийн зүсэлтэд харуулсан цахилгаан каротажийн **муруйг** боловсруулж онцлог нэвтрүүлэх чадвартай үе бүхий давхаргуудыг илрүүлнэ.

Цахилгаан каротажийн аргаар нэвтрэх чанарыг давхарга, давхаргаар судалсан шинжилгээний үнэмшлийг керний дээжийн шинжилгээний үр дүнтэй харьцуулан шалгана. Байж болох зөрүүгийн /зөвшөөрөгдөх алдааны/ хэмжээ 10%-аас хэтрэхгүй (ихэвчлэн 5% дотор байдаг).

Урсгал хэмжигчийн арга нь нэвтрүүлэх чанарыг давхарга, давхаргаар судлах шинжилгээний шууд аргад хамаарна. Урсгал хэмжигч буюу шингэн зарцуулалт хэмжигчийг тусгай цэгүүдэд байрлуулан усны урсгалыг оруулна. Урсгалын урсац цооногийн усны байгалийн урсгал, шахах, шавхах шахуургаас хамаарна. Урсгал хэмжигчийн заалтын ялгаа судалж буй чулуулгийн нэвтрүүлэх чанар, урсгалын түвшнийг харуулна. Уст давхаргын (шахуургын мэдээллээс) мэдэгдэж байгаа нэвтрүүлэх чанарын хэмжигдэхүүн C , зузаан T , (нийт урсгалын хурдыг харуулдаг цооногийн хаалт дээрх) урсгал хэмжигчийн хамгийн их заалт N , тухайн давхаргын зузаан t_1 орой дээрх заалт N_r , ёроол дахь заалт N_f мэдэгдэж байгаа бол дараахь томъёог ашиглан давхарга бүрийн нэвтрүүлэх чанарыг олно:

$$C_i = \frac{CT(N_r - N_f)}{N \bullet t_i}$$

4.6. ГАЗАР ДОР УУСГАХ ОРДЫН ГИДРОГЕОЛОГИЙН БҮСЧЛЭЛ

Гидрогеологийн судалгааг дүгнэн газрын доор уусгах, ордын гидрогеологийн бүсчлэл гаргахад хүдрийг тойрон хүрээлж буй уст давхаргын гидрогеологийн тооцооны параметруудыг мэдэх шаардлагатай (4.1, 2.2-ыг хар).

Хүдрийн хязгаар дотор байрласан ойролцоо шинж чанартай талбайнуудыг сонгох нь бүсчлэлийн зорилт юм. Бүсчлэлийг газрын доор уусгах процесст нөлөөлж өөрчлөлт оруулж болзошгүй нэг буюу хэд хэдэн фактораар ялган хийнэ. Бүсчлэл хийхэд дараах шалгууруудыг тавина:

- Үйлдвэрлэлийн горизонтын гидравлик нөхцөл (дээшлэх ба цооногоос гарах шингэнд нөлөөлөх факторууд)
- Ус хязгаарлагдмал үеийн (страта) шинж чанар, төрх байдал (газар дор уусгах динамик, шингэний чанарт нөлөөлдөг фактор)
- Нийт давхаргын (гаргаж авч болох ураны нөөцтэй) үйлдвэрлэл, чулуулгийн нэвтрүүлэх чанар, зузаан, литологийн найрлага (технологийн

цооногийн шавхалт, гаргаж авсан ураны хэмжээ, шингэний чанар, урвалжийн зарцуулалт зэрэгт нөлөөлдөг факторууд)

- Хүдрийн үе хаалтаар тоноглогдсон цооногийн шавхалт (газрын доор уусгах эрчим, үйлдвэрлэлийн шингэний чанар, урвалжийн зарцуулалтыг тодоорхойлдог фактор)

- Үйлдвэрлэлийн горизонтынгүн (технологийн цооногийн өртөг, төлөвлөлтөд нөлөөлдөг фактор)

- Үйлдвэрлэлийн уст давхаргын ус дамжуулалтыг хүдэр агуулсан хэсгийн ус дамжуулалтай харьцуулсан харьцаа (үйлдвэрлэлийн шингэний зэргийг тодоорхойлдог фактор. Энэ нь үйлдвэрлэлийн хэсэгтэй холбогдсон тохиолдолд шингэн дэх **металллын** дундаж агуулгыг илэрхийлнэ).

Бүсчлэл хийхээр сонгосон параметрууд нь ордод үзүүлэх нөлөөллөөс хамааран ялгардаг. Гидрологийн бүсчлэлийн үр дүнг хүснэгтээр нэгтгэн гол гол параметруудээр ялган талбайг сонгоход хэрэглэнэ. Түүнээс гадна газрын доор уусгах ажилд учруулах гидрогеологийн нөлөөллийн үнэлгээг бас хүснэгтэд оруулна.

Гидрогеологийн бүсчлэлийг харуулсан зургийг ордын хэмжээнээс хамааруулан 1:2000-аас 1:10 000 хүртэл хуваариар хийнэ.

БҮЛЭГ 4-ИЙН АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] BABUSHKIN, V.D., PLOTNIKOV, N.N., CHUIKO, V.M., Methods for Studying Filtration Properties of Heterogeneous Rock, M., Nedra (1974).
- [2] BINDEMAN, N.N., JAZVIN, L.S., Evaluation of Operation Reserves of Groundwater. M. Nedra (1970).
- [3] BOREVSKI, B.V., SAMSONOV, B.G., JAZVIN, L.S., Methodology for Determining Parameters of Aquifers by Pumping-Out Results, M. Nedra (1979).
- [4] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., Mineless Working of Ore Deposits, M. Nedra (1986).
- [5] Test Filtration (D.I. Bashkatov, V.M. Shestakov, Eds), M. Nedra (1974).
- [6] SHUMILIN, M.V., MUROMTSEV, N.N., BROVIN, K.G., et al., Exploration of Uranium Deposits for In-Situ Leaching, M. Nedra (1985).
- [7] Hydrologist's Manual (V.M. Maksimov, Ed.), L. Nedra 1–2 (1979).

БҮЛЭГ 5. ЛАБОРАТОРИЙН СУДАЛГАА БА ЗАГВАРЧЛАЛ

5.1 ГАЗАР ДОР УУСГАХ ПРОЦЕССЫН ЗАГВАРЧЛАЛ

Газар дор уусгах аргын хэд хэдэн үзүүлэлтээр уусгалтын өмнө нарийвчилсан туршилт хийх шаардлагатай. Газар дор уусгалт нь газар дор далд хийгддэг ба шууд ажиглаж хянах боломжгүй. Хяналт нь оролтын цооногийн оролт, гаралтын цооногийн гаралт, мөн цөөн тооныажиглах цооногууд дээр л хийгддэг. Туршилтаар газар дор уусгах томоохон блокийн үзүүлэлтүүдийг тодоорхой болгохын тулд геологийн нэгэн төрөл байдал, хүдрийн эрдсийн ба физикийн найрлага, нэвтрүүлэх чанар зэргийг зайлшгүй мэдэж байх хэрэгтэй. Газрын дор уусгах арга цаг их зарцуулдаг бөгөөд хэдэн сараас хэдэн жил болдог учраас богино хугацааны лабораторийн туршилтын үр дүн удаан хугацааны ажиллагааг тодоорхойлж, үнэлгээ хийх чухал үүрэгтэй болдог.

Үүнээс гадна, техник, эдийн засгийн боломжийг үнэлэх урьдчилсан таамаг гаргах, уусгах аргыг сонгох, төлөвлөсөн үр дүнг тооцоолох зорилгоор тусгай лабораторийн судалгаа, загварчлал [4] зайлшгүй шаардлагатай болдог. Газар дор уусгах процесс эхлэхээс өмнө, явагдаж байх үед, мөн дууссаны дараа ч эдгээр судалгаа, загварчлалыг хийсээр байдаг. Эдгээр судалгаа, загварчлалыг хийснээр боловсруулах динамикийг хянах, уусгах чулуулаг, хүдрийн масс, эзлэхүүнийг үнэлэх, уран гаргаж авах, уусгах процессын үр ашиг, гүний ус, чулуулагт учруулах нөлөөлөл зэргийг урьдчилан төлөвлөх боломжтой болно.

Газар дор уусгах аргад физик, математикийн олон төрлийн загварчлал хийнэ. Газар дор уусгах математик загварчлалын аргад гидродинамик, химийн урвалын кинетик, уусах чанар, уусдаг нэгдлүүдийн диффузийн процессуудыг тодоорхойлох тооцооллууд орно. Дифференциал тэгшитгэлийн системээс математик загварчлалын арга гарч ирдэг. Дифференциал тэгшитгэлийн системээр шингэний оройн өөрчлөлт (Дарсигийн хууль), кинетик диффузээр үүсгэгдэж байгаа урсгал, химийн кинетикийг тодоорхойлно. Бүх эхний ба хязгаарын нөхцөлийг тооцох математик механизм байхгүй учир эдгээр дифференциал тэгшитгэлийн ерөнхий хариуг гаргах боломжгүй. Түүнээс гадна, газар дор уусгах нөхцөлд тохирсон функц, коэффициентуудыг тодоорхойлоход хэцүү. Иймд шийд гаргахын тулд функцын гишүүдийг эмхэтгэх шаардлагатай болно. Хугацаанаас хамааруулан уусгах шингэний найрлага, урвалж, ураны өөрчлөлт, оролт, гаралтын өгөгдлүүдийг ашиглан туршилт, тооцооллын аргаар коэффициентуудыг олно.

Газар дор уусгах загварчлалд эхлээд сийрэг орчны урсгалын хувьд тэгшитгэл бичнэ. Ердийн нөхцөлд гидродинамик тэгшитгэлийн шийдийг гаргах боломжтой. Тухайлбал нэгэн төрлийн нэвтрүүлэх чанартай [1, 8, 11] үргэлжилсэн усан давхаргын нэвтрүүлэх орчинд доошлох үед дараах тэгшитгэлтэй байна:

$$h_0 - h(r, t) = \left(\frac{Q}{4\pi T} \right) W(u)$$

$h_0 - h(r, t)$ = шахаж эхэлснээс хойш t хугацаанд гарахцооногоос r зайд ордын оройн (head) бууралт.

Q = цооногийн гарах хурд, ($\text{м}^3/\text{хугацаа}$)

T = усан давхаргын дамжуулах чанар ($\text{м}^2/\text{хугацаа}$)

$W(u)$ = u цооногийн функц:

$$u = r^2 S / 4 T t.$$

S = хуримтлал ($\text{м}^3/\text{хугацаа}$).

W функц нь экспоненциаль интеграл бүхий онцлог функц юм.

$$\int_u^{\infty} (1/u) \exp(-u) du$$

$U < 0.01$ бол, интеграл функц логарифм болно. Тэгвэл

$$h_0 - h(r, t) = (2.3Q/4\pi T) \log(Tt/r^2 S)$$

Иймд хангалттай урт хугацаа, бага r –ийг тооцвол

$$u = r^2 S / 4 T t < 0.01,$$

болно. Энэ энгийн логарифм тэгшитгэлийг газар дор уусгах аргад хэрэглэнэ.

Суперпозицийн аргыг ашиглавал бүх орох ба гарах цооногийн нийт эффектйг олж болно. Газар дор уусгахад сийрэг орчны урсгалыг тооцоолох программ хангамж мөн хийгдэж байна. Программ хангамжаар олон цооногтой талбайн гидростатик орой, пьзометрийн гадаргыг тодоорхойлон урсгалын хэлбэр, хурдыг диаграммаар харуулна (Бүлэг 6).

Гидродинамик диаграммыг ашиглан урсгалын шугамын дагуу хөдлөх шингэний гол параметруудийг тооцно. Суперпозицийн аргаар урсгалын шугамын дагуу хөдлөх шингэний хөдөлгөөний кинетик тэгшитгэл бичин, нэг хэмжээст урсгал болгон хялбарчилснаар гарах шингэн дэх ураны агуулгын өөрчлөлт дээр урьдчилсан загвар гаргах, уусгах параметруудийг тооцох боломжтой болно.

Талбай дээр эсвэл лабораторид кернийг урвалжтай хамт уусгаж туршилт хийн туршилтын үр дүнд үндэслэн тооцоолол хийхэд шаардлагатай

гидродинамикийн ба геохимийн мэдээллийг олж авна. Лабораторийн ба гидрогеологийн судалгаагаар газар дор уусгах ордын ашиглалтын судалгаа ба ажиллагааны үед уусгах талбайн гол параметруудийг тооцоолоход шаардлагатай мэдээллийг олж авна. Үүний дараа уран гаргаж авах туршилт хийхэд лабораторийн өгөгдлийг туршилтын талбайд бататгана.

Талбайн нөхцөлд үр дүнг ашиглан бусад ажилбаруудыг төлөвлөх, талбайн уусгах ажлыг илүү нарийн гаргахын тулд керн дээжийн лабораторийн судалгаагаар дундаж нэвтрэх чадвар, уусгах процессын үед гарах нэвтрэлтийн өөрчлөлтийг тодорхойлно.

Энэ судалгаа нь гидрологийн судалгааны [2, 8] лабораторийн ажилд нэлээд судлагдсан сийрэг орчин дахь шингэний урсгалыг судлах аргачлал дээр үндэслэдэг. Энэ нь сул элсэн тунадаснаас металл уусгах нэлээд түгээмэл лабораторийн аргачлалд орно. Өндөр хяналтан дор байдаг лабораторийн нөхцөлд зайлшгүй шаардлагатай хамаарлыг гаргаж болно. Тухайлбал орчны үл таарах нөхцөлөөс шалтгаалах хувьсах хэмжигдэхүүнүүдийг тогтмол болгосны дараа материалын дундаж найрлага, мэдэгдэж байгаа нэвтрэх чанарыг ашиглан хүдрийн төрлүүдийн нэвтрэх чанар, байгалийн эрдсийн агуулгыг хялбарчилна. Дээрх нөхцөлд туршилт хийх үед нэг л энгийн фактор (урвалжийн агуулга гэх мэт) хувьсах байвал судалгаанд хэрэглэгдэж байгаа параметруудийн математик хамаарлыг олж болно. Энэ хамаарлыг загварчлалд оруулдаг. Сийрэг орчны уусгалтыг хоёр талаас нь судалсан хосолмол судалгааг багана буюу тавиурд “физик” загварчлалын аргаар хийдэг. Хэдий энэ загварчлалыг хийхэд төвөгтэй, дундаж нэвтрэх чадвар, эрдсийн агуулгын хэрэглээ түүнчлэн урсгал зэргийн загварыг жинхэнэ талбай дээрхтэй адилхан хийхэд хүндрэлтэй байдаг ч олборлолт, түүнтэй холбогдох өөрчлөлтүүдийн үндсэн мэдээлэлд тавиур, багана нь чухал хувь нэмэр оруулдаг. Дээр дурдсан хязгааруудын нэг жишээ бол керн материалыг задлах шаардлагатай учраас кернийг багана болгон багцлах болдог. Үүний дүнд багана дахь хүдэр байгаль дээрх хэмжээнээсээ өөр сийрэгшил, нэвтрэх чанартай болно. Иймд багана туршилтын үр дүнг бодохдоо энэ зөрүү тооцох шаардлагатай.

Лабораторийн эхний судалгаагаар хүдэр агуулсан элс бүхий баганыг уусгахад ажиглагддаг гол хамаарлуудыг илрүүлэх давуу талтай. Баганыг шингэний урсгалын урсах шугам гэж ойлгож болно. Урсгалын загварыг гидродинамик тооцоололд ихэвчлэн хэрэглэгддэг аналог нэгж буюу интегратороор эсвэл компьютер загварчлалаар гаргана.

Газар дор уусгах аргыг талбайд хэрэглэх боломжийг үнэлэхийн тулд керн дээжинд үнэлгээ хийхдээ агуулагч чулуулалт (шингэн дэх ураны агуулга, шингэн/хатуу харьцаа, тусгай урвалжуудын зарцуулалт зэрэг) уусах ерөнхий параметруудийг тодорхойлох хэрэгтэй. Түүнчлэн, хүдрийн давхаргын урт, температур, хэрэглэх урвалж, түүний концентрацийг сонгох зэрэгтэй холбоотой зөвхөн үндсэн туршилтыг хүдрийн материалаар дүүргэсэн уусгах хоолойд гүйцэтгэх ёстой. Лабораторийн судалгаанд тавиурын нэмэлт судалгаа орно. Энэ судалгаанд талбайн дундаж үндсэн геологийн хэсгүүдийг

үйл ажиллагаа явуулахаар зэхэж байгаа талбайн нөхцөлд загварчилна. В.М.Шестаков, Н.Н.Вержаган, Л.Лукнер, М.Макет нарын [2,3,6,8,10] боловсруулсан физик загварчлал керн дээжийн лабораторийн судалгааны үндэс юм. Энд керн материал байгалийн чулуулгийн нягт, сийрэгшил, усаар дүүрсэн цооногийн эзлэхүүн, нэвтрүүлэх чанартай төсөөтэй байх ёстой. Иймд хуурай, хий орчны эзлэхүүний массаар загварын нягтыг хянана. Чийгтэй болгох усны эзлэхүүнээр дүүргэлтийн зэргийг тодорхойлох ба нийт сийрэгшил (р)-ийг $p = (\gamma - \sigma)/\gamma$ томъёогоор олно (энд, γ -нягт, σ -эзлэхүүний масс). Уусгах аргыг туршихад бэлэн болсон загварыг усаар цэвэрлэсний дараа (Дарсигийн хуулиар) гидравлик дамжууллыг ашиглан нэвтрүүллийг тооцно. Лабораторийн уусгах аргад хэрэглэсэн ус ижил тогтоцтой буюу керн дээж авсан талбай гүний устай төсөөтэй байх ёстой. Лабораторийн нэрмэл ус шаврыг төвлөрүүлж уусгах багананд бөглөрөл үүсгэнэ. Багана дундуур шингэний урсгалыг дээш явуулбал уусгах процессын үед үүссэн хий, саатсан агаараас үүсэх бөглөрлийг бууруулахад дөхөм болно.

Шестаковын тодорхойлсноор байгалийн нөхцөлтэй харьцах физик загварчлалын тоон хамаарал дараах харьцаатай [6] таарч байх ёстой:

$$(a_1 \cdot a_\mu) : (a_t \cdot a_c) = 1$$

a_1 – шугаман хэмжээ (байгалийн ба лабораторийн загварын хэмжээний харьцаа)

a_μ - усны ашигт үйлийн коэффициентын хэмжээ

a_t – хугацааны хэмжээ

a_c – гидравлик дамжууллын хэмжээ.

Дээр илэрхийлсэн тэгшитгэлээр усаар дүүргэгдэж байгаа цооногийн нүх сүв ба дүүргэлтээс хамаарах усны ашигт үйлийн коэффициент, гидравлик дамжуулал хоорондоо тэнцүү ($a_c = a_\mu$) бол хугацаа ба уртын хэмжээсүүд тэнцэх ёстой ($a_1 = a_t$). Урт/хугацаа харьцаагаар илэрхийлэгдэх урсгалын хурдыг хайгуулын талбайгаас үл хувьсах загварт шилжүүлнэ. Эдгээр нь гидрологийн туршилтад хэрэглэгдэх физик урсгалын загварын шаардлагууд болно. Үүнээс гадна уусгах процессын хоёр үндсэн хэсгийн нэг нь шингэний урсгал учраас уусгах загварын шаардлагад ч орно. Шингэний урсгал химийн харилцан үйлчлэлд ороход тэдгээрийн шалгуур коэффициентуудаас хамаарч зарим асуудал үүсдэг. Олон тооны судлаачид төстэй материалын масс шилжүүлгийн (диффузи) шалгуурыг олохоор лабораторийн судалгаа хийж байна. Гэсэн хэдий ч химийн процесс дахь төстэй нөхцөл төстэй материалын масс шилжүүлгийн (диффузи) нөхцөлтэй тохирдоггүй учраас туршилт үр дүнгүй байсаар байна. Гетерогений урвал бүхий газар дор уусгах аргын загварчлалын хувьсах хэмжигдэхүүнүүд, тэгшитгэлийн хувьсагчуудыг лабораторид хэмжиж тодорхойлсон.

Тэгшитгэлийн хувьсагчуудыг тодорхойлохын тулд хайгуулын талбайн бүх нөхцөлийг лабораторийн жижиг хуваарьт [7] оруулан турших шаардлагагүй. Математик загвараар жижиг хэсгүүдийг нэгтгэн нэг бүхэл

процесс болгох боломжтой. Иймд урьдчилан тодоорхойлсон хязгаар, нөхцөлүүдээр тэгшитгэл зохион уусгах талбайн өөр өөр загвартай цооног бүхий янз бүрийн хэмжээтэй талбайд уусгах процесс явуулах мэдээллүүдийг олж авах боломжтой.

Хүдрээр дүүргэсэн баганаар нэг хэмжээст урсгал явуулах нөхцөлд лабораторийн уусгах туршилт хийхдээ процесс нь $X/V > (X/V)_{eq}$ бүсэд (Бүлэг 1, хэсэг 1.4.2.2.-ыг хар) хийгдэнэ гэсэн өөр нэг шаардлагыг хангаж байгаа гэдгийг батална. Уусгах судалгаанд баганын хамгийн бага өндөр x чухал ач холбогдолтой бөгөөд үүнийг H_2SO_4 -ын эхний концентраци, хүчил дэх хүдрийн багтаамж, уусгах тооцооны байж болох хамгийн бага алдаагаар тодоорхойлно. Уусгах лабораторийн судалгаанд багана 1 эсвэл 2 метр өндөртэй (ихэвчлэн 1м өндөртэй хоёр хэсгээс тогтоно) байвал тохиромжтой.

5.1.2. Хүдрийн дээж бэлтгэл

Шинжилгээ хийж байх хугацааны турш байгалийн эрдсийн материал өөрийн найрлагаа хадгалж байхаас шинжилгээний үр дүн ихээхэн хамаарна. Керн дээж бэлдэх үед хүдэр, чулуулгийн литологийн онцлогоо агуулсан, шавраас нь цэвэрлэсэн дээж авах шаардлагатай. Удаан хугацаанд агуулах барихаар төлөвлөсөн тохиолдолд эвдэгдээгүй дээжийг талбай дээр парафинаар битүүмжлэн хадгалах нь хамгийн сайн арга болдог.

Хүдрийн эхний дээжийг шинээр гаргасан өрмийн цооногоос керн дээж авах замаар гаргах ба загварчлах талбайн дундажтай ойролцоо ураны хэмжээтэй байна. Цацрагийн багаж ашиглан уусгах загвар дээжийг сонгоно. Хольсны дараа хийтэй, хуурай, элсэрхэг дээжийг 3 мм-ийн тороор шүүж өрмийн шингэнээс үүссэн шаврын жижиг хэсгүүдээс салгана. Хайрга, чулуу, чулуулгийн хэсгүүд загварчлалд (ялангуяа уусгах хоолойд) алдаа өгөх учраас мөн салгаж цэвэрлэнэ. Үүний дараа уусгах **дээжинд** гаргаж авах уран, CO_3 -ын агуулгыг тодоорхойлох шинжилгээ хийнэ.

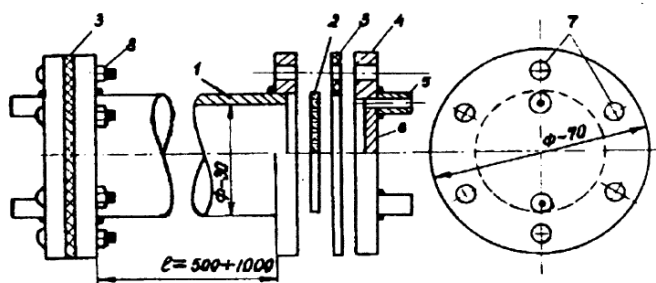
Загварчлах талбайн дээж уран, карбонатын хэвийн агуулгатай бол уусгах параметрийн туршилтад тохиромжтой гэж үздэг.

Хүдрийг угаах процесст (ихэнхдээ 5%-аас бага, заримдаа түүнээс илүү) агаар дахь исэлдсэн ураны хэсэг замхарч болдог. Иймээс уусгалтын холимог дээжийг цуглуулах үед ердийн ураны агууламжаас өндөр байлгахыг зөвлөдөг. Хэрэв карбонатын агуулга хэвийн хэмжээнээс хэт их хэлбэлзэж байвал дээжийг буцаадаг. Хэрэв цэвэр материал гарган авах боломжгүй бол туршилтын үр дүнгийн тайланд туршилтад тохиромжтой засварыг тооцон оруулах хэрэгтэй.

Лабораторийн технологийн туршилтад сонгогдсон хүдэр болон чулууны нэвчилтийн төрлийн тоо нь дор хаяж хоёр байх хэрэгтэй (хүдэр агуулагч чулуулаг болон хоосон чулуулаг). Гэхдээ туршилтын хугацааг удаашруулахгүйн тулд дөрөв, таваас ихгүй байх хэрэгтэй. Нэвчилтийн багана туршилт хийхэд хамгийн багадаа 10кг хүдэр шаардлагатай. Хэрэв хэвтээ тавиурыг ашиглаж буй тохиолдолд жин 20-30кг хүртэл нэмэгдэж болно.

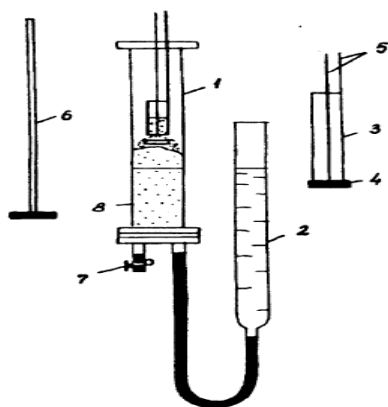
5.1.3. Баганан уусгалтад бэлтгэх

Хүдэр агуулагч элсний уусгалтад гидрогеологийн болон геохимийн процесс болон эрдэст уусмалын харилцан үйлчлэл дэх өөрчлөлтийн параметрийг тогтоох нь удаан хугацааны туршилтын ажил шаардахаас нягт багатай шингэнийг олон дахин сэлгэн хийх шаардлага тулгардаг. Ийм учраас чулуулгийн шинж чанарыг ашиглахын тулд баганан уусгалтын тоног төхөөрөмж нь зэврэлтэд тэсвэртэй материалаар хийгдсэн байх, агуулах сав болон хатаах хэсгийн эзлэхүүн бага байх, агаар сорох төхөөрөмжтэй байх зэрэг шаардлагатай байдаг. Түүнээс гадна уусмал дахь ураны тэнцвэр тогтох хангалттай хугацаа шаардлагатай. Эдгээр төхөөрөмжүүд нь уусгалтын лабораторийн ажлын ердөө эхний хэсэгт хамаарах бөгөөд энд 100см, 3см-ын диаметртэй, тохирсон урттай пластик дамжуулах хоолойг ашигладаг. (Зураг.5.1)



Зураг.5.1. Урсгах туршилтын хуванцар баганан хоолой: 1- хүрээ, 2- шүүлтүүр, 3- резин цагираг, 4- хошуу, 5- холбоос, 6- хатаах хэсэг, 7- боолтны нүх, 8- боолт (эрэг)

Зураг.5.2 дээр байгаатай ижил төхөөрөмжийг ажиллуулахын өмнө сантиметр кубын хуваарьтай дусаагуур болон баганан хоолой шаардлагатай болдог. Баганан хоолойд хуванцар шүүлтүүр тавьж, хайргатай хавтанг (ихэвчлэн кварц) байрлуулна. Хайрган хавтан нь хүдэр агуулагч элсний доод давхарга (баганан хоолойн нөгөө талд ижилхэн боловч эсрэгээрээ дараалалтай байдаг) адил гадуураа шилэн бүрхүүлтэй байна.



Ёроолоос гарах талбайн гүний ус (ихэвчлэн тухайн тогтцын ус гэж нэрлэгддэг) эсвэл химийн ижил найрлагатай тусгайлан бэлтгэсэн усыг багана руу тодоорхой даралтаар шахаж байх үед хэсэг хүдэр агуулагч хуурай элсийг баганан хоолой руу устай нэгэн зэрэг оруулан норгоно.

Зураг.5.2. Баганан хоолойн урсгалын схем: 1- хүрээ, 2- ус гаргах сав, 3- хүдэр хийх цилиндр, 4- дусал гарах ёроол, 5- доошлох утас, 6- компрессор, 7- шүүрэлтийн хэсэг, 8- усаар ханасан хүдрийн хэсэг

Цэвэр усан давхаргын орон зайг буцалсан болон хийжүүлээгүй усаар цэвэрлэх бөгөөд тухайн орчны темпратурт 24 цаг байлгана. Хэрэв нийт эрдэсжилт 1г/дм^3 -ээс их бол тогтцын усыг ашиглах боломжтой.

Норгох ажиллагаа нь ихэвчлэн нарийн өгсөх хоолойн (даралтгүй) тусламжтай явагддаг. Энэ үйл ажиллагаа нь жижиг хэсгүүд хэт ихсэхээс сэргийлэх нөгөөтэйгүүр критик даралтыг хялбархан өсгөх боломжтойгоороо хүдрийг уусгах процессын эхэнд маш чухал ач холбогдолтой байдаг.

Баганан хоолойд уусгах үед 2-р сав тогтмол өсөх учраас баганан хоолой дах усны түвшин норсон чулуулгаас хэтрэхгүй. Дуслалтаас үүдэх элсний задралаас сэргийлэхийн тулд баганан хоолой нь 3-а зураг дээрх шиг 7-10 см-ын урттай цилиндр багажийг ашигладаг ба ёроолд бэхлэгдсэн утаснаас дүүжилсэн байдаг. Хоёр дахь утас нь цилиндрийг өргөхийн тулд холбогдсон байдаг.

Уусгах процессын дараа хүдрийн масс, ачааны жин, хүдрийн материал болон норгоход ашиглагдсан усны эзлэхүүн зэргийг тэмдэглэн, чулууны эзлэхүүний жин болон онгорхой нүх сүвэрхэг байдлыг тооцоолж болдог. Элсний нягтаршлын зэрэг нь түүний эзлэхүүний масс ба ус дүүрсэн нүх сүвэрхэг хэсгийн хэмжээгээр тодорхойлогдоно.(Нийт нүх сүвэрхэг хэсгийн эзлэхүүн болон онгорхой үлдсэн сүвэрхэг хэсгийн эзлэхүүний харьцаагаар тодорхойлогдоно)

Багананд оруулсан материалыг эрэг шураг ашиглан бэхэлнэ. Баганан хоолой нь туршилтын төхөөрөмжид хэвтээ байрласан байна. Уусгалтын уусмалын урсгалын чиглэл нь норгох усны хөдөлгөөний чиглэлтэй ижил байх ёстой.

Хэвтээ хэлбэрээр байрласнаар газрын дор хүчил болон нүүрс хүчил агуулсан чулуугийн харилцан үйлчлэлээс үүсэх хийн хэмжээг судалж тогтооход дөхөмтэй бөгөөд газрын доорх шингэний урсгал шиг байна. Босоо хэлбэрээр доошоо чиглэсэн урсгалтайгаар байрлуулах нь газрын дор хий үүсэхгүй ч уусгах процессын эхэн үед чулуунуудын дунд агаар орж хий үүсэх магадлалтай тул аюултай.

Үүнээс гадна уусгалтын хоолой, газарт байрлуулсан тавиур (5.5-р бүлгийг харна уу), уусгах туршилт нь бойлийн сав, секунд хэмжигч, төрөл бүрийн хэмжигч мензуркнууд, тулгуурууд, шилэн хоолой (нарийхан төгсгөлтэй), шугам, дээж авах шилэн сав, лакмусан индикатор эсвэл рН хэмжигч, гуурсан хоолой болоод бусад лабораторийн багаж хэрэгслүүд шаардлагатай байдаг.

5.1.4. Баганан хоолойн уусгалт

Хүдрийн уусгалтын индексийг тодорхойлох судалгаанд хүхрийн хүчил ашиглахын тулд их хэмжээний хүчил зарцуулдаг минерал болох карбонатын CO_2 -ийн хэмжээг 1.5-2%-д байх хэрэгтэй. Энэ нь 3-4.5%-н CaCO_3 -тай тохирдог бөгөөд карбонатын урвалд бүрэн дүүрэн орсон тохиолдолд хүчил зарцуулалтын хэмжээ ижил байна. Гэхдээ зарим уран гаргаж авах процесст карбонат нь бүрэн урвалд орохгүй үлддэг тул дээрх үзүүлэлтүүд бага зэрэг өндөр гарах тохиолдол бий (жишээ нь CO_2 -н хэмжээ 2–2.5%). Эргэлзээтэй

байдал гаргахгүйн тулд туршилтын буюу урьдчилсан уусган баяжуулалтаа арай бага урттай хоолой ашиглан хийх хэрэгтэй. Хэрвээ карбонатын агууламж нормоосоо хэтрэх эсвэл хүчил зарцуулалтын хэмжээ 3%-с хэтэрвэл туршилтыг цаашид бикарбонатын (хоёрч нүүрсхүчлийн давс), натрийн бикарбонатын ба исэлдүүлэгчтэй карбонатын хольц ашиглан үргэлжлүүлнэ.

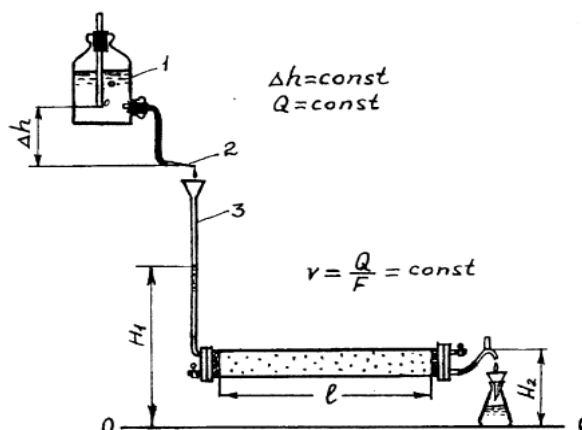
Хадгалах үед агаараар исэлдсэн ураны усанд уусдаг хэсгийг арилгахын тулд мөн нэвтрүүлэх чанарыг хянахын тулд уусгалтын өмнө гурван удаа нүх сүвэрхэг эзлэхүүнтэй хэсгээр нэвтрүүлэх хэрэгтэй (багананд байрлуулсан хүдэр норгож буй чиглэлд). Ингэж гаргаж авсан холимог усны дээжийг шинжлэн ураны **металл** авалтын хэмжээг тодоорхойлдог. Хэрвээ энэ хэмжээ нь багана доторх нийт хэмжээний 10-15%-с хэтрэхгүй бол өмнө гаргаж авсан ураны хэмжээг багасгах хэрэгтэй. Гэхдээ энэ нь тус талбай дээр тогтоогдсон дундаж хэмжээнээс бага зэрэг ялгаатай байна. Хэрвээ усанд уусдаг ураны хэмжээ 15-20%-с хэтэрвэл (удаан хугацааны туршид хадгалсан тохиолдолд) тэдгээр сорьцуудыг уусгалтын индексийг тогтооход ашиглахгүй байх нь зүйтэй.

Хэд хэдэн өөр агуулгатай урвалжуудыг урсгалын хурд тогтмол байх нөхцөлд баганан хоолой бүр дээр туршдаг. Эндээс хүдрийг боловсруулах болон уусгалтын уусмалаар дүүргэх хугацаанд тохирсон нэг урвалжийг сонгоно. Дараа нь хүдэр агуулсан үеийн янз бүрийн уртад уусгалтын бүтэн хугацаанд урвалжийн дундаж агуулгыг сонгон туршилт хийнэ. Жишээлбэл 1 эсвэл 2 метрт, урсгалын хурд нь дунджаар 0.3м/өдөр (нүх сүвийг тооцохгүйгээр) байна. Нэвчимтгий элсэнд урсгалын хурд ойролцоогоор 1м/өдөр байна.

Туршилтын хэсэг (Зураг.5.3) нь Бойлын савны тогтмол зөрүү Δh -ийн ачаар хэрэглэгчид урсгалтын зэрэг Q , урсгалын хурд V -г тогтмол байлгах боломжтой болгодог. Нэвчилтийн өөрчлөлт нь шингэний түвшний ялгаа H_1 -ийн өөрчлөлтийн тусламжтайгаар автоматаар нөхөгддөг. Баганан хоолойн төгсгөл дээр байх H_2 шингэний түвшний ялгаа нь тогтмол. Анализ хийхээр өгөгдсөн дээжийн хэмжээнээс шалтгаалж системд өдөрт хоёр удаа тохиргоо хийгддэг.

Урвалжийг нэгэнт өгч эхэлсэн бол туршилт 24 цагийн турш зогсолтгүй хийгдэнэ. Туршилтийг зогсоох нь хориотой, учир нь зогсолт хийхэд химийн урвал өөр орчинд явагддаг.

Зураг.5.3. Тогтмол урсгалын хурдыг (V) турших: 1- Бойлын сав, 2- нарийн хоолой, 3- уусмалыг оруулах болон урсгалын хурдыг хянах шилэн хоолой.



Хийн хуралдалт үүсгэхгүйн тулд баганан хоолойн эхэн хэсэгт дээд үетэй холбогдсон хийгүйжүүлэх нэмэлт хоолойг байрлуулдаг. Урвалжийг өгөхийн өмнө гарах хэсэг угаагдсан байх бөгөөд ажлын уусмалаар дүүргэгдсэн байна.

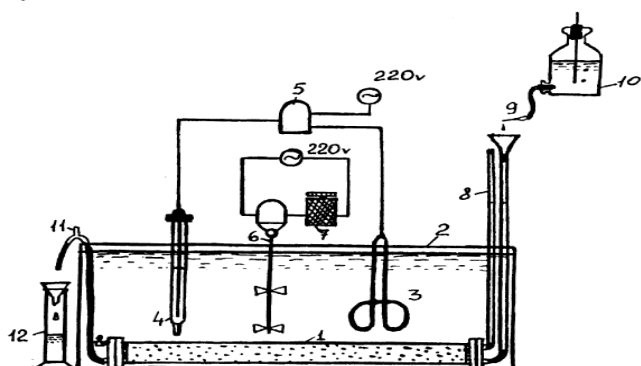
Тогтворжиж эхэлсэн урсгалын хурдыг урьдчилсан тодоорхойлсны дараа, **металл** авалтын зорьсон хэмжээнд хүрэлцэхүйц урвалжийг хоолой руу хийнэ. Туршилтын үеэр гаралтын агууламжийн **муруйг** байгуулахын тулд тогтмол дээжлэлт хийнэ. Биокарбонатын эффект үүсэх тохиолдолд процессын 2 шатны бүхий л үйл ажиллагааг тодоорхойлох өгөгдлийг гарган авах чухал шаардлагатай болно. 1-р түвшний уусгалтын үед шингэний дээжийн хамгийн их тоо 6-8, 2-р шатанд 10-12 байна. Тасралтгүй дээжлэлт хийх учраас шинжилгээний үр дүн нь туршилтын нийт уусмалыг төлөөлөх чадвартай байна. Шинжилгээний үр дүнд pH-ийн зэрэг (заримдаа нэмэлтээр EMF эсвэл Eh), гаралтын уусмалын химийн найрлага (шаардлагатай бол) болон **металл** авалтын хэмжээг тодоорхойлдог.

Зураг.5.1-д санал болгож буй туршилтын үр дүнг харуулав. Баганан уусгалтын бүртгэл хийхэд тунадасны өнгө, төлөв, хийн дэгдэлт, үйл ажиллагааны эвдрэл, температур зэргийг тэмдэглэн авдаг. Шөнийн цагаар болон ажлын бус өдрүүдэд үйл ажиллагаа явуулж буй тохиолдолд дээжлэлт хийхдээ тусгай төхөөрөмжүүдийг ашигладаг. Тэдгээр нь химийн лабораторид өргөн ашигладаг, цагийн механизм болон усны хавхлагатай багаж хэрэгслүүд байдаг. Туршилт дуусахад баганан хоолой салгагдах ба уусаагүй үлдсэн ураны агууламжийг тодоорхойлохын тулд уусгасны дараа хүдрийг (нунтаг) шинжилгээнд оруулдаг.

Туршилтын өгөгдлүүд нь гаралтын агуулгын **муруйг** байгуулах болон хугацаа болон L:S (шингэн/хатуу) хэмжигдэхүүнээс хамаарсан ураны металл авалтын диаграммд хэрэглэгддэг. Онцгой урвалжийн зарцуулалт нь чулууны процентоор илэрхийлэгдэх бөгөөд 1гр ураны **металл** авалтад харгалзах чулуулгийн массын хувиар илэрхийлэгдэнэ. Гаралтын муруйн диаграммын цэгүүд нь ерөнхийдөө дээжлэлтийн хоорондын зайг илэрхийлнэ. Металл авалтын муруйн хувьд тэдгээр нь интервалын төгсгөл хэсэгт харгалзана.

Ууссан бүсийн хэсгийн шилжилтийн болон урсгалын хурд $V_e = \beta_e \cdot V$ -ийн хамаарал нь өөр өөр урттай хоёр багана дээр, гарган авсан тэнцвэрийн агууламжийн C_{eq} (жишээлбэл 1 болон 2м) хооронд судлагдана. Энэхүү судалгааг явуулахад урсгалын хурд, эхний урвалжийн агуулга ижил байх хэрэгтэй (ихэнхдээ дундаж зохих агууламжтай ойролцоо, ихэнхдээ 10г/дм³). Уусгалтын үндсэн параметрууд нь ураны авалтын ижил хэмжээнд (жишээлбэл $e=80\%$) харьцуулагддаг. Оновчтой хувьсах нөхцөлийг металл авалтын хоёр юмуу гурван түвшинг (жишээлбэл 70, 80, 90%) тооцоолсны дараа сонгох ёстой. Хэрэв лабораторийн туршилт болон газрын доорх нөхцөл хоорондын температурын ялгаа 10°C-ээс их бол температурын засвар хийх шаардлагатай. Засвар нь тогтмол температурын камерт хийгдсэн (ихэнхдээ 1м урттай) туршилтын уусгалтын урсгалын өгөгдөл дээр үндэслэгдэнэ. Илүү нарийн үр дүнг хос баганан хоолой ашиглан гаргаж авч болно. Лабораторийн нөхцөл дэх температур байгаль дээрх температураас

бага байх тохиолдолд хэрэглэх боломжтой нэг аргыг Зураг 5.4-т үзүүлэв. Тогтмол температуртай орчинд усыг хэрэглэнэ. 2 эсвэл 3 температурын хувьд тогтмол температур болон тогтмол уусалтын нөхцөлд ($C_{H_2SO_4} = \text{const}$, $V = \text{const}$) бүх туршилтыг явуулна. Аль ч температурын хувьд температур өсөхөд шингэн дэх ураны агууламж ихсэх ба уусгалтын хугацаа, урвалжийн зарцуулалт, хатуу/шингэний харьцаа багасна. Жишээлбэл: зураг.5.5 ба 5.6-д 70%, 80%-ийн **металл** авалттай судалгааны үр дүнг харуулав.



Зураг.5.4. Температурын хяналттай нөхцөл дэх урсгах туршилтын систем: 1-хүдэртэй багана, 2-устай халуун хүрээ, 3-цахилгаан халаагуур, 4-термометр, 5-реле, 6-холигч, 7-лабораторын автомат хувиргагч (autotransducer), 8-хийгүүжүүлэгч, 9-капилляр хоолой, 10-Бойлийн сав, 11-Ү холбогч, 12-хэмжигч цилиндр.

5.1.5. Хэвтээ тавиур дээр уусгах загварчлал

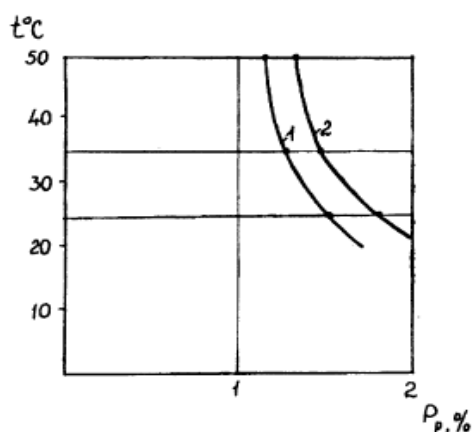
Баганан уусгалтын дээрх судалгаанаас харахад хэвтээ тавиур ашиглан туршилт хийж болох ба энэ нь ордын хэсгийг төлөөлж чаддаг байна (Зураг.5.7). Тавиурын оновчтой хэмжээ: урт 100см, өндөр 30-50см, өргөн 2-5 см байдаг. Үүнээс том хэмжээтэй тавиур ашиглахад дээжийн материалын хаягдлыг ихэсгэдэг. Бага хэмжээтэй бөөн дээжийн хувьд уусгалтын параметруудийг тодоорхойлоход алдаа гарч хүндрэл учруулдаг. Өргөний хэмжээ бага байх нь тавиурыг дүүргэхэд хүндрэлтэй болгодог. Ус нэвтрүүлэх чанар нь тавиурыг хэрхэн дүүргэснээс шалтгаалдаг ба энэ нь зарим тохиолдолд талбай дээрх гадаргуугийн нэвтрүүлэх чадварыг төлөөлж чадахгүй.

Туршилтын уусмал дахь ураны агууламж, мөн уусгалтын параметрууд зэрэг нь чулуулгийн эрдэслэг бүрэлдэхүүн болон тэдгээрийн гидравлик цахилгаан дамжуулах чанар болон зузааны хоорондын харьцаагаар тодоорхойлогддог. Эдгээр нь хувьсах ионы найрлагатай уусмалын шилжилт болон физик шинж чанартай холбоотой хэд хэдэн өөр хүчин зүйлсээс хамаардаг.

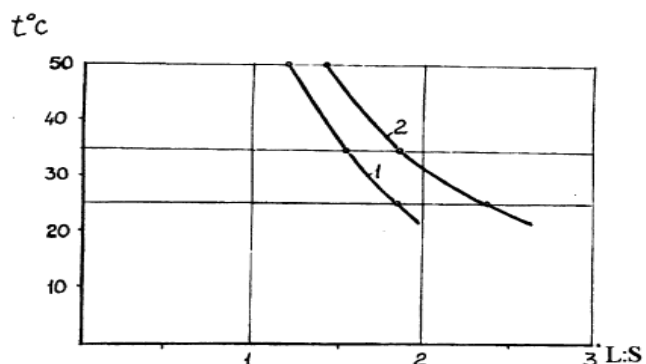
Хүснэгт.5.1. Бүртгэгдсэн туршилтын үр дүнгүүд

Он, сар	Дээжлэлтийн хугацаа	Туршилт эхэлсэн хугацаа	Эзлэхүүн, см ³		Дээжийн дугаар	Ураны агуулга, мг		
			дээж	нийт		1дм ³ -т	Дээжинд	нийт
1	2	3	4	5	6	7	8	9

pH, EMF	Шингэн/хатуу Харьцаа (Liquid/Solid, L/S)	Хаягдал урвалжийн агуулга, г/л	Урвалжийн зарцуулалт		Металл авалтын зэрэг, %	Тэмдэглэл
			1 г-д	% бүрт чулууны жингээр		
10	11	12	13	14	15	16



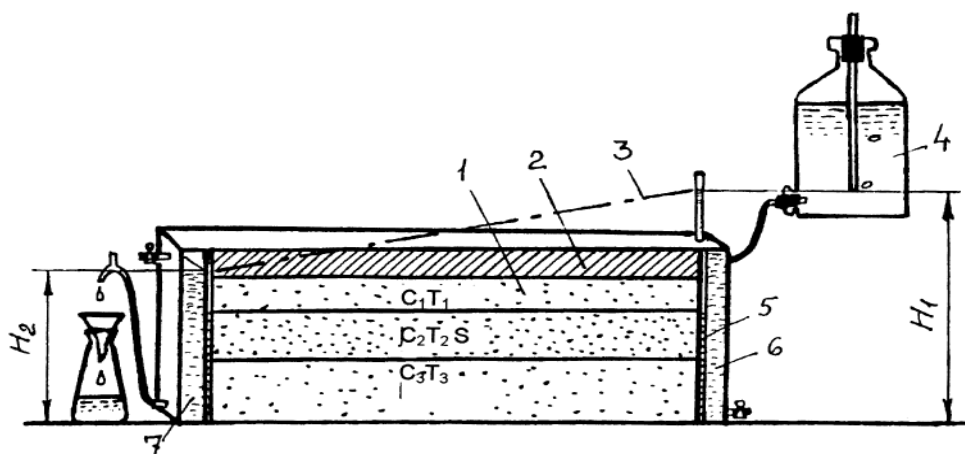
Зур.5.6. Уран авалтын зэрэг 1-70%, 2-80% байхад L:S хэмжигдэхүүний өөрчлөлт болон температурын ($t^{\circ}\text{C}$) хамаарал



Эдгээр бүх факторуудын нэгдсэн нөлөөг зөвхөн лабораторийн нөхцөлд тооцох боломжтой. Өгөгдсөн ордыг төлөөлөх чадвартай дээж материалаар хэвтээ тавиурыг дүүргэсэн байна.

Нэгэн төрлийн орчин дахь уусгалтын процесст тодоорхойлогдсон хүдрээр баганыг дүүргэнэ. Тохиромжтой нөхцөлд гарган авсан өгөгдлүүд нь яг туршилтын талбай дээр таардаггүй. Хэвтээ тавиур нь баганан уусгалтын хэд хэдэн сул талыг тооцсон байдаг ч илүү нарийвчилсан ГДУО талбайтай холбоотой параметруудийг тооцох хэрэгтэй болдог. Шингэний урсгалд нөлөөлөх татах хүчний ялгаанаас үүсэх нөлөөг загварчилдаг. Мөн чулуулгийн нэвчилтийн хэвийн бус өөрчлөлтөөс үүсэх фактор, олон үет давхарга дах шингэний урсгалтай холбоотой факторуудыг ч тэнд загварчилдаг. Эдгээрийг баганан уусгалтын үед тооцоолох боломжгүй байдаг.

Уусгалтын загварын ерөнхий шаардлага нь хуваарийн **коэффициентийг** хэвээр хадгалах бөгөөд хэвтээ тавиурыг тогтвортой байлгах юм. Загварын хэсэг нь сонгогдсон чулуулаг болон хүдрийн литологийн давхаргуудын зузааны харьцааг тогтвортой байлгах ёстой.



Зур.5.7. Геологийн хэсгийг туршилтын загварчилгаанд хэвтээ тавиурыг байрлуулах: 1-нэвтрүүлэх чадвартай хүдэр болон чулуулаг, 2-үл нэвчүүлэх шаварлаг хаалт, 3-пизометрик түвшин, 4-шингэнийг агуулах сав (Бойлийн сав), 5-шилэн бүрхүүлтэй нүхэлсэн хана, 6-шингэнийг өгөх хэсэг, 7-нэвтрэх хэсэг C_1 , C_2 , C_3 – литологи төрлүүд дэх гидравлик цахилгаан дамжуулах чанар: T_1 , T_2 , T_3 – харгалзах зузаан, S-хүдрийн давхарга дээрх ураны агууламж.

Хэвтээ тавиур дээр туршилт хийх нь баганан хоолойн туршилттай зарчмын хувьд төстэй, доороосоо даралтан дор хатах боломжтой. Хамгийн багадаа гэхэд 5см-ийн зузаантай хэсэг элс, резин, шаврыг орой дээр нь тавих ба усгүйжүүлэхгүй нөхцөлд урсгалыг барих хамгаалалт болдог. Баганан уусгалттай төстэй нь туршилт хийгдэх хэвтээ тавиурыг нүх сүвэрхэг эзлэхүүнийг 3-5 удаа солигдтол усаар норгодог. Усанд уусамтгай ураныг

тооцохгүй байж болно. Урвалжийг хийж эхлэх үед усыг шавхаж дуустал сав нь цэвэр шингэнээр угаагддаг. Хүдэр болон элсэрхэг хэсгийн ус нэвчүүлэх зэрэг, түүнчлэн тэдгээрийн уусгах процесс дахь өөрчлөлтийг тодруулахын тулд будагдсан ус болон шингэнийг ашигладаг “багц” хэмээх аргыг хэрэглэдэг.

Туршилтаас харахад боловсруулагдсан хүдрийн материалыг ураны үлдэгдэл агуулгыг тодоорхойлохын тулд шинжилгээнд оруулдаг. Цэвэрлэгдсэн шингэн дэх ураны агуулгаас бусад баганан уусгалтын бүртгэгдсэн болон боловсруулагдсан өгөгдлүүд нь элсэрхэг хэсгийн усны шингэрүүлэлтийн засварыг шаарддаггүй.

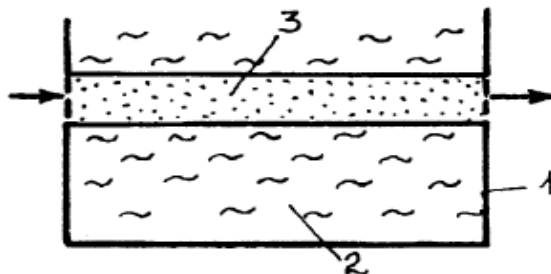
Үр дүнг баганан уусгалтын өгөгдөл шиг бүртгэн боловсруулдаг бөгөөд гаралтын уусмал дахь ураны агууламжаас гадна хоосон уусмалын шингэрүүлэлтийн засварыг шаарддаггүй.

ГДУО загварчлалд хэвтээ тавиурын аргыг төрөл бүрийн нягт болон наалдамхай/харимхай чанартай шингэний хөдөлгөөнийг судлахад ашигладаг. Мөн түүнчлэн олон давхаргат хэсгийн химийн бөглөрөл, хий агуулсан шингэний шилжил, байгалийн дахин тунадасжилт зэргийг судлахад ач холбогдолтой. Хэвтээ тавиурын өнцөг/хэлбэр нь суурилуултаас шалтгаалан янз бүр байна.

5.1.6. Шаварлаг хүдрийг уусгах загварчлал

Шаварлаг хүдрийг уусгах нь элсэрхэг хүдрийг уусгах шиг чухал биш ч уст давхаргын хязгаарт байх төрөлжсөн элсэрхэг хүдэрт тархсан тохиолдолд түүнтэй зэрэгцээгээр хийгдэж болно. Энэ нь диффузийн механизмын дагуу явагдах ба диффузийн тэгшитгэлийг хэрэглэснээр тогтоогдох боломжтой.

Диффузийн коэффициент D -ийн оронд байгалийн нөхцөл дэх гол хүчин зүйлс болон урвалжийн төрөл, нүх сүвэрхэг байдал, чийгийн агуулгыг тооцоолсон эффектив диффузын коэффициент болох D_{eff} -ийг ашиглана. D_{eff} -ийг уламжлалт аргаар тодоорхойлоход дараах зүйлс саад учруулдаг. Найрлага нь мэдэгдэх хүдрийн дээжээс нэг удаа авч, түүнийг аппаратад (Зураг.5.8) хийнэ.



Зур.5.8. Диффузийн уусгалтын туршилтын төхөөрөмж:

1- хүрээ, 2- хүдэр, 3- элсэн давхарга.

Элсэн давхаргын дээр уусгалтын шингэн нь тодоорхой хурдтай гоожно. Дээж нь уусгах материалд шинжилгээ хийхийн тулд, урвалжийн үлдэгдэл агуулгыг тодоорхойлохын тулд өгөгдөнө. Эндээс дээж авч шинжилгээнд өгөх ба туршилтын төгсгөлд (1-1.5 сарын дараа) үлдэгдэл **металллын** агуулга болон уусгагч дахь **металллын** агуулгыг тодоорхойлохын тулд хүдрийн материалд давхарга давхаргаар шинжилгээ хийнэ. Тооцоонд орох факторууд нь уусгагчийн нэвтрэлтийн гүн болон тухайн гүнд харгалзах ууссан ураны хувь/хэсгүүд юм. Дараа нь D_{eff} -ийг бодит хугацаан дээр тооцоолно.

Жишээ: Туршилтад 5кг жинтэй шаварлаг хүдрийн материалыг ашиглав. Шаварлаг хүдрийн хэсгийн зузаан 9 см. 2см-ын зузаантай кварцаар хучиж тавих ба $t=28$ өдрийн турш тогтмол хурдтайгаар хүхрийн хүчлийг шахна. Давхарга-давхаргаар хийх шинжилгээ нь уусмал $T = 4.5$ см гүнээр нэвтрэн өнгөрөх ба **металл** авалт $e = 0.31$ болохыг тогтоов.

$$D_{eff} = \frac{\pi \cdot \varepsilon^2 \cdot T^2}{4t} = \frac{3.14 \cdot 0.31^2 \cdot 4.5^2}{4 \cdot 28} = 5.46 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2 / \text{өдөр}$$

D_{eff} -ийг ашиглан $F = 100 \text{ м}^2$ талбайтай шаварлаг хэсгийн **металллын** уусалтыг тооцоолж болно, зузаан $T = 30 \text{ см}$, анхны $C_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ (эзлэхүүнт жин 2 г/см^3 байхад 0.05%), уусгах хугацаа $t = 360$ өдөр. Энэ тохиолдолд уусгалт нь 2 талаас эхэлнэ, $T/2 = 15 \text{ см}$. Металл авалтын зэрэг нь дараах байдлаар тодоорхойлогдоно:

$$\varepsilon = \frac{2}{T} \sqrt{\frac{t \cdot D_{eff}}{\pi}} = \frac{2}{15} \sqrt{\frac{360 \cdot 5.46 \cdot 10^{-2}}{3.14}} = 0.33$$

Ууссан материаллын хэмжээ Q_1 нь:

$$Q_1 = F \cdot T \cdot C_0 = 100 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.33 = 10 \text{ кг}$$

Тооцооллыг илүү нарийвчлалтай хийхийн тулд туршилтыг давтан хийж болно. Тооцооллын схем нь шавар дахь **металллын** тархалтыг (жишээлбэл, шаварлаг давхаргын гадаад болон дотоод тусгаарлалт) тооцсон байх ёстой.

Гэсэн хэдий ч дээрх уламжлалт аргаар D_{eff} -ийг тогтоох нь хэд хэдэн хүндрэлтэй учирдаг. Жишээлбэл, санал болгосон хамгийн бага талбай нь 200 см^2 . Хэрэв энэ хэмжээнээс багасвал урсгал дахь ураны агууламж багасах ба шинжилгээний мэдрэх хязгаараас бага болдог.

Хангалттай талбайтай байх нь хэд хэдэн гол дээжийн дундажыг авахад хэрэгтэй байдаг. Дундажлагдсан дээжүүдээс зохиомол, уян хатан хүдрийн хэсгийг гаргаж авахад байгалийн чийгшил болон эзлэхүүний массыг дахин хэмжих шаардлагатай. Шаврын байгалийн шинж чанар нь газрын гүний даралтаас ихээхэн хамаарах ба дээр дурдсан туршилтын арга нь зөвхөн D_{eff}

–ийн урьдчилсан загварыг гаргадаг. Хэвлэгдсэн эрдэм шинжилгээний өгүүлэлүүдэд уян хатан/зөөлөн шаварлаг чулууны D_{eff} хэмжигдэхүүн нь $5 \cdot 10^{-3}$ аас $5 \cdot 10^{-2}$ см²/өдөр -ийн хооронд янз бүр байдаг байна. Энэхүү хэмжигдэхүүн нь шавар дахь ураны гарцыг үнэлэхийн тулд тооцоонд ордог.

Нэвтрүүлэх чадвартай элсэрхэг тунамал чулуулаг дунд нэвтрүүлэх чадваргүй цуурсан чулуулгийг давхарга тааралддаг. Энэ нь дээрх туршилтын схемийг бүрэн нураадаг. Энэ тохиолдолд ашигтай диффузын уусгалтын харилцах талбай нь хүдрийн давхаргын хөндлөн огтлолоор хязгаарлагдах ба өрөмний нүхний диаметр нь 110мм орчим байхад хөндлөн огтлолтын талбай нь ихдээ л 80-85см² байна. Гэвч уусгалтын өмнөх ураны агууламжийн тархалтыг үнэлэхийн тулд нийт уртаас авсан дээжийг туршилтад оруулах учраас үүнийг бууруулах хэрэгтэй.

Энэ тохиолдолд D_{eff} -ийг тодоорхойлох дараах аргыг санал болгодог. Урьдчилан туршилтаас гарсан дээжийн эвдрээгүй бүтэц ба байгалийн чийгшил (парафинаар боловсруулагдсаны дараах) нь уртрагийн дагуу хоёр хэсэгт хуваагддаг. Нэг хэсэг нь анхдагч ураны агууламжийг тогтоох шинжилгээнд ашиглагддаг. Хоёр дахь нь парафинаар боловсруулагдана (аналитик керамик шилэнд хийгдэх оройн холбооноос бусад нь). Шилэн хана болон дээжийн хоорондох зайг парафинаар дүүргэдэг.

Дээжийн гадаргуугийн цаана, урвалжийн уусмалын эзлэхүүн нь урьдчилан тогтоогдсон, ажлын агууламжтай шингэнийг хийнэ. Дундаж агуулга нь газрын доорхтой төстэй байх ёстой, эндээс туршлагаар олсон эзлэхүүн дэх ураны агуулга нь (голдуу диффузын уусгалтад) 2-3мг/дм³ байна. Агууламжийн засвар нь өдөр бүр солигдох (цэвэр) шингэний эзлэхүүнийг ашиглан хийгдэх ба ууссан уран болон урвалжийн үлдэгдэлд шинжилгээ хийгддэг. 30-40 өдрийн дараа металлын агуулгыг тогтоохын тулд **дээжинд** давхарга-давхаргаараа шинжилгээ хийх ба уусгалтын зэргийг гүнээс хамааруулан тооцоолно. D_{eff} –ийг тодоорхойлох цаашдын үйл явц нь дээр дурдсантай ерөнхийдөө ижил. Эвдрэлгүй дээж дэх диффузийн коэффициент нь уян хатан шаврынхыг бодвол ач холбогдлоороо 1 эсвэл 2-оор бага байна.

5.2. Нягттаршил багатай чулуу болон хүдрийн нэвчилтийн шинж чанарыг тодоорхойлох нь

5.2.1. Оршил

Сийрэг чулуулгийн ус нэвчүүлэх чанар нь усны цахилгаан дамжуулалтаар илэрхийлэгддэг. Цахилгаан дамжуулалт нь ГДУО ордод тохирох шинж чанартай байна. (2.2-р хэсгийг хар). Ханасан чулуулгийн усны цахилгаан дамжуулах чанарын анхны утга нь цооногоос гүний усыг шахуургадах чадлаар тодоорхойлогддог. Ингэхдээ гүний усны динамикийн гидрогеологийн материалд дэлгэрэнгүй дурдагдсан тусгай аргыг ашигладаг. [1]

Газрын доорх уусгалт нь гүний усан сангийн багахан хэсэгт явагдаж болно. Түүнээс гадна ганцхан цооногийн туршилт (шахуургын туршилт)-аар

усны цахилгаан дамжуулалтын дундаж утгыг тогтоох нь чухал биш бөгөөд ордын орчим дахь өөрчлөлтийг ч мөн тогтоох хэрэгтэй. Хүдэр болон чулуулгийн литологи хэсгийн нэвчүүлэх чанарыг тогтоох нь уусгалтын шингэнийг гүний ус болон хоосон уусгалтын уусмалаар шингэрүүлэх урьдчилан шингэрүүлэлтийг тооцох боломжийг олгодог. Энэ мэдээлэл нь ГДУО технологийг ашиглан хүдрийг гарган авах боломжийг тодорхойлох болон эдийн засгийн үнэлгээнд асар их ач холбогдолтой юм.

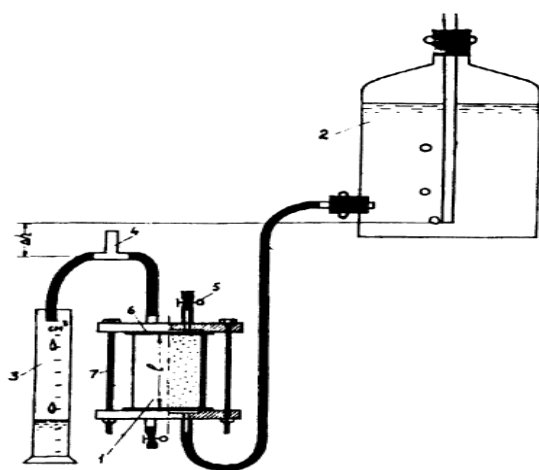
Чулуулаг ба хүдрийн эрдэс болон уусгалтын уусмалын хооронд явагдах химийн харилцан үйлчлэл нь уст давхаргын нэвчүүлэх чанарт өөрчлөлт ордог.

Түүнээс гадна судалгаа нь 2 хэсэгт хуваагдана. Эхнийх нь лабораторийн гидрогеологийн судалгаанд зөвшөөрөгдсөн энгийн аргыг ашиглан хүдэр болон чулуулгийн гидравлик цахилгаан дамжуулалтын анхны утгыг тодорхойлох юм [8, 9]. Хоёр дахь нь уусгалтын уусмал дахь химийн харилцан үйлчлэлийн туршид литологи хэсгийн нэвчилтийн зэрэг, шинж чанарын өөрчлөлттэй хамааралтай.

5.2.2. Хүдэр болон чулуулаг дахь анхдагч цахилгаан дамжуулалтыг тогтоох

Лабораторийн нөхцөлд сийрэг, нягт багатай чулуулгийн (элс болон шавар) гидравлик цахилгаан дамжуулалт нь эвдрэлтэй болон эвдрэлгүй бүтцэд тодорхойлогддог (зохиомлоор дарагдсан дундаж дээж). Үр дүн нь ерөнхийдөө ижил байх боломжтой. Үет чулуулагт (ялангуяа шавартай үелсэн бол) ялгаа нэлээд их байна. Шаварлаг чулуулгийн гидравлик цахилгаан дамжуулах чадвар нь эвдрээгүй бүтэцтэй дээжийн хувьд тодорхойлогдсон байдаг.

Бүтэц нь эвдрээгүй дээжийн гидравлик цахилгаан дамжуулах чанарыг тогтоох нэг боломжтой аргыг Зураг.5.9-т үзүүлээ.



Зур.5.9. Эвдрээгүй элсэн чулуулгийн гидравлик цахилгаан дамжуулалтыг анхны утгыг тодорхойлох төхөөрөмжийн суурилуулалт: 1-чулуутай цагариг, 2-Бойлийн сав, 3-хэмжигч цилиндр, 4-Ү холбоос, 5-хавчаар, 6-резин жийргэвч, 7-бэхлэх боолтууд.

Δh хэмжигдэхүүн нь урд хэсгийн (гуурсан хоолой болон шүүлтүүрийн эсэргүүцлийн алдагдал 5% -аас ихгүй) ялгааг илтгэнэ. Зураг.5.9-т үзүүлсэн төхөөрөмжийн суурилуулалт нь бүтцийн эвдрэлд ороогүй дээж (энэ тохиолдолд цилиндрийн оронд цэвэр **дээжинд** хийгдэх зүсэх цагаригийг ашиглана) болон холигдсон материалд хэрэглэгдэнэ. Урсгалын ерөнхийн чиглэл нь үндсэн урсгалын чиглэлтэй тохирох бөгөөд давхаргатай ойролцоо, дээжийн голд перпендикуляр байна. Бүтцийн эвдрэлд ороогүй дээжийн гидравлик цахилгаан дамжуулалт нь хүдрийн хэсэг дундуурх анхдагч (уусгахын өмнөх) нэвчилтийн харьцааг тогтооход ашиглагдах ба үүнд перпендикуляр байна (дээжийн гол тэнхлэгт).

Бүтцийн эвдрэлд ороогүй дээжид хэрэглэгдэх зүсэх цагариг нь хана дундуурх урсгалыг зогсоох зорилгоор чулуулаг дундуурх нэвтчилтийг сайжруулахын тулд гадна талаасаа ирлэгдсэн, гадна талдаа вазелин юмуу тос түрхэгдсэн байна. Цагаригийг алгуурхнаар, ямар нэгэн байдлаар муруйлгалгүй оруулах ёстой. Зүсэх цагаригийг хайрга агуулаагүй элсэнд хэрэглэх боломжгүй, энэ нь усны нэвчүүлэх чадварыг тогтооход ноцтой алдаа үүсгэдэг. Цагаригийн хэмжээ нь голын диаметрээр тодорхойлогдоно. Хамгийн найдвартай үр дүнг цагаригийн диаметрийг $d(l/d > 1.5$ байх нөхцөл, l - урсгалын чиглэл дагуу дээжийн голын урт) томоор авсан тохиолдолд гаргаж авч болно. Цагаригийн байж болох хамгийн бага хэмжээ: $d = 30\text{мм}$, $l = 50\text{мм}$.

Дээжийн гадаргуу нь дээжийн талбай дээрх шаварлаг шингэнээр өнгөлөгдөнө. Цагаригийн ирмэгээс илүү гарсан чулуулгуудыг болгоомжтой огтлох хэрэгтэй. Дараа нь цагаригийг хатах болон хагарахаас сэргийлж парафинаар бүрэн хадгална. Туршилтын үед дээж нь гадаргуу хэсэг чийгтэй болтол ёроолоосоо эхлэн усаар дүүргэгдэн дахин ханалт болох ёстой.

Ус нэвчилтийн зэргийг тодорхойлох туршилт нь ерөнхийдөө аналитик Бойлын сав ашиглан хийгдэж байгаа бөгөөд энэ туршилт нь газар руу орох орцын эхлэл хэсгийг тогтвортой байлгах боломжийг олгосноор нийт туршилтын эхний градиентийг тогтвортой байлгадаг. Критик градиент хэмжигдэхүүн ихсэж болохгүй. Тохиромжтой градиент хэмжээ нь 0.5 байна.

Ус нэвтрүүлэх чадвар нь дараах томъёогоор тодорхойлогдоно: $K = \frac{864Q}{J \cdot F}$

Q = ус зарцуулалт ($\text{см}^3/\text{с}$)

J = эхний градиент ($J = \Delta h/L$)

F = дээжийн хөндлөн талбай (см^2)

Хэрэв туршилт хийж байх үеийн температур усан сангийн температураас мэдэгдэхүйц өөрчлөлттэй байвал температурын засвар хийгдэнэ.

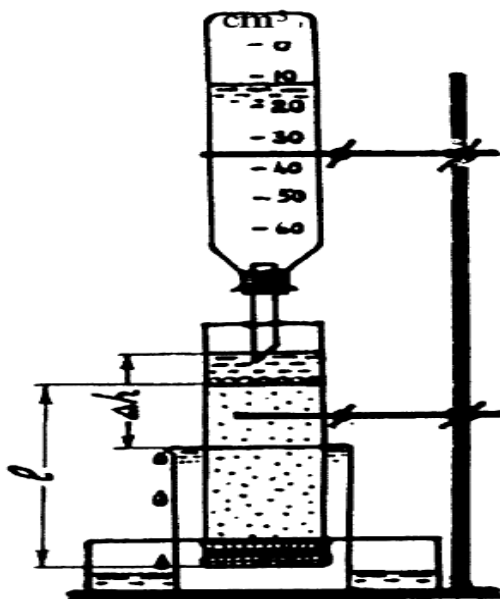
Туршилт дуусч үр дүн гарахад элс хатаж тогтмол жинтэй (m) болно. Энэ үед эзлэхүүний масс (δ) дараах томъёогоор тодорхойлогдоно: $\delta = \frac{m}{F \cdot l}$ ($\text{г}/\text{см}^3$)

Ямар нэгэн алдагдалгүйгээр хатаагдсан элс нь Зураг.5.10-т (G.N. Kamenski[8]) үзүүлсэн бүтэц нь эвдэрсэн хэсгийн К хэмжигдэхүүнийг тогтооход ашиглагддаг. Эдгээрийг бүтцийн эвдрэлд ороогүй дээжүүдтэй харьцуулснаар төрөл бүрийн чиглэл дэх ус нэвчүүлэх нэгэн төрөл байдлыг дүгнэх боломжийг олгодог. Энэ тохиолдолд жижиг хэсгийн хэмжээтэй холбоотой К хэмжигдэхүүнийг туршлагын томъёоноос олсноор тохиромжтой нэгийг сонгож чадна.

5.2.3. Уусгах явц дахь хүдэр болон чулуулгийн ус нэвчүүлэх чанарын өөрчлөлт

Уусгалтын явцад элс болон хүдэр барьсан элсний нэвчимхий байдлын өөрчлөлтийн талаарх судалгааг ихэвчлэн 0.5м урт баганан хоолой ашиглан явуулдаг. Хэд хэдэн туршилт урвалжийн агуулгын янз бүрийн түвшинд хийгддэг. Заримдаа бага агуулгатай урвалж эсвэл бүр өөр урвалж хэрэглэх нь ашигтай байдаг. Ийм төрлийн туршилт нь ердийн материалыг ашиглан хийгдсэн туршилтын уусгалтын параметрийг тодоорхойлж болох нэвчимхий чанарын абсолют хэмжигдэхүүнийг тогтоож болдог.

Баганан уусгалтын явцад чулуулгийн байгалийн бүтцийн өөрчлөлтийн судалгаа нь урьд нь хийгдэж байсан ба зарим тохиолдолд ус нэвчүүлэх чадвар нь багасч байсан ч энэ нь уусгалтын процесст ямар нэгэн хариу нөлөөлөл үзүүлээгүй. Учир нь хариу үйлдэл нь чулуулгийн менерал бүтэц, урвалжийн химийн найрлагаар тогтоогдсон байдаг. Гэхдээ энэ нь жижиг хэсгийн анхдагч тархалтаас хамаарахгүй. Түүнээс гадна шингэн дэх чулуулаг болон урвалж харилцан үйлчлэлцэж буй үед туршилт нь ус нэвчүүлэх чанарын (K/K_{km} , %) өөрчлөлтийг үзүүлдэг.

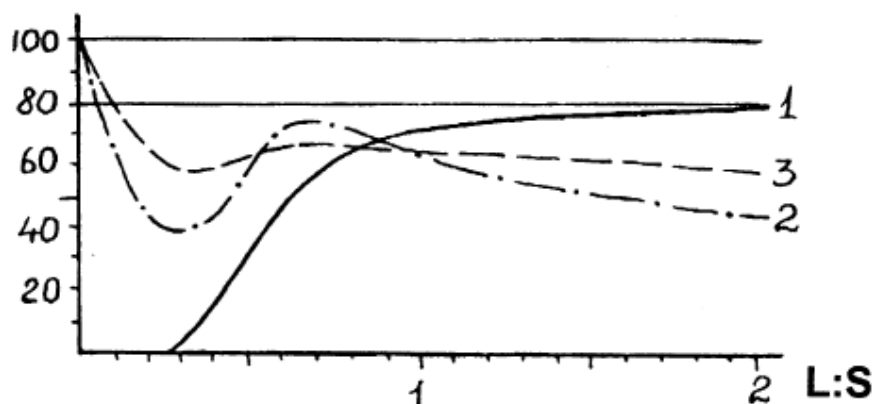


Градиент $J = 0.5$ тогтмол байх үеийг санал болгодог. Ус нэвчүүлэх чанарын өөрчлөлтийн туршилт нь практик дээр олборлох ураны зэрэг хангалттай болох хүртэл үргэлжилж, энэ нь элсэн чулуулагт К/км-ийн тогтворжилт хүртэл явагдана. Хүдрийн туршилт нь L:S-ийг тооцоолоход уусмалын дээжтэй хамт зөөгдөж байгаа ураны агуулга, pH ба урвалжийн шахаж эхэлснээс хойш гарган авч байгаа шингэний нийт эзлэхүүн тодоорхойлогдоно.

Зур.5.10. Бүтцийн эвдрэлд орсон (усанд) элсэн чулуулгийн гидравлик цахилгаан дамжуулалтын анхдагч хэмжээг тогтоох багажны суурилуулалт.

Туршилтын үр дүн нь шингэний $K/км$ (Q/Q_{in} -тэй төстэй) харьцангуй нэвчих чадварыг тогтооход ашиглагддаг. Диаграмм нь муруйн **металл** авалтын зэрэг ε (%) -оор дүрслэгдсэн байна. Х тэнхлэг нь $L:S$ хэмжигдэхүүн. Диаграмм $K/км = f(L:S)$ функцээр илэрхийлэгдэх ба чулууллагт урвалжийг шахаж эхлэх үеийн харьцангуй нэвчилтийн хэмжигдэхүүнийг тодорхойлно (Зураг.5.11). Цооногийн ус зарцуулалт, ус нэвчүүлэх чадвар зэргийг багтаасан гидрогеологийн тооцоолол нь уст давхаргыг бүрдүүлж байгаа чулуулгийн нэвчүүлэх чанарын өөрчлөлтийг тооцоолсон байх ёстой.

$C/C_{in}, \varepsilon, \%$



Зур.5.11. Уранын уусгалтын туршид хүдрийн харьцангуй гидравлик цахилгаан дамжуулалтын (C/C_{in}) өөрчлөлтийн жишээ: 1- **металл** авалт, 2- (C/C_{in}), 3- анхны урвалж өгөгдөж эхлэх үеийн дундаж хэмжигдэхүүн

БҮЛЭГ 5 – Д АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] BOREVSKI, B.V., SAMSONOV, B.G., JAZVIN, L.S., Methodology of Determining Aquifer Parameters Using Pumping-Out Data, M. Nedra (1979).
- [2] GAVICH, I.K., Theory and Practice of Modelling Used in Hydrogeology, M. Nedra, (1980).
- [3] LUKNER, L. SHESTAKOV, V.M., GeofiltrationModelling, M. Nedra (1976).
- [4] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., Non-Mining Working of Ore Deposits, M. Nedra (1986).
- [5] BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., DOLGIKH, P.F., et al., Research Methods in Ores ISL. M. Publ. MGRI (1981).
- [6] BOCHEVER, F.M., GARMONOV, I.V., LEBEDEV, A.V., SHESTAKOV, V.M., Basics of Hydrogeological Estimation, M.Nedra (1969).
- [7] SLINKO, M.G., Modelling of Contact Processes, Kinetics and Catalysis, M. Acc. of Sci. USSR 3 4, 481–492 (1962).
- [8] Manual of Hydrogeologist (V.I. Maksimov, Ed.), L. Nedra1 & 2.
- [9] CHAPOVSKI, E.G., Laboratory Tests on Soils and their Mechanics, M. Nedra (1975).
- [10] SHESTAKOV, V.M., Underground Water Dynamics, M. MGU, (1973).

НОМ ЗҮЙ

FREEZE, R.A., CHERRY, J.A., Groundwater, Prentice Hall, 317, 347–349 (1979)

БҮЛЭГ 6. ГАЗАР ДОР УУСГАН ОЛБОРЛОХ ОРД ДАХЬ ЦООНОГИЙН ТАЛБАЙН УУСГАЛТЫН ТУРШИЛТ

6.1. Ерөнхий ойлголт ба уусгах туршилтын дараалал

Зураг.6.1 бол уран агуулсан элсэн чулуун орднь ГДУО аргад тохиромжтой эсэхийг тогтоодог энгийн схем юм. Энэхүү схем нь геологийн бүтэц болон гидрогеологийн нөхцөлийг судалснаар эхэлнэ.

ГДУО технологиор олборлоход тохиромжтой ордын уусгалтын процессийг лабораторийн нөхцөлд дээжийн голд уусгах туршилт хийн загварчилж болно. Туршилтыг математик загварчлалтай хослуулан хийвэл хоёр түвшинд ГДУО олборлолтын талбайн туршилтыг загварчилж болно. Хоёр түвшин:

- Хялбарчилсан (ганц цооног) туршилт – туршилтын эхэн үед хийгдэнэ
- Олон цооногт туршилт – дараа нь хийгдэнэ, илүү нарийвчилсан мэдээллийг авна.

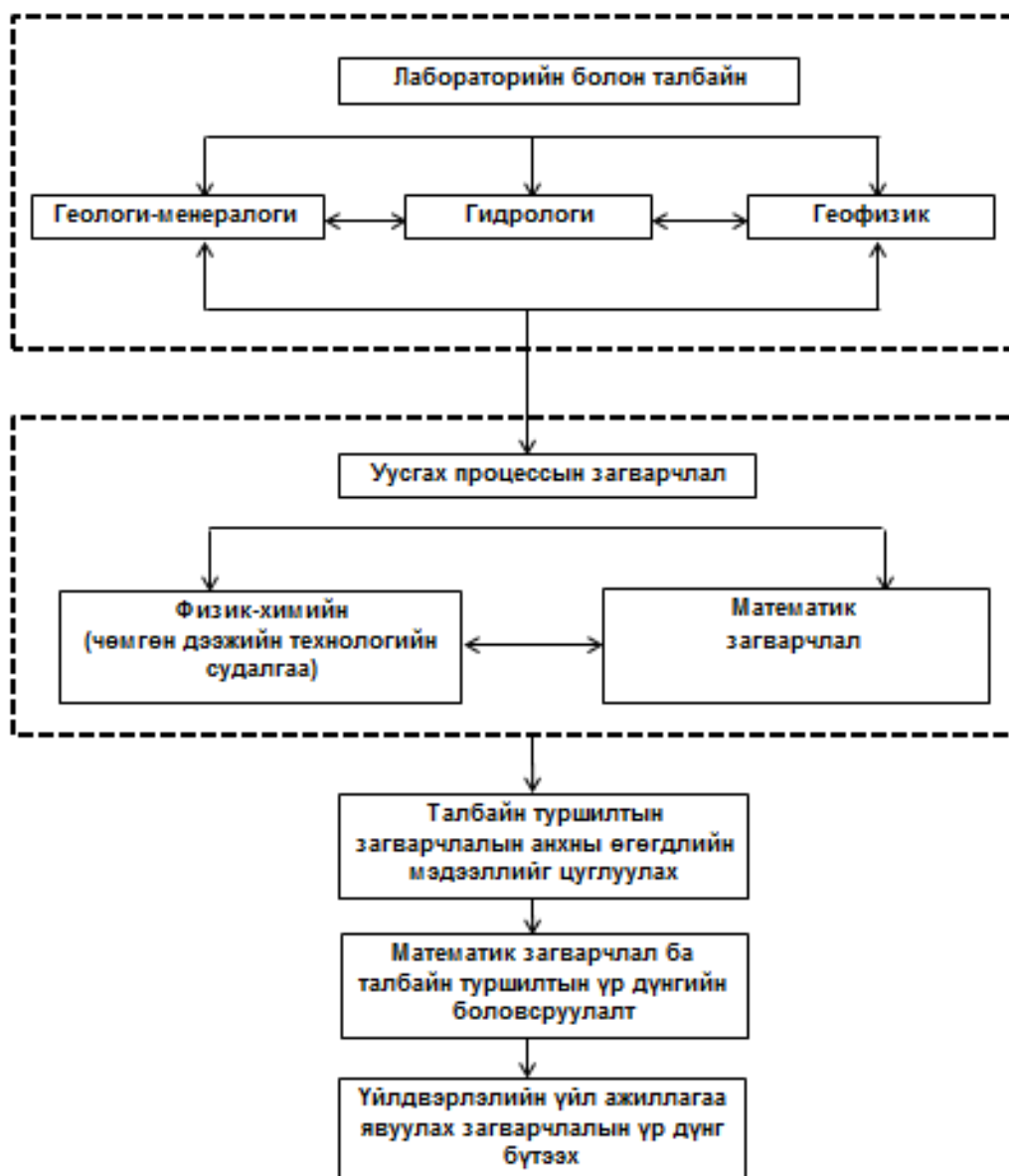
Зураг.6.1-д өгөгдсөн схем нь геотехникийн судалгааны зөвхөн ерөнхий тойм хэсгийг үзүүлдэг. Геологийн, менералогийн, гидрологийн, геофизикийн лабораторийн судалгаа үе шат бүрийн онцлогоос хамаарч схемийн шат бүрт хийгдэх ёстой. Лабораторийн туршилт нь хүдрийн хэсэгт тохиолдох литологийн болон нэвчимтгий хэсгийн эрдэсжсэн ба эрдэсжээгүй чулуулгийг багтаасан **дээжинд** хийгдэх ёстой.

Эхний шатанд хийгдэх судалгаа нь ихэвчлэн геотехникийн талбайн туршилт дээр тохиолдож болох дээжийн лабораторийн туршилт байх ба энэ нь илүү нарийвчилсан шатанд төлөвлөгддөг. Талбайн туршилтын эхний шатанд ямар нэгэн уусгалтын шингэнийг ашиглахгүй боловч дараагийн олон цооногт талбайн туршилтын шатанд ураныг уусгах болон дахин боловсруулагдах шингэнээс ураныг ялган авах ажиллагаа хийгдэнэ. Эдгээр бүх туршилтуудын гол зорилт нь ГДУО технологийн нарийвчилсан өгөгдлийг цуглуулах бөгөөд энэ нь уусгах үйл ажиллагааг загварчлах боломж олгодог.

Хүснэгт.6.1 нь геотехникийн судалгааны гурван шатанд явагдах үйл ажиллагааг харуулсан байна. Гэхдээ үе шат болгон дээр бүх процедур шаардагдахгүй бөгөөд дарааллыг нь өөрчлөх боломжтой. Жишээлбэл: зарим тохиолдолд ГДУО туршилтын үр дүн эхний шатны туршилтаас хамаардаг бол зарим тохиолдолд ижил геологийн тогтоцтой хажуугийн ордын уусгалтын өгөгдлүүдийг мэдсэнээр цаашид туршилт хийх шаардлагагүй болдог.

Геотехникийн талбайн туршилт нь геологийн хөндлөн огтлолын бүх төрлийн чулуулгуудыг үзүүлдэг учраас түүнийг зайлшгүй хийх ёстой.

Орд



Зур.6.1. ГДУО технологийн хэрэглээнд зориулсан уусгах туршилтын судалгааны ерөнхий схем

Ерөнхийдөө талбайн туршилт нь эдийн засгийн хувьд үр өгөөжтэй хамгийн элбэг тохиолдох хүдрийн төрөлд эсвэл хамгийн том бүсэд хийгдэх нь тохиромжтой. Хэрэв ижил хэмжээтэй ч хоёр өөр төрлийн боловч хоёул эдийн засгийн хувьд үр ашигтай хүдэр тааралдвал хоёр туршилт хийх шаардлагатай болдог. Эсрэгээрээ геологийн болон гидрогеологийн нөхцөл нь ижил олборлолтын талбайд ГДУО аргаар хүдрийн биетийг олборлосон бол талбайн туршилт нь хялбарчлагдаж болно.

6.2. ГДУО туршилтын талбайн цооногийн загвар

Хэрэв ордын геологийн болон гидрогеологийн шинж чанар газар дор уусган олборлоход тохиромжтой бөгөөд энэхүү судалгаа нь лабораторийн туршилт болон загварчлалаар баталгаажсан бол түүнийг олборлолтын талбайд ураныг уусгах ажлаар үргэлжлүүлж болно. Талбайн туршилт нь уусгалтын параметруудийг нарийвчлан тогтоох ёстой ба уран үйлдвэрлэх байгууламж барих загварчлалыг тогтоох боломжийг олгодог.

Хүснэгт 6.1. Уусгах туршилтын судалгааны ерөнхий үе шатууд

Олборлолтын үе шат	Судалгааны бай	Судалгааны зорилго	Үндсэн судалгааны төрөл
Анхдагч тооцоолол	Ордын урьдчилсан судалгааны үнэлгээг тооцох. Урьдчилсан судалгааны шатанд явагдах ГДУО талбайн туршилтын параметруудийг сонгох.	Ордын ерөнхий төрлийн уусгалтын шинж чанарыг тодорхойлох. Энэхүү уусгалтын шинж чанарыг уст давхаргын литологи-ургалтай харьцуулах.	Чөмгөн дээжин дэх лабораторийн уусгалтын туршилт.
Урьдчилсан судалгаа	Ордын нарийвчилсан судалгааны үнэлгээг тооцох. ГДУО талбайн туршилтын параметруудийг үнэлэх болон нарийвчилсан судалгааны үед тохиромжтой талбайг сонгох.	Ордыг төлөөлж чадахуйц гол хүдрийн бүсийн уусгалтын шинж чанарыг тодорхойлох.	Олборлох уусмалгүйгээр хүдрийг газар дор уусгах туршилт.
Нарийвчилсан судалгаа	Үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны загварчлалын анхдагч өгөгдлүүдийг цуглуулах.	Хүдрийн бүсийн уусгалтын шинж чанарт тохируулга хийх. Олборлох уусмалын процессийн мэдээллийг цуглуулах.	Олборлох уусмалгүйгээр ГДУО хагас үйлдвэрлэлийн туршилт явуулах

Урьдчилгааны судалгааны шатанд хагас–тоон үнэлгээ хангалттай тохиолдолд В.А.Грабовниковын схемээр хийгддэг хоёр цооногт туршилтын аргыг ихэвчлэн ашигладаг. Энэ аргаар туршилтыг явуулахад цооног руу шахсан уснаас цооногоос соруулсан ус нь 5-6 дахин их хэмжээтэй байдаг. Урсгалын энэ тэнцвэргүй байдал нь уусгагдсан чулуулгийн хэмжээг тооцоолох, мөн уусгалтын шинж чанарыг тогтоох боломжийг олгодог. Энэ арга болон өөр өргөн хэрэглэгдэж буй туршилт нь олборлолтын талбайн 1-13 үйл ажиллагааны цооног болон 1-2-оос 10-12 хүртэлх ажиглалтын цооногийг ашигладаг. 6.2-т хүснэгтэд үзүүлэв.

Газрын дор уусгах хамгийн энгийн туршилтын аргыг “шахах-сорох” арга хэмээн нэрлэдэг ба энэхүү аргад тогтмол хэмжээтэй урвалж шингэнийг цооног руу шахах ба дараа нь энэ цооногоосоо соруулан гаргана. Энэ үйлдэл нь давтагдах циклээр явагдана.

Ажиглалтын цооног ашиглахгүйгээр бикарбонатаар уусгах туршилтын арга хэрэглэгдэж болох боловч уусгалтын характеристик гэх мэтийг тодоорхойлох боломжгүй учраас зөвхөн үйлдвэрлэлийн олборлолтод ашиглагдах боломжтой.

Хүснэгт.6.2. ГДУО туршилтын талбайд илүү нийтлэг хэрэглэгддэг загварчлалын характеристикүүд

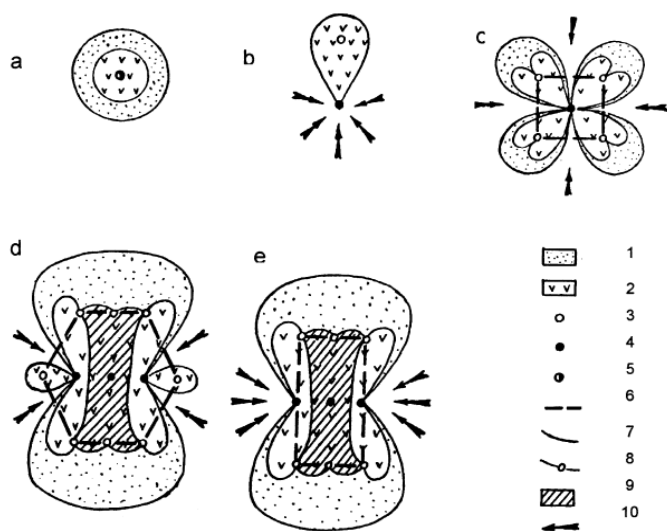
Цооногийн загвар	Нэмэлт цооногийн тоо	Олборлолтын шат	Уусгалтын үр дүнгийн найдвартай байдал	Урвалжийн төрөл	Зөвлөгөө
				Бикарбон . H ₂ SO ₄ -ээр уусгах	Бикарбон. H ₂ SO ₄ -ээр уусгах
Нэг цооногт (шахах, сорох)	2-4 хүртэлх	Анхдагч үнэлгээ	Чанартай эсвэл хагас-чанартай	+ -	+ -
Нэг олборлолтын цооногтой 3-6 өнцөгт	6-10 хүртэлх	Ижил	Ижил	- -	+ +
Шахуургатай хоёр цооног	2-3 ажиглалтын + усаар хангах нэг + хаягдлыг зайлуулах	Урьдчилсан судалгаа	Хагас-чанартай	++ +	+ балансгүй
олборлолтын 3 цооногтой тэгш өнцөгт (нэг хэсгийн төв)	8-12	Нарийвчилсан судалгаа	Чанартай	+ +	+ +
олборлолтын 3 цооногтой зургаан өнцөгт (нэг хэсгийн төв)	8-12	Ижил	Ижил	+ +	+ +

Шахаж-сорох арга нь газрын дор уран нь уусгагдаагүй, уусмал нь саармагжсан тохиолдолд хүчлээр уусгах туршилтад хэрэглэхэд ашиггүй байдаг. Мөн түүнчлэн уусгах хэсгийн агаар тархалт тодоорхой бус байдаг.

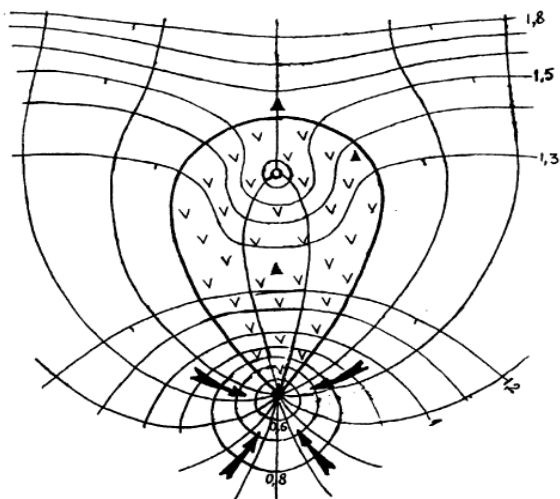
Уусмалын тэнцвэргүй (хэт-шахалттай) хоёр цооногт систем нь ганц олборлолтын цооногтой бусад хялбар системүүдийг бодвол алгоритм ашиглан системийн гүйцэтгэлийг тооцоолж болдгоороо давуу талтай. Туршилтын явцад олж авсан мэдээллийн чанар болон тоо хэмжээ нь төв хэсэгтэй олон цооногт аргыг бодвол нарийвчлал сайтай биш ч урвал явагдаж буй хэсгийн захуудыг тогтооход ажиглалтын цооног нь хэрэгтэй байдаг. Учир нь урсгалын тархалтын тэнцвэргүй байдал нь газрын доорх уусгалтын хэсэгтэй давхцдаг.

Энэхүү аргын гол сул тал нь уусгалтын шинж төрхийг хязгаарлагдмал байдлаар тооцоолдог. Ялангуяа чулуулгийн нэвчилтийн өөрчлөлт болон өрөмдлөгийн үед цооногийн ёроолын байрлал өөрчлөгдөх зэргийг нарийн тооцоолоогүй байдаг. Түүнээс гадна туршилтын үед шахуургаар газрын гадарга дээр ил гарсан урвалж шингэний хаягдлыг аюулгүй болгох асуудал гардаг байна.

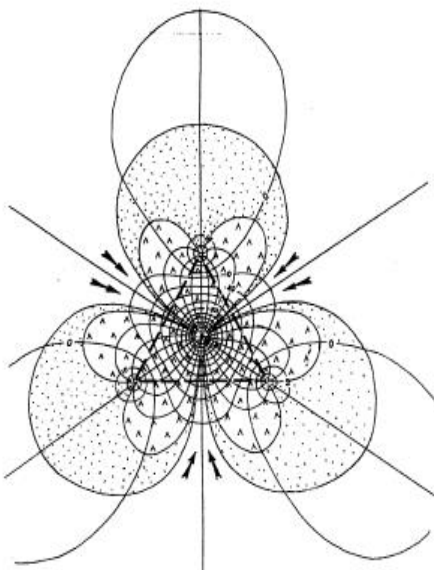
Зураг.6.2 дээр олон өнцөгт туршилтын төрөл бүрийн загварчлал дээрх уусгалтын бүсийн байрлалын диаграммыг харуулав. Зураг.6.3-6.8-д загвар бүрийн урсгалын тархалтын шугамыг үзүүлэв. Уусгалтын шинж төрх, үр ашгийг тодоорхойлохын тулд шат бүрт хагас уусгагдсан хэсгийн хил нь бүрэн уусгагдсан хүдрээс өөрөөр тэмдэглэгдэх ёстой.



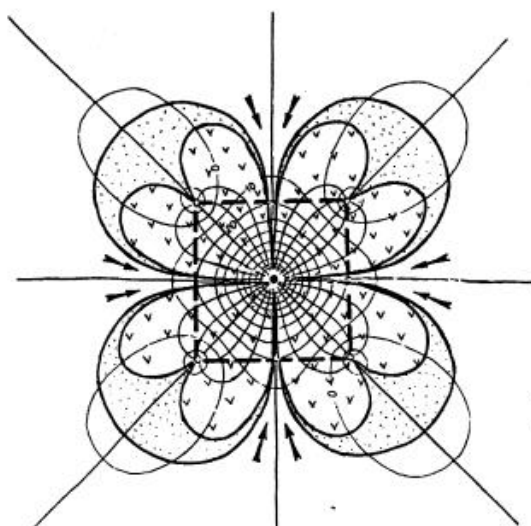
Зур.6.2. ГДУО цооногийн төрөл бүрийн загварчлалын уусгалтын бүсүүд: а-нэг цооногт (шахах-сорох), б-хоёр цооногт (В.А.Грабовниковын), с-5 цооногт (квадрат), d-11 цооногт (төвдөө үүртэй зургаан өнцөгт), е-9 цооногт (төв хэсэгтэй дөрвөн өнцөгт). Уусгах бүс: 1-газрын доорх (хязгаарлагдсан уст давхарга), 2-гадарга дээр (хязгаарлагдаагүй уст давхарга). Цооног: 3-шахах цооног, 4-олборлох цооног, 5-солигдох цооног, 6-цооногоор тодорхойлогдсон геометрийн талбайн хил, 7-урсгалын шугам, 8-эквипотенциал шугам ба тэдгээрийн тэмдэглэгээ, 9-төв хэсгийн талбай, 10-байгалийн гүний усаар сулруулах чиглэл.



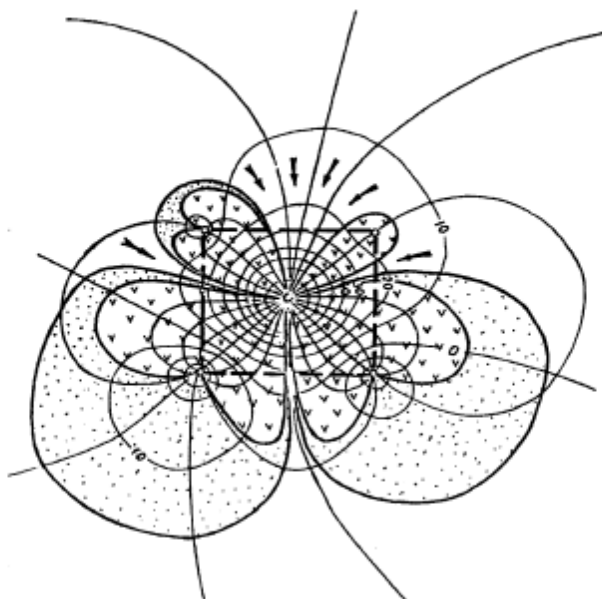
Зур.6.3. 2-уусмалын тэнцвэргүй 5-хуниаст цооногийн туршилтын загварын үйл ажиллагаа (В.А.Грабовниковын арга): 1 –ажиглалтын нүх. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)



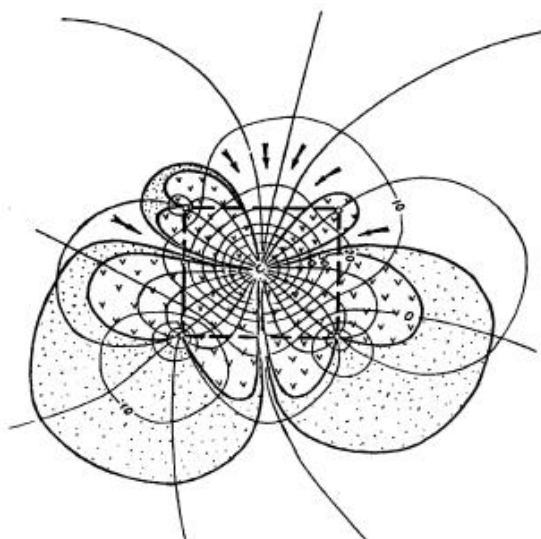
Зур.6.4. Шахах цооногуудын урсгалын хурд тэнцүү, нэг төв олборлолтын цооногтой гурвалжин туршилтын загварын гидродинамикийн схем. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)



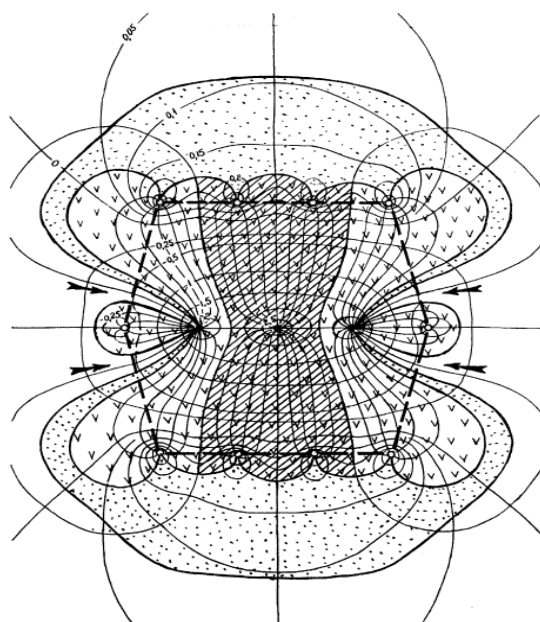
Зур.6.5. Шахах цооногуудын урсгалын хурд тэнцүү, нэг төв олборлолтын цооногтой тэгш өнцөгт туршилтын гидродинамикийн схем. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)



Зур.6.6. Шахах цооногуудын урсгалын хурд ижил, нэг төв олборлолтын цооногтой зургаан өнцөгт туршилтын гидродинамикийн схем. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)



Зур.6.7. Шахах цооногуудын урсгалын хурдын харьцаа 1:2:4:5 (нийт системийн уусмалын нийлбэр баланс тогтвортой), нэг төв олборлолтын цооногтой зургаан өнцөгт туршилтын гидродинамикийн схем. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)



Зур.6.8 Олборлолтын гурван цооногтой зургаан өнцөгт туршилтын гидродинамикийн схем. (үргэлжлэлийг Зураг.6.2-оос хар)

Бүрэн уусгагдсан хэсгийн хил нь олборлолтын цооногт шахагдсан уусмалын теоритикал урсгалын замаар тодоорхойлогдоно. Түүнээс гадна олборлолтын цооногт хүрч амжаагүй тунадасжсан эсвэл уусмалд агуулагдсаар байгаа уусаагүй ураныг агуулж байж болзошгүй болон хэсэгчлэн ууссан галогагуулж буй тохиолдолд газрын доорх уусгалт нь үнэн хэрэгтээ маш том болдог. Зөвхөн бүрэн уусгагдсан бүсэд багтах орд нь уусгалтын үр ашгийг тооцох олборлосон ураны чанартай харьцуулахад ашиглагддаг. Энэ нь уусгах шингэнтэй нийлсэн чулуулгийн нийт хэмжээнээс маш бага юм.

Талбайн туршилтын загварчлалд ийм уусгалтын максимум бүс байхгүй байх нь уусгах туршилтын явцад газрын гүнд уусгах шингэний сулралтыг тасралтгүй нэмэгдүүлдэг.

Практик дээр элбэг тохиолдох шахах цооногийн урсгалын хурдын ялгаа нь эдгээр цооногоор шахах урсгалуудын харьцаанаас хамаардаг сулралын бүсийн тэгш бус хэмт тархалтыг бий болгоно. Зураг.6.7-д шахах урсгалын хурдны харьцаа 1:2:4:5 байх олборлолтын загварчлалыг жишээ болгон үзүүлэв. Урсгалын хурд тэнцвэртэй хэвээр байх тохиолдолд уусгах шингэний сулралын фактор 5% байснаа хоёр жилийн дараа гэхэд 22% болно.

Энгийн туршилтын олборлолтын загвар дахь алгуур уусгалтын талбайн нугдайлын хэсэг нь уусгалтад үзүүлэх хариу үйлдлийг нарийвчлан тооцоолоход [урвалжийн зарцуулалт ба $L:S$ хэмжигдэхүүн, олборлогдсон ураны хувь зэргийг тооцоолон] хүндрэл учруулдаг. Ураны металл авалтыг нарийн тооцоолоход бүр ажиглалтын цооногт шаардлагатай уусгалтын нэмэлт мэдээлэл ч хангалтгүй байдаг.

Талбайн туршилтын уламжлалт загвар дахь төв хэсгийн үр ашигтай харьцуулахад олборлолтын нэг төв цооногтой талбайн уусгалтын хамгийн урт болон хамгийн богино урсгалын шугамын уртын ялгаа нь уусгалтын хурдыг удаашруулах нэг шалтгаан болдог. Нэг орд дээр тооцоолоход, хоёр жилийн дараа квадрат цооногийн талбайн загварчлал нь ордод агуулагдаж байгаа нийт ураны нөөцийн зөвхөн 44%-ийг олборлож чаддаг бол зургаан өнцөгт загварчлал (Зураг.6.2d) нь нийт ураны нөөцийн 80%-ийг нэгэн ижил хугацаанд олборлодог (цооног хоорондын зай $L = 50\text{м}$).

Зөвхөн нэг олборлолтын цооног агуулсан төрөл бүрийн туршилтын загварчлалд тохиолдох уусгалтын характеристикүүдийг Хүснэгт.6.3-т харуулав.

Хэрэв геометрийн дүрс дээр суурилсан олборлолтын загварчлалын (F_1) уусгалтын талбай нь олборлосон ураны хувь, шингэн хатуугийн харьцаа ($L:S$), онцгой урвалжийн зарцуулалт зэрэг параметруудийг тооцоолоход ашиглагдаж байгаа үед гарч болох ноцтой алдаануудыг Хүснэгт.6.3-т үзүүлэв.

Эдгээр бүх олборлолтын энгийн загварчлалууд нь геометрийн дүрсүүд дээр тооцоологдсон бага олборлолтын хувиар (44~58%) тодоорхойлогдоно.

Уусгагч шингэнтэй нийлсэн чулуулгийн нийт талбайг харуулах өгөгдөл нь шахах цооногийн тоо багасах тусам өсдөг. Энэ нь урвалжийн алдагдлыг бий болгоно. Учир нь их хэмжээний уусмал сорох цооногоор гарч ирдэггүй. Гурвалжин загварчлалын уусгагч шингэнтэй нийлсэн чулуулгийн нийт талбай болон геометрийн дүрсэд байгаа талбай нь зургаан өнцөгт загварчлалаас 3 дахин, квадрат загварчлалаас 2 дахин том байдаг. Энэ үзэгдэл нь цөөн тооны шахах цооногтой загварчлалын шахах хурд олборлолтын цооногийн урсгалын тогтмол хурдаас ($Q_{\text{олборлолт}}$) өндөр байх тохиолдолтой холбоотой.

Шахах цооногийн урсгалын хурд нь олборлолтын нийт бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэлтийг хязгаарлах том хүчин зүйл болдог. Тийм учраас цөөн тооны шахах цооногтой үед гурвалжин загварчлал нь зургаан өнцөгт загварчлалаас үр ашиг муутай байдаг. Эдгээр бүх хүчин зүйлсийг тооцоолбол зургаан өнцөгт загварчлал нь ганц олборлолтын цооногтой геометрийн туршилтуудаас хамгийн үр ашигтай болох нь харагдана.

Хүснэгт 6.3. Ганц олборлолтын цооногтой загварчлалын уусгах характеристикүүдийн харьцуулалт

Параметр	Нэгж	Гурвалжин загварчлал	Квадрат загварчлал	Зургаан өнцөгт загварчлал
<i>Ураны олборлолт</i>				
Уусгагдсан бүсэд	%	38	32	38
Геометрийн дүрст загварт	%	58	44	56
<i>Уусгалтын талбай</i>				
а) Абсолют хэмжигдэхүүнүүд				
Туршилтын загварчлалын өнцөгт (F1)	м ²	1591	2450	3183
Бүрэн уусгагдсан бүс (F2)	м ²	6342	7264	7824
Уусгагчтай нийлсэн нийт бүс (F3)	м ²	15284	10856	10227
b) Абсолют хэмжигдэхүүнүүд				
F1		1	1	1
F2		4.0	3.0	2.5
F3		9.6	4.4	3.2
Тэмдэглэл: t = 2 жил, L = 35м, $Q_{\text{олборлолт}} = 10 \text{ м}^3/\text{цаг}$ (= 44 US gpm)				

Түүнээс гадна зургаан өнцөгт туршилтын загварт долоон үйл ажиллагааны цооног байдаг ба Зураг.6.2-д үзүүлсэн уламжлалт загвараас ердөө хоёр цооногоор бага байдаг. Гэвч энэхүү уламжлалт загвар нь уусгалтын бүх характеристикүүдийн нарийн тодоорхойлох боломж олгодог.

Шахах цооногуудын урсгалын хурдууд (бүр балансад байгаа холигдсон шингэний урсгалын хурд хүртэл) тэнцвэргүй байх нь урвалжийн сулралтыг ихэсгэх ба уусгалтыг удаашруулдаг. Үүнтэй төстэй сулралт өрөмдлөгийн үед туршилтын нүхний хазайлтаас үүдэн цооног төлөвлөгдсөн байршлаас 2-3 метр хөндлөн шилжихэд үүсдэг. Энэ нь уусгалтын бүс дундуурх уусмалын урсгалын чиглэлийн өөрчлөлт болон тэгш хэмт байдлыг алдагдуулах шалтгаан болдог. Эдгээр хүчин зүйлсүүдийг тооцооллыг нарийвчлах, уусгалтын үр ашгийг алдагдуулахгүйн тулд анхааралдаа авах хэрэгтэй.

Шахах болон олборлох цооногуудын хоорондын зай бага байхад мөн тэдгээрийн урсгалын хурд өсөхөд олборлолтын хүссэн хувьд (ихэвчлэн тооцоологдсон нийт нөөцийн 80%) хүрэхэд шаардлагатай хугацаа багасдаг. Эдгээр хоёр нөхцөлд техникийн асуудлууд тулгарч болно. Эхний тохиолдолд цооногийн нүхийг 400-700 м гүн өрөмдөхөд төлөвлөсөн газраасаа багадаа гэхэд 3-5 м-ийн хазайлтгүйгээр өрөмдөнө гэдэг тун хэцүү. Иймээс өрөмдөх гүнээс шалтгаалж шахах болон олборлолтын цооногийн хоорондох хамгийн бага зай 20-25 метр байдаг. Цооногийн бүтээмжийг дээшлүүлэхэд уст давхаргын нэвтрүүлэх чанар, инженерингийн асуудлууд, шахуургын зардлын өсөлт зэрэг саад учруулдаг.

Эндээс харахад төв хэсэггүй олборлолтын загварыг ашигласан уусгалтын туршилт нь ойролцоогоор үйл ажиллагааны гурван жилийн дараа олборлолтын хүссэн хувьдаа хүрэх боломжтой байна.

Хэрэв хүдэр агуулсан давхарга болон цооногийн бөглөрлөөс үүдэн урсгалын хурд буурвал энэ хугацаа 4 эсвэл 5 жил болж сунжирч болно. Иймээс нэг сорох цооногтой олборлолтын туршилтын загварын газрын доорх уусгалтын бодит үр ашгийн судалгаа хийгдэх ёстой. (Хүснэгт.6.2-ын хоёр дахь олборлолтын загвар)

Уусгалтын үр ашгийн тоон үнэлгээ нь гурван сорох цооногийг багтаасан олборлолтын туршилтын (Хүснэгт.6.2, 4 ба 5-р загвар) загварыг ашиглаж буй тохиолдолд хамгийн үр ашигтай байдаг. Төв хэсгийн хэлбэртэй төв сорох цооног болон тойрсон шахах цооногууд нь уусгах шингэнийг гүний усаар (Зураг.6.2d, 6.2e-д хөндлөн зураасаар будагдсан хэсгээр үзүүлэв) сулруулалгүй үйл ажиллагаагаа явуулдаг. Ийм хэсгийн бодит ашгийг тооцох өгөгдөл нь ордын үйлдвэрлэлийн олборлолт явуулах уусгалтын параметруудийг тооцоолоход ашиглагддаг. [4]

Төв хэсгийн хэлбэр хэмжээ цооногийн урсгалын хурдын харьцааны өөрчлөлтөөс төдийлөн хамаардаггүй бөгөөд хүдрийн уусгагдсан хэсгийн төлөв нарийн тооцооны түвшинд тогтмол байдаг. Төв болон зэргэлдээх

хэсгийн нэвчилтийн өөрчлөлт зэрэг явагддаг бөгөөд энэ нь уусгалтын хилийг өөрчлөх ёсгүй.

Олборлолтын цооногийн загварчлалд гидравлик саад нь байгалийн гүний ус байвал уст давхаргын нэвчүүлэх чанарын өөрчлөлт нь зөвхөн уусгалтын хил дотор тохиолдоно (жишээлбэл, В.А.Грабовниковын хоёр цооногт систем болон бусад цөөн схем). Үүний дүнд уусгалтын хилийн хэлбэр дүрс өөрчлөгдөх бөгөөд уусгалтын үр ашгийн тооцооллын нарийвчлал багасна.

Дээрх зүйлсээс дүгнэхэд:

- Тохиромжтой геологийн болон гидрогеологийн үнэлгээтэй хосолсон тохиолдолд лабораторийн амжилттай туршилт нь хагас тоон тооцооллыг хийх шаардлагагүйгээр олон цооногт туршилтын суурь болох боломжтой.

- Нарийвчилсан судалгааны үед төв шингэрүүлээгүй уусгах хэсэгтэй олборлолтын туршилтын загварыг ашиглах ёстой (Зураг.6.8). Энэ бол уурхайн үйлдвэрлэлийн олборлолтын загварыг бүтээхэд хангалттай уусгалтын үр ашгийн тооцооллыг бий болгох цооногийн загвар юм. Энэхүү аргаар уусгалтын параметруудийг тооцоолоход гарах алдаанууд нь газрын доорх хүдрийн нөөцийг алдаатай тооцоолсноос үүдэлтэй байдаг. Нэг олборлолтын цооногтой гурвалжин болон зургаан өнцөгт цооногийн загвар нь нарийвчилсан судалгааны үед ашиглагдахгүй, эсвэл тэдгээр нь анхдагч судалгааны шатанд сайтар үнэлэгдсэн байх хэрэгтэй.

Төв шингэрүүлээгүй уусгалтын хэсэгтэй олборлолтын цооногийн бүх загварчлалаас эдийн засгийн хувьд хамгийн үр ашигтай нь Зураг.6.2е–д үзүүлсэн зургаан шахах цооног, гурван олборлолтын цооногтой (онолын үүднээс ямар нэгэн нэмэлт цооног шаардлагагүй) тэгш өнцөгт загварчлал юм. Зураг.6.2 болон 6.8–д үзүүлсэн нэмэлт шахах цооногтой загварчлал нь олборлолтын бүтээмжийг өсгөх авч уусгах шингэнийг сулруулалтыг бий болгодог. Гэхдээ эхлээд цооногуудад шингэнийг дундаж хэмжээнээс илүү хэмжээтэй өгвөл нэмэлт цооног шаардахгүй ажиллаж болно.

Энэ нь урсгалын хурдыг хэвийн байлгахаас гадна цооногийг цэвэрлэх, уусгах туршилтын үед дахин өрөмдлөг хийх зардлыг багасгадаг.

6.3. УУСГАХ ТУРШИЛТЫН ТАЛБАЙН МЭДЭЭЛЛИЙН ШААРДЛАГУУД

Ордын хүдрийн олборлолтын уусгалтын туршилт нь лабораторийн судалгаагаар тогтоогдсон ISL процессын характеристикүүдийг сайжруулах, илүү бодит үйл ажиллагааны нөхцөл дэх багажийн үр ашгийг тооцоолоход тусладаг. Туршилт нь геологийн болон гидрогеологийн яг адилхан нөхцөлтэй орд дахь хоёр талбайгүй, санаандгүй сонгогдсон мөн нийт ордыг бүхэлд нь илэрхийлж чадах байрлалд хийгддэг.

Нийт ордыг үзүүлэх талбайн туршилт нь геологийн болон гидрогеологийн 14 чухал параметруудээс хамаарна (Хүснэгт.6.4). Эдгээр бүх хэмжигдэхүүнүүд нь хоорондоо адилгүй бөгөөд ордын дундаж хэмжигдэхүүнүүдэд адил байдаг.

Хүснэгт.6.4. Төлөөлөл болгон авч байгаа талбайн үзүүлэлтүүдийн үнэлгээ [4]

Харьцуулах параметрууд	ГДУО талбай	Хүдрийн биет	Орд
Ураны хүдрийн зэрэг, %			
Нэвчимтгий чулуулаг дахь нөөцийн хувь, %			
Хүдрийн зузаан, метр			
Хүдрийн гүн, метр			
Уст давхаргын эффектив зузаан, метр			
Ашигт уст давхаргын потенциометрийн түвшин, метр			
Уст давхаргын гидравлик нэвчилт, м/өдөр			
Хүдрийн гидравлик нэвчилт, м/өдөр			
Органик материалын агуулга, $C_{орг}$, %			
Карбонатын агуулга (CO_2), %			
Уусгах туршилтын дараа тооцоологдох параметрууд			
Ураны олборлолтын хувь (E), %			
Чулуулгийн нягт $m^3/тн$			
Урвалжийн зарцуулалт:			
а) Хүдэр баригч чулуулгийн масст, кг/тн эсвэл %			
б) Олборлогдсон уранд, кг/кг			
Уусмал дахь ураны дундаж агуулга, ($C_{дунд}$), $мг/дм^3$ *			
Тэмдэглэл: $C_{дунд}$ – дурын индекс, доор дурдсан харьцангуй параметруудээс тооцоологдсон $C_{дунд} = (10^{-4} \cdot \varepsilon \cdot R) : S$, энд R –нөөц			

Олборлолтын талбайн уусгалтын туршилт нь харьцангуй богино хугацаанд нарийвчлалтай үр дүн гарган авахад хангалттай хэмжээтэй байх хэрэгтэй боловч үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд (жишээлбэл, 50х25 метрийн үйлдвэрлэлийн загварчлалд 30х15 метрийн хэмжээтэй туршилтын загварчлал) төлөвлөсөн хэмжээнээс жижиг байж болно.

Анхдагч судалгааны шатан дахь олборлолтын уусгалтын туршилтын идеал загварчлал нь 3 олборлолтын цооног 6 шахах цооногоос бүтсэн олон өнцөгт юм. Энэ тохиолдолд гадаад цооногийн хоёр эгнээ нь сулраагүй төв хэсэг рүү гүний ус орохыг хязгаарлаж чаддаг. Хоёр нэмэлт шахах цооногтой зургаан өнцөгт загварчлал нь илүү төвөгтэй ч гүний усны оролтыг багасгадаг. Гэвч зургаан өнцөгт загварчлал нь нэмэлт цооногтой байсан ч урвалын бүсэд гаднаас ус орж уусгах шингэнийг сулруулахыг бүрэн зогсоож чаддаггүй. Энэ нь загварчлалын талбайн гаднаас олборлогдсон ураныг тооцоолох эсрэгээрээ уусгах шингэний сулралыг тэнцвэржүүлэхэд чухал байж болно.

Загвар дотор (дотоод), мөн идэвхт цооногоос 50 метрийн зайд (гадаад) 10-12 ажиглалтын цооног суурилуулах нь газрын доорх уусалтад мониторинг хийх, загвараас гадна бохирдсон шингэн тарахаас сэргийлэхэд ашигтай байдаг. Эдгээр цооногуудын зарим нь ижил уст давхаргууд дээр байхад зарим нь зэргэлдээх уст давхаргууд дээр байрладаг. Мониторингийн цооног дээр нэмэгдээд 2–3 дээжлэлтийн цооног суурилагдах шаардлагатай ба эдгээр нь ураны агуулгыг тодоорхойлох болон зарим онцгой судалгаанд ашиглагддаг. Өгөгдлийг төлөөлүүлэхийн тулд гүний усны градиент нь туршилтын явцад аль болох бага өөрчлөгдөх ёстой.

Туршилтын эхэнд уусгах хүчиллэг шингэн нь лабораторын туршилтаар тодоорхойлсон шаардлагатай концентарцтай байх ба энэ нь шахах цооног цэвэрлэгдэж, урсгалын хурд нь тогтоогдсоны дараа цооног руу шахагдана. Уусгах уусмал олборлолтын цооногт хүрсний дараа бүтээгдэхүүн шингэн дэх рН-ийн хэмжээ 1.8-2 болж буурах ба шахагдсан урсац дах хүчиллэг концентраци 8-15 г/см³ болж багасна. Энэ нь 3-5 г/см³-ийн агуулгатай бүтээгдэхүүний урсац дах чөлөөт хүчлийг хянадаг.

Хүхрийн хүчилд исэлдүүлэгч (O₂ хий) нэмэхэд уусгалтын процессыг үндсээр нь өөрчилдөг. Хүчилтөрөгч нь хүчиллэг орчинд исэлдүүлэгч шиг нөлөөлөл үзүүлдэггүй ч, усанд уусч уусгалтыг чөлөөлөх зорилгоор өндөр даралтан доор уст давхарга руу шахагддаг. Исэлдсэн шингэн нь хүхрийн хүчлийн сул уусмалаас (3-5 г/см³) 8-10 г/см³ хүхрийн хүчлийн агуулгатай болтол аажмаар хүчиллэгжинэ. Хүчлийн агуулга аажмаар өсөх (3-5 аас 10-12 г/см³) иймэрхүү аргыг ГДУО талбай нь ахуйн хэрэглээний усыг тэтгэгч уст давхаргад байрласан тохиолдолд ашигладаг. Энд гүний усан дах TDS-ийн агуулгын өсөлтийг хамгийн бага байлгах ёстой. Уусгалтын бүсрүү нэгэнт урвалжийг шахаж эхэлсэн бол үйл ажиллагааны байршил солигдох бүрт дахин боловсруулагдах шингэнээс дээж аван рН хэмжээ болон урвалж дах ураны агуулгыг байнга тодоорхойлж байх шаардлагатай. Хүснэгт.6.5-д хүхрийн хүчлийн уусмалыг урвалж болгон ашиглаж байгаа уусгалтын туршилтын талбайд хэрэглэгдэх химийн анализ болон дээжүүдийн байршлийн схемийг үзүүлэв. Хэрэв ямар нэгэн исэлдүүлэгч эсвэл өөр уусгалтын урвалж нэмвэл дээжийн схем дагаад өөрчлөгдөнө.

Цооног бүр дээрх урсгалын хурд дээр автомат бичигч ашиглан тасралтгүй мониторинг хийгдэж байх ёстой.

Шахагдсан болон олборлогдсон бүх уусмалын нийт хэмжээ, тэдгээрийн рН хэмжигдэхүүн, чөлөөт H₂SO₄ –ийн агуулга, ураны гарц (өдөр тус бүрийнх болон нийт процессын), боловсруулах явцын урвалжийн зарцуулалт зэрэг нь шилжилт бүрт дэвтэрт тэмдэглэгдэж байх ёстой.

Олборлогдсон ураны хэмжээ болон дахин боловсруулагдсан уусмалын хэмжээ, зарцуулагдсан урвалжийн хэмжээ зэрэг нь сар бүрийн сүүлд нэгтгэгдэх ёстой.

Хүснэгт.6.5. Хүхрийн хүчлээр уусгах туршилтын химийн анализ болон санал болгож байгаа дээжийн байршлын схем

Дээжийн байршил	Судалгааны параметр	Дээжийн давтамж	Судалгааны арга
Шахах цооногруу шахагдсан хүхрийн хүчлийн уусмал	Уран, H_2SO_4 , нэвчүүлэх чадвар, Урсгалын эзлэхүүн Тунасан хатуулгууд	Тасралтгүй Өдөрт нэг удаа (өдрийн дундаж дээж)	Автомат Химийн анализ
Шахах цооногт	Урсгалын хурд Шингэний түвшин Уусмалын урсгалын эзлэхүүн Уран, pH/H_2SO_4 , ус нэвчүүлэх, Eh	Шилжилт бүрт Арван өдөрт нэг удаа Тогтмол Шилжилт бүрт	Автомат Электрон түвшин хэмжигч Автомат Автомат
Олборлолтын цооногт	Хуурай үлдэгдэл, SO_4^{2-} (эсвэл өөр анион индикатор) Катионик хольц (Fe, Al, Ca, гэх мэт)	5 өдөрт нэг удаа (хүчилших хугацаа) 30 өдөрт нэг удаа (ажиллагааны явцад)	Химийн анализ
Ажиглалтын цооногт (дотоод)	Шингэний түвшин Уран, pH/H_2SO_4 , Eh дамжуулал, SO_4^{2-} Уран, pH/H_2SO_4 , нэвчүүлэх чадвар, катионууд	10 өдөрт нэг удаа 10 өдөрт нэг удаа (хүчилших хугацаа) Сард нэг удаа (ажиллагааны явцад)	Электрон түвшин хэмжигч Химийн анализ, автомат Автомат, химийн анализ
Ажиглалтын цооногт (гадаад)	Шингэний түвшин Уран, pH/H_2SO_4 , нэвчүүлэх чадвар, катионууд	Сард нэг удаа Сард нэг удаа (ажиллагааны явцад)	Электрон түвшин хэмжигч Автомат Химийн анализ
Өнгөц шингээлтээс өмнөх бүтээгдэхүүний уусмалын	Уран, pH/H_2SO_4 , нэвчүүлэх чадвар, HCO_3^{2-} (хүчилшилтийн явцад) Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_2 , SO_4^{2-} , NO_3^- , K, Na, хуурай үлдэгдэл	Шилжилт бүрт Сард нэг удаа	Химийн анализ Сараар нэгтгэгдсэн дээжийн химийн анализ

Сар бүрийн болон нэгтгэгдсэн статистикүүд нь нийт туршилтын талбай болон шахуургын бүтээгдэхүүний цооног бүрт тэмдэглэгддэг. Эдгээр өгөгдлүүд нь уусгалтын характеристикүүд, үр ашгийг тооцоолох үндэс болж өгдөг.

ГДУО процесс нь дараах хүснэгт, диаграмаар баримтжуулагдах ёстой:

- Хугацаа vs. дотоод мониторингийн цооног болон бүх олборлолтын уран ба SO_4^{2-} ын агуулгын график. Хугацааны туршид өөрчлөгдөх pH хэмжигдэхүүний муруй ижил график дээр дүрслэгдэх ёстой.

- Товч хүснэгт нь ураны агуулгын өөрчлөлт, түүний кг дахь масс (нэгтгэгдсэн нийлбэр массыг оруулаад), шахах болон бүтээгдэхүүний уусмал дахь хүхрийн хүчлийн агууламж, хүчил шахаж эхэлснээс хойш оруулсан бүтээгдэхүүний уусмалын нэгтгэгдсэн хэмжээ, L:S харьцаа, зарцуулсан нийт хүчлийн хэмжээ, олборлосон ураны кг тутам дах хүчлийн зарцуулалт, мөн уусгах бүс дэх чулуулгийн нийт масс зэргийг багтаасан байна.

- Ураны олборлолтын зургийн чиглэл, pH-ийн хэмжээ,

- Хугацаа vs. бүтээгдэхүүний цооног бүр дэх элементүүдийн агуулга болон параметруудийн график: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , SiO_2 , нэвчүүлэх чадвар, уусаагүй O_2 (хэрэв хүчилтөрөгч нь исэлдүүлэгчээр ашиглагдаж буй тохиолдолд), Eh (редокс потенциал)

Уусгалтын туршилт дуусан шингэнийг дахин боловсруулах шатанд уусгалтын бүсийн хилээс гадна урвалжийн алдагдлыг тогтоохын тулд ГДУО загварын дүрслэлийг тойроод болон дотор нь хэд хэдэн цооногийн нүх өрөмддөг. Дээжүүд нь чулуулгийн хүчилшилтийн зэрэг менералогийн өөрчлөлтийг төрх зэргийг тогтооход ашиглагддагаас гадна олборлогдсон ураны тооцооллыг бататгах нэмэлт өгөгдөл болон ашиглагддаг.

Өрөмдлөгийн явцад зургаан сар тутамд, мөн туршилтын эцэст ахин нэг хийгдэх потенциалтетрийн зургийн чиглэл, уусмалын урсгалын загвар нь үйл ажиллагааны цооногийн урсгалын хурдны дундаж өгөгдлийг ашиглан газрын доорх уусгалтын процессыг ойлгоход тусладаг. Хэрэв энэ шахагдсан уусмал уусгалтын бүсээс шилжсэн эсвэл суларсан гүний ус төв хэсэгрүү халих халилт ихсэхэд дан цооногийн урсгалын балансыг тогтворжуулна.

Хүдрийн ордын лабораторийн болон талбайн туршилтын дүнгийн аль аль нь шинэ ГДУО байгууламжийн загварын суурь болж өгдөг. Эдгээр бүх геологийн, гидрогеологийн, уусгалтын туршилтын өгөгдлүүд Хүснэгт.6.4-т өгөгдсөн байгаа. Олборлогдох боломжтой ураны нөөцийг тооцоолсон өгөгдлүүд нь энэхүү хүснэгтэд багтсан ба ГДУО төрөл бүрийн үйл ажиллагааны нөхцөлийн эдийн засгийн үзүүлэлтүүдээс нь хамааруулан мөн ангилсан байна.

Хүдэр болон тэдгээрийн литологи болон нэвчих чанараас хамааран ангилагдсан чулуулгуудын хэмжээ, морпологи, хүдрийн биетүүдийн хоорондын холбоо, хамаарал зэргийг мөн тооцоолсон. Минералогийн

судалгааны үедуусгалтын процесст нөлөөлж болохуйц органик бодисууд, бусад хольцууд, ялангуяа карбонатын агуулгад анхаарал хандуулах ёстой.

Хүснэгт.6.4 (хүдрийн биетийн гүн, хүдэр болон чулуулгийн нэвчүүлэх чанар, ашигтай уст давхаргын гидростатик эхлэл) дээрх ерөнхий мэдээлэл дээр нэмэгдээд ГДУО үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны үед хэд хэдэн гидрогеологийн судалгаатай хосолсон тооцоолол байх хэрэгтэй. Энэ судалгаа нь гүний усны **градиентийн** урсгалын хурд, чиглэлийг тогтоох, гүний усны химийн найрлагыг тогтоох, ижил усан сангаас ус авах усны хангамжуудын хэрэглээ байршлыг тогтоох, дээд болон доод ус үл нэвчүүлэх давхарга, тэдгээрийн нийлэлт, зохицолдоо, зузаан зэргийг шалгадаг. Зэргэлдээ уст давхаргын хэрэглээний талаарх мэдээлэл нь зайлшгүй тэмдэглэгдэж байх ёстой бөгөөд хүрээлэн буй орчинд үзүүлж болшгүй сөрөг нөлөөллийг тооцоолох хэрэгтэй.

Геологийн болон гидрогеологийн өгөгдлийн зэрэгцээ лабораторийн болон талбайн туршилт дээр суурилсан ГДУО процессын бусад үйл ажиллагааны өгөгдлүүд дараах байдлаар тодоорхойлогдоно:

- Уусгах шингэний концентраци, найрлага
- Өөр өөр литологийн болон нэвчүүлэх чанартай, L:S харьцаатай, олборлолтын хувь, урвалжийн зарцуулалт зэрэгтэй өөр төрлийн ордуудын уусгах үйл явцыг тохируулах
- Бүтээгдэхүүн шингэнийн химийн найрлага болон дахин боловсруулагдсан уусмал дахь TDS- зөвшөөрөгдөх хамгийн их агуулга,
- Тэдгээрийн олборлолтын арга, бүтээгдэхүүнээр хэмжигдэх боломжтой байдал

6.4. УУСГАЛТЫН ХАРАКТЕРИСТИКҮҮДИЙН ТООЦООЛОЛ БА ТЭДГЭЭРИЙН БОДИТ БАЙДЛЫГ ҮНЭЛЭХ

Олборлолтын туршилтын уусгалтын үр дүнгийн өгөгдлүүд нь ГДУО ордын үйлдвэрлэлийн олборлолтын байгууламжийн загварт хэрэглэгдэнэ. Туршилтын загварын уусгалтын характеристикүүдийг тодоорхойлоход гидрологийн урсгалын загвар шаардлагатай. Загваргүйгээр нарийн тооцооллыг хийх боломжгүй байдаг.

Урсгалын шугамын зураг шиг дүрслэгддэг урсгалын математик загварчлалын үр дүн нь шингэний эзлэхүүнийг тооцоолоход хангалттай ч химийн процесс болон урсгалын параметруудийг холбох нэмэлт тэнцэтгэлгүйгээр уусгалтын загварчлалд ашиглагдаж чаддаггүй. Урсгалын энгийн загварчлал нь зөвхөн уст давхаргын дундуурх идэвхгүй шингэний хөдөлгөөнийг үзүүлдэг. Энэ нь чулуулаг болон шингэний хооронд явагдах химийн урвалыг тооцоолдоггүй. **Металлын** туналт, уусалт, сулралт, шингэний сааталт, хоёр шатлалт урсгал (хийн үүсэлт), цооногийн хоолойн бөглөрөлт, нэгэн төрлийн биш шингэний нягтын ялгаатай байдал, эдгээр бүх хэмжигдэхүүнүүд уусгалтын үед байх бөгөөд тусгай загварчлал шаарддаг.

Урсгалын загварчлалыг ашиглан тодоорхойлогдох туршилтад зориулсан уусмалын урсацын тор нь талбай дундуурх гидравлик хэсгийг тооцоолдог. Торны мөр хоорондын зай нь зураглалын хуваарьт тохиромжтой байхаар сонгогдох ихэвчлэн 5х5 метрийн тор тохиромжтой байдаг. Тооцоолол нь Тайсегийн томьёоны (5.1.1-ийг) логаритм ойролцоолол дээр үндэслэгддэг.

Торны зангилаа бүр дээрх S хэмжигдэхүүний нийт өөрчлөлт нь бүс дэх үйл ажиллагааны цооног бүрийн нөлөөлөл дэх S хэмжигдэхүүний нийлбэрээр тодоорхойлогдоно.

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} S_i$$

Компьютерийн программ нь урсгалын траектортой газрын зургийг бүтээх, толгой хэмжигдэхүүнийг тооцоолдог. Түүнээс гадна энэ программ нь уст давхаргыг нэгэн хэвийн гэж үздэг ба шингэний урсацыг адвектив хэмээн үздэг дутагдалтай тал нь программын чадавхыг хязгаарладаг. Чулуулгийн нэвчимтгий чанарын өөрчлөлт, чулуулаг болон шингэний хоорондох химийн урвалыг энд тооцоолдоггүй. Үр дүн нь уусгалтын бүсийн өргөжилт, байршил, шугамын зураглалыг багтаадаггүй.

Уусмалын урсгалын торны нарийвчилсан үйл ажиллагаа нь гүний усны урсгалыг загварчлах мэдээллүд тусгайлан хэвлэгдсэн байгаа [1, 2, 3, 7]. Эдгээр аргуудын зарим нь газрын доорх уусгалтанд онцгой ач холбогдолтой.

Олборлолтын туршилтын талбайн шингэний урсгалын торын зурагийг уусгах урвалжийн шилжилт уст давхаргад хэрхэн байрлаж байгааг гарган харуулдаг.

Дундаж урсгалын хурд цооногоос шахагдсан эсвэл сорогдсон шингэний нийт хэмжээ туршилтын нийт хугацаагаар хуваагдан тооцоологдоно. Туршилтын үе дэх уусгалт саармагжин зогсох хугацаа нь нийт хугацаанд тооцоологдон орох ёстой, учир нь энэ хугацаанд урсгал байхгүй байсан ч уусгах урвал газрын дор явагдаж байдаг.

Цооног бүрээс гарч байгаа урсгалын шугамын тоо нь дахин боловсруулагдах шингэний урсгалын хурд болон салангид урсгалын хурдны харьцаагаар тодоорхойлогдоно. Туршилтын загварчлалын талбай дундуур хөдөлж байгаа шингэний эзлэхүүний мэдэгдэхүйц ул мөр, пропорционал урсгалын шугамын нягт зэргээр урсгалын тор бүтээгддэг.

Уусмалын урсгал баланслагдахад шахах цооногийг орхисон урсгалын шугамын тоо олборлолтын цооног дээр цугларсан урсгалын тоотой тэнцүү байх ёстой. Уусмалын урсгалын тор нь олборлолтын талбай дахь гадаад болон дотоод урсгалын торны холбоос, шахах олборлох цооногийн өөрчлөлтөөр тодоорхойлогдоно. Урсгалын хурд маш бага байх “хориотой бүс”-ийг тогтоох ёстой бөгөөд урсгалын хурдыг тэнцвэржүүлэхийн тулд

цооногийн орчим дахь өнцгийн интервалыг тэнцүү болгох хэд хэдэн урсгалын шугам цооног бүрт шаардлагатай болдог.

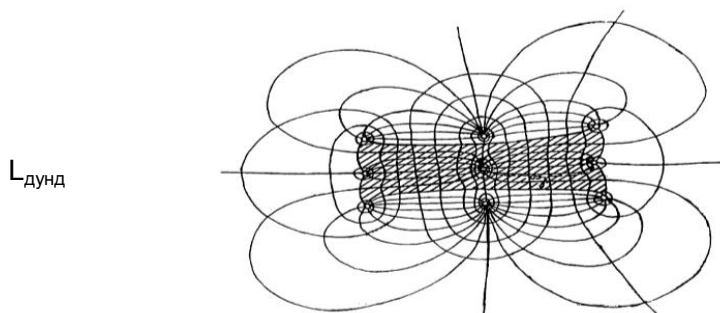
Ураны **металл** авалтын хувийн үндсэн параметрууд, урвалжийн зарцуулалт болон $L/\text{шингэн}/S/\text{хатуугийн}/$ харьцаа зэргийн тооцоолол нь уусалтын хилийг хэрхэн тогтоохоос шалтгаалдаг.

ГДУО жижиг туршилтын үед хэвийн гидродинамикийн нөхцөлөөс шалтгаалан загварчлалын талбайн хилээс гадна уусмалын ноцтой тархалт бий болж болно. Уусгах процесс нь загварчлалын талбайн периметр доторх талбайгаас хэд дахин том талбайд нөлөөлж болдог (гол төлөв “дүрэлзэх (flare)” гэдэг).

Хэрэв гүний усны урсгалын хурд ГДУО үйл ажиллагаанд зөвшөөрөгдөхөөргүй бага бол (жишээлбэл, ГДУО урсгалын хурдаас ойролцоогоор 2 магнитудаар доор бол), олборлолтын туршилт нь бараг уст давхаргаас хамаарахгүй тогтворжсон нөхцөлд хийгдэх боломжтой. Загварын талбайн өнцөгөөс халин гарсан шингэн нь гадаад цооногоор сорогдон гарч болно.

Ийм замаар халин гарсан шингэн бага хэмжээний ураныг мөн агуулж байж болно. Уусгалтын талбайн хилээс гаднах бусад уусгагдаагүй хүдэр эцэст нь уурхай үйлдвэрлэлийн шатанд шилжсэний эцэст олборлогдоно. Хальсан уусмалын гадаад хил ажиглалтын цооног эсвэл тооцооллоор тогтоогдож болох боловч төв хэсгийн өгөгдлийг (Зураг.6.9) ашиглан уусгалтын гүйцэтгэлийг тооцоолсны дараа энэ нь боломжтой.

Энэхүү тооцоолох арга нь олон ордод туршигдсан бөгөөд хоёр олборлолтын цооногтой төв хэсэгт загварын периметрийн хилээс гадна ямар нэгэн шингэний алдагдалгүй, гүний усаар шингэлэгдэлгүй ажилладаг зэргээрээ хамгийн нарийвчлал сайтай. Элсэн орд дахь олборлох ураны нөөцийн 80%-д хүрсний дараа нийт уусгалтын бүсийн хилийг төв хэсгээс авсан өгөгдлийг ашиглан тооцоолдог. Дараа нь нийт загварын талбайн хувьд уусгалтын тооцооллыг хийж болдог.



Зур.6.9. Энд 6 шахах, 3 олборлолтын цооногтой урсгалын торын загвар: $L_{\text{дунд}}$ –төв хэсгийн урсацын дундаж шугамын урт

Энэхүү үнэлгээний аргыг олон ордууд дээр хэрэглэсэн бөгөөд татах 2 цооног бүхий төв хэсэг нь схемийн талбайгаас гадагш ямар нэг уусмал алддаггүй тул хөрсний усаар уусмал тархах боломжийг хаасан хамгийн найдвартай аргад тооцогдоод байна. Элсэн чулуун ордуудад ураны **металл** авалт 80 хувьд хүрсэний дараа төв цооногоос авсан мэдээллийг ашиглан уусгалтын бүсийн хил хязгаарыг тооцоолж гаргадаг. Уусгалтын тооцоог нийт схемийн талбайн хэмжээнд гаргаж болно.

Ашиглаж буй цооногуудын урсацын өгч буй үйлдвэрлэлийн хэмжээнд үндэслэн хийгдсэн урсацын шугаман диаграмыг бүтээмж (тархалтын) талбай, бүтээгдэхүүн цооног бүрээс авах ураны хэмжээ мөн газар доогуур шахсан уусмал болон туршилтын эхнээс зарцуулсан урвалжийн хэмжээ зэргийг нэгтгэн уусгалтын тооцоог хийдэг байна.

Уусмал дахь дундаж ураны агуулга ($C_{\text{дунд}}$) олборлогдсон шингэний нийт эзлэхүүн(V) болон олборлогдсон ураны харьцаа $V:C_{\text{дунд}} = A/V$ –ээр тодорхойлогддог.

Хэмжигдэхүүн V нь цооногийн урсгал хэмжигчийн өгөгдлөөр эсвэл уусмалын чиглэлийг ашиглан тооцоологддог: $V = qNt$,

q = урсгалын хурдын анхны чиглэл

N =тооцоологдсон зурвас дах чиглэлийн дугаар

t = ураныг уусгаж эхэлснээс хойшхи хугацаа

Төв хэсгийн $L:S$ хэмжигдэхүүнийг урсгалын диаграмм ашиглан тогтоож болно.

Онцгой урвалжийн зарцуулалт C_r олборлогдсон ураны хэмжээ, эсвэл боловсруулагдсан ураны чулуулгийн масс T –ийн холбоогоор тодорхойлогдож болно.

Эхний шатанд (кг/кг):

$$C_r = \left(C_{in} \sum \Delta V - \sum C_{rec} \cdot \Delta V \right) : \sum C_{uc} \cdot \Delta V$$

Энд: C_{in} ба C_{rec} нь шахагдах болон олборлогдсон шингэн дэх урвалжийн агуулга,

C_{uc} = бүтээгдэхүүний шингэн дэх ураны агуулга

ΔV = уран агуулж буй уусмалын эзлэхүүн.

Хоёр дахь шатанд:

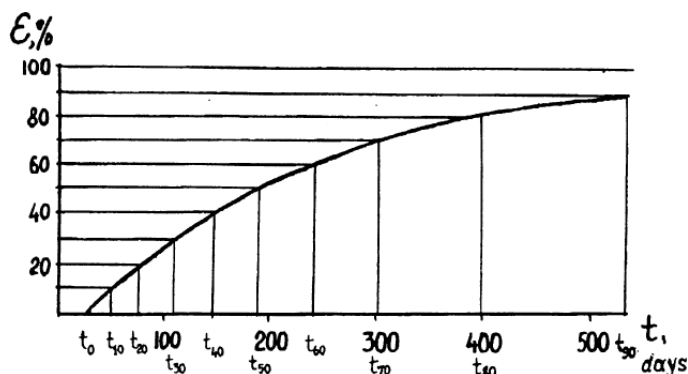
$$C_r = \left(C_{in} \sum \Delta V - \sum C_{rec} \cdot \Delta V \right) : T$$

Бусад уусгалтын параметрууд төв хэсгийн өгөгдлийг ашигласан туршилтын хугацааны туршид үечлэн тогтоогдох ба туршилтын эцэст бүх өгөгдлүүдийг ашиглан өргөтгөгдөн тооцоологдоно. Бүтээгдэхүүний хүснэгт, урсгалын шугамын диаграммаас гадна энэхүү тооцооллын үндэс нь төв хэсэгт агуулагдсан ураны **металл** авалтын муруй юм (Зураг.6.10). Олборлолтын ялгаатай зэрэг $V_{B\varepsilon}$ –тэй дэвшилтэт уусгалтын салангид бүсүүд нь $V_B = I_{av}/t$ томьёог ашигласан ураны олборлолтын **муруйгаас** олдох ба энд I_{av} – урсгалын шугамын дундаж урт.

Зураг.6.10-т үзүүлсэн **муруйг** ашиглан туршлагын коэффициент B_ε нь 0-оос хамгийн их хэмжээ хүртэл 10%-аар өсөх олборлолтын интервалын (ε) хувь бүрт тодоорхойлогдоно.

$$B = V_{B\varepsilon}/V_{av}$$

I_{av} –ийн Дарсигийн тэгшитгэлээр (Зураг.6.9) олборлолтын туршилтын урсгалын хурд V_{av} тодоорхойлогдоно.



Зур.6.10. Уусгах бүсийн прогрессив хурдыг (V) тодоорхойлохоор хийгдсэн туршилтын талбайн төв хэсгийн ураны **металл** авалт (ε), хугацаа (t)-ны диаграммын жишээ.

Олборлогдсон ураны хувийг тодоорхойлохын тулд төв хэсгийн гаднах урсгалын шугамыг ашиглан дундаж урсгалын хурдыг тогтоох нь чухал. Дарсигийн тэгшитгэлээр:

$$V_{av} = \frac{L}{\sum (l_i/V_i)} = K \frac{L}{\sum (l_i^2/\Delta h_i)}$$

L – өгөгдсөн урсгалын шугамын нийт урт

$L_i, V_i, \Delta h_i$ – бодит урт, урсгалын хурд, шингэний түвшний ялгаа

Хэрэв потенциаметрийн гадаргуугийн хөндлөн огтлол Δh интервалд тэнцүү хуваагдаж байвал томьёо дараах байдалтай болж хялбарчлагдана:

$$V_{av} = K \cdot \Delta h \cdot l / \sum_{i=1}^{i=n} l_i^2$$

Дундаж хурд V_{av} , V_{Be} хэмжигдэхүүнүүдийг ашиглан шахах цооног бүрийн уусгалтын прогрессив зай l_ϵ – ийг $l_\epsilon = V_{Be} \cdot t = \beta_\epsilon \cdot V_{av} \cdot t$

t = урвалжийг шахаж эхэлснээс хойшхи хугацаа.

Энэхүү тооцоологдсон l_ϵ хэмжигдэхүүнүүд дараа нь өгөгдсөн аль ч шугамын урт l -тэй харьцуулагдана. Хэрэв аль ч урсгалын шугамын уртад $l_\epsilon > l$ бол олборлолтын их зэргийг ашиглан тооцоог давтан хийнэ. Эсрэгээрээ $l_\epsilon < l$ бол урт нь давхацтал ($l_\epsilon = l$) бага зэргийг ашиглана.

Бүрэн уусгалтын хилийг тогтооход анхдагч олборлолтын шингэний урсгалын гадаад шугамыг ашиглана ($\epsilon = 0$): $l_0 = V_{Bo} \cdot t = \beta_0 \cdot V_{av} \cdot t$.

$l_0 = 1$ байх нөхцөлтэй тохирох урсгалын хурдыг шууд олно гэдэг ихэнхдээ боломжгүй байдаг, тиймээс дундаж шугамын цуваа нь шугамын урт l тооцоологдсон хэмжигдэхүүн l_0 хүртэл зураг дээр тэмдэглэгдэнэ.

Дүнд нь загварчлалын периметрийн доторх уусгалтын хил өргөсдөг боловч уусгах шингэн хүрч очсон нийт талбайн ураны дундаж **металл** авалт ердөө 33-50% байдаг.

Туршилтын төгсгөлд загварчлалын хил дотроос олборлогдсон ураны хувь гадаад цооногийн загварыг холбох периметрийн шугамын хилээс гадна орших гадаад урсгалын шугамын олборлолтын дундаж хувиар тодоорхойлогдоно.

Урсгалын шугамын хос хоорондох бүсэд олборлогдсон материалын хэмжээ, ураны хүдрийн нөөцийн түгэлтийг тооцоолох бүтээгдэхүүний зураглал дээр урсгалын тор нэмэгддэг. Загварчлалын талбайн геологийн тогтоц ховорхон тохиолдолд нэгэн ижил байдаг ба хэрэв урсгалын дотоод бүс нь хоёр олборлолтын цооногийн хооронд байвал энэ аргын нарийвчлал сайн байдаг.

Эдгээр цооногуудын гадаад, дотоод уусгалтын бүсийн ураны олборлолт (A) дараах томъёогоор тодоорхойлогдоно.

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \cdot P \cdot f_i$$

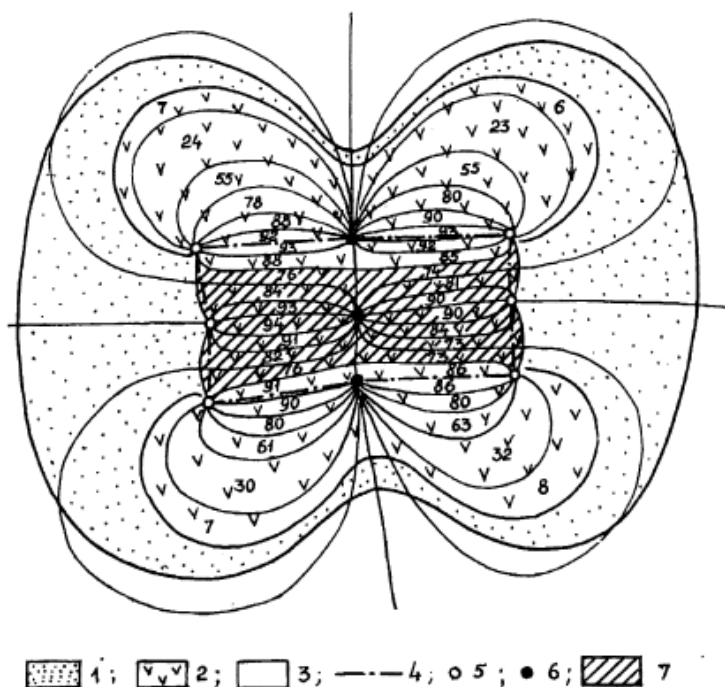
$\epsilon_i = i$ дүгээр урсгалын бүсийн олборлолтын зэрэг

P = олборлолт, кг/м²,

f_i = урсгалын бүсийн талбай (хуяаарийн тооцоонд орсон), м².

Олборлолтын цооногийн гадаад, дотоод бүсээс олборлогдсон ураны хэмжээ нь энэ аргаар тодоорхойлогдох ба эдгээр цооногийн бодит талбайгаар засвар хийгдэнэ. Бүтээгдэхүүний төв цооногоос олборлогдсон ураны бараг ихэнх нь загварчлалын дотоод хэсгээс олборлогддог ба ямар нэгэн засвар шаардлагагүй байдаг.

Энэхүү процессын детальчилсан тайлбарыг Зураг.6.11-д үзүүлэв. Энд олборлолтын хувь 3 олборлолтын цооног, 6 шахах цооногтой туршилтын загварчлалын урсгалын шугам бүр дээр дүрслэгдэв. Энэ нь хамгийн богино, шулуун урсгалын шугам дахь загварчлалын дотор байрласан ураны хамгийн их **металл** авалттай бүс болон уусгалтын гадаад хилийн ойролцоо байх загварын периметрийн хилд байх ураны хамгийн бага **металл** авалттай бүстэй харьцуулсан диаграммаар дүгнэгдэнэ.



Зур.6.11. Туршилтын загварчлалын уусгалтын бүс. Уусгалтын бүсүүд: 1–хэсэг нь уусгагдсан, 2–бүрэн уусгагдсан, 3–уусгаадаагүй, 4–цооногуудаас хамаарсан загварчлалын хязгаар, 5–шахах цооног, 6–олборлолтын цооног, 7–төв хэсгийн гидродинамикийн хязгаар.

Дээрх жишээнээс олборлолт 6-8%, L:S харьцаа 0.2 байх гадаад урсгалын бүстэй харьцуулахад урсгалын хамгийн богино бүс дэх олборлолтын хувь 85-94% байхад L:S зэрэг 1.2 – 1.5 байна.

Энэ жишээн дээрх уусгах хэсгийн хил доторх нийт талбай нь загварчлалын периметр доторх талбайгаас 4 дахин том байдаг.

Туршилтын төгсгөлд нийт уусгалтын бүсийн ураны олборлолтын 42% нь загварчлалын талбай доторх металл авалтын фактор 83%, гадаад хэсгийн **металл** авалтын фактор 20%-ийг багтаадаг. Туршилтын төгсгөлд талбайн дотоод хэсэг бараг бүхэлдээ бүрэн уусгагдсан байхад гадаад хэсгийн зөвхөн

тал хэсэг нь уусгагдсан байх ба нийт ураны нөөцийн ихээхэн хэсэг газрын дор үлдсэн хэвээр байдаг. Хэрэв энгийн масс хэмжүүрээр олборлолтын хувь нь тодоорхойлогдож байвал хоёр талбай ижил хэмжээтэй ураныг олборлох боломжтой.

Хэд хэдэн урсгалын бүс дээр үндэслэгдсэн нийт шингэний олборлолт, урвалжийн зарцуулалт зэрэг нь цооногийн талбайн гадаад, дотоод хэсэгт бараг тэнцүү түгэлттэй байна (тус тус 44 ба 56%). Зургаан өнцөгт загварчлалд энэ харьцаа эсрэгээрээ 60-65% нь дотоод хэсэгт, 35-40% нь дотоод хэсэгт байна.

Туршилтын явцад уусгалтад орсон талбай ихсэх боловч, шахах цооногийн зай өсөхөд тархалтын хурд удааширна. Үүний дүнд туршилтын эцэст уусгалтын хил бараг өөрчлөгддөггүй. Зөв баланслагдсан гурвалжин загварчлалын захын үйл ажиллагааны цооногийн уусгалтын хилийн шилжилт 1.5 L зайгаар өргөсдөг. Энд L бол загварчлалын хажуугийн зай.

Туршилтын эхний шатанд гадаргуу дээрх олборлогдсон уран нь ихэнхдээ цооногийн талбайн дотроос олборлогддог. Туршилтын дүндгадаад хэсэгрүү урссан бүтээгдэхүүний уусмалаас олборлогдсон ураны хувь нь туршилтын төгсгөл гэхэд Зураг.6.11 дээр үзүүлсэн шиг загварчлалд олборлогдсон нийт ураны хэмжээний 50%-д хүрэх боломжтой.

Үйл ажиллагааны цооногтой ойролцоо уст давхаргын гидравлик эвдрэл болон цооногийн талбайн харьцангуй бага хэмжээний уршгаар бий болсон загварчлалын периметрийн гаднах шингэний мэдэгдэхүйц шилжилт нь зайлшгүй тэмдэглэгдэх ёстой. Цооногийн талбайн туршилт том хэмжээтэй хүдрийн ордод хийгдэж байвал эргүүлж авах боломжгүй урвалжийн алдагдал ноцтой илэрдэггүй. Олборлолтын цооногийн гидродинамик нөлөөллийн бүсээс үлдсэн цооногийн талбайн хилээс хальсан уусгалтын шингэнийг туршилтын үеэр олборлон авч болно. Ямар ч үлдэгдэл шингэн томоохон үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны дараагийн хэсэг болдог.

Хүснэгт.6.6.-д уусгалтын бодит үр ашгийн тооцооллыг төв хэсгийн үндсэн параметрууд, загварчлалын периметр дотор үлдсэн талбай зэргийг хамтатган үзүүлэв.

Цооногийн талбайн доторх параметруудийн тооцоологдсон хэмжигдэхүүн нь хүдрийн нөөцийн үлдэгдлийн тооцооны үнэн зөв байдлыг хангах нэмэлт өрөмдлөгийн өгөгдлүүд эсвэл геофизикийн талаас ураныг тодоорхойлох шууд арга зэргүүдэд харьцуулагдаж болно. Төв хэсгийн энэхүү уусгалтын бодит үр ашиг нь дараа дараагийн бүх тооцоололд ашиглагдах суурь хэмжигдэхүүн нь юм.

Сонгогдсон ГДУО цооногийн талбайн туршилтад хүдрийн биет болон нийт ордтой харьцуулахад геологийн болон гидрогеологийн характеристикиуд нь өөр байна гэдэг жирийн бус хэрэг юм. Иймд нийт ордын эсвэл ордын хэсэгт ч байсан үйлдвэрлэлийн олборлолт явуулах дотоод загварчлал

гарахаас өмнө уусгалтын туршилтын үр дүнг хувиралгүй байлгахын тулд зарим засварууд шаардлагатай байдаг.

Хүснэгт.6.6. ГДУО туршилтын цооногийн талбайн уусгалтын бодит үр ашигийн параметруудийн мэдээлэл

№	Уусгалтын параметрууд	Гидродинамикийн хилээр тогтоогдох ГДУО загварчлалын төв хэсэг	Периметр доторх ГДУО загварчлалын ндотоод хэсэг	Бүрэн уусгагдсан бүс
1	Олборлолт %			
2	L:S харьцааны хэмжээ			
3	Онцгой урвалжийн зарцуулалт (1кг Уранд ногдох кг, чулуулгийн жингийн %)		Гаргаж авсан тоон хэмжигдэхүүнүүд	
4	Шингэн дэх ураны дундаж агуулга (мг/дм ³)			

Ордын үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны үед олборлогдсон шингэн дэх ураны дундаж агуулгыг урьдчилсан байдлаар дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$C_{av} = \varepsilon \cdot O_r \cdot 10^3 / V_{rec}$$

ε – олборлолтын хувь, %

O_r – уурхайн эсвэл хүдрийн биетийн талбай дах ураны нөөц, кг

V_{rec} – боловсруулагдах чулуулгийн/хүдрийн масс дахь L:S харьцаагаар тодорхойлогдох олборлогдсон шингэний эзлэхүүн, м³.

Энд үндсэн орд газар болон туршилтын цооногийн талбай $(C/C_r)_d$ дахь хүдрийн ус нэвчих чадварын зөрүү чухал ч, L:S-ийн утгыг хянаж байхын тулд доорх томъёог ашигладаг [4]:

$$L:S = (L:S)_{ts} \cdot (C/C_r)_d / (C/C_r)_{ts}$$

C болон C_r = Хүдрийн бүс болон уст давхаргад ус нэвчих чадвар;

$(L:S)_{ts}$ = L:S-ийн утгыг туршилтын цооногийн талбайгаас авдаг.

Тусгай урвалжийн зарцуулалтыг дараах томъёог ашиглан тооцоолдог:

$$R_c = V_{rec} \cdot (C_{in} - C_{rec}) / (\varepsilon \cdot O_r)$$

Ураны хүдрийн нөөцийг буруу тооцоолсноор урьдчилсан туршилтын цооногийн талбайн уусгалтын үр ашигтай параметруудийг бусад хүчин

зүйлүүдээр хязгаарладаг тулвр дүнг тооцоолохдоо болгоомжтой хийх хэрэгтэй байдаг. Параметруудийг тооцоолсноор алдаа нь 100% эсвэл түүнээс ч илүү байж болно.

Уусгалтын бүсийн хил хязгаарыг хазайлгаснаар хүлээн авагч чулуулаг, хүдрийн нэвчих чадвар өөрчлөгддөг тул тооцооллоор үүссэн байж болох алдааг цооногийн талбайг уусгах туршилтыг анхааралтай хянаж ялгааг арилгадаг. Олборлосон ураны процентыг тооцоолоход $L:S$ -ийн харьцааны утга болон тусгай реагентын зарцуулалт нөлөөлдөг. Уусган авах бүсийн хил хязгаарын алдааг засах зорилгоор ажиглалтын цооногуудыг суурилуулах нь дээрх хүчин зүйлүүдэд хэрэгтэй байдаг. Шингэнийг цэвэр реагентаар сэргээх эсвэл хаягдлыг дамжуулахын тулд практикт ашигтай болох цооногуудаас нэгийг нь сонгон суурилуулдаг (Хэсэг 6.2-оос үзнэ үү). Уусмалыг илүүдлээр шахаж дамжуулснаар дараа нь олборлолтын урсгалын тэнцвэрийг барихад хэцүү болдог байна.

Уусмалын чиглэлээсээ хазайх эрсдэл болон хугацааны үе шатыг сунгахад урсгалын үзүүлэлтийг зохиомлоор урьдчилан тогтоох нь үйл ажиллагааны хувьд хэцүү, олборлосон бүтээгдэхүүний зардал их болдог учир уусгалтын туршилтын үед олборлолтын талбайд хаалт барьдаг [4].

Урьдчилан хийсэн туршилттай харьцуулахад олборлолтын уусгах туршилтийг хийсний үр дүнд ГДУО үйл ажиллагааны ашигтай загваруудыг гаргаж авдаг. Уусгалтын ашигтай параметруудийг тэдгээрийн нарийвчилсан түвшний дагуу хоёр бүлэгт [2,6] авч үздэг.

Олборлосон ураны хэмжээг урвалжийн нийт зарцуулалт болон олборлосон уусмалын эзлэхүүнээр нарийвчлан тооцдог. Уусмал дахь ураны концентрацийн дунджаар гарган авсан утга ба олборлосон бүтээгдэхүүний нэгж тутам дахь тусгай реагентын зарцуулалтын хэмжээ тохиромжтой байсан ч эдгээрт магадгүй урсгалын хэмжээ, химийн шинжилгээ мэтийн эх үүсвэрүүдээс болж бага зэргийн алдаа үүсэж болно.

Хоёрдугаар бүлэгт уусгалтын ашигтай параметрууд нь хүдэр чулуулгийн масс дахь тусгай реагентын зарцуулалт болон $L:S$ -ийн харьцаа, олборлосон ураны процентоор илэрхийлэгддэг. Хүчин зүйлүүдээс хамааран дээрх нарийвчлалуудыг шууд хэмжих боломжгүй бөгөөд зөвхөн урьдчилан тооцоолдог байна. Үүнд уусган авах бүсийн үе давхарга дахь ураны гарал үүслийн нөхцөл болон уусгасан чулуулгийн хэмжээ багтдаг.

15×30 метрийн хэмжээтэй цооногийн талбайн хил хязгаарт алдаа 10%, 90% нь боломжтой бол байж болохуйц гэж үздэг ба хүдрийн урьдчилан тооцооллыг, дундажагуулга $\times$ зузааныутгагэсэн 14 хэрчмээр тодоорхойлдог [4]. Хэрвээ уусгасан чулуулгийн эзлэхүүнийг тооцохтой холбогдсон алдаа байвал хяналтын өрөмдлөгүүдээр илрүүлсний дараа мөн оруулж бодон, магадгүй цооногийн талбайн 15-30%-ийн мужид хүдрийн биетүүд нэг төрлийн бус бол хоёрдугаар бүлгийн нэгдсэн алдаа уусгалтын параметруудийг өсгөдөг. Ураны тунамал ордууд илүү үелсэн маягтай бол гол төлөв далайн уснаас тунаж үлдсэн байдаг ба илүү ашигтай байх магадлалтай.

6 ДУГААР БҮЛГИЙН ИШЛЭЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] GAVICH, I.K., Theory and Modelling in Hydrogeology, M. Nedra, 1980.
- [2] GRABOVNIKOV, V.A., Geotechnical Investigation in Metal Exploration. M. Nedra, 1985.
- [3] LUKNER, I., SHESTAKOV, B.M., Modelling of Geofiltration. M. Nedra, 1976.
- [4] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., No-Mine Working of Ore Deposits. M. Nedra, 1986.
- [5] BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., DOLGIKH, P.F., et al., Research Methods in ISL of Ores. Textbook. M. publ. MGRI, 1981.
- [6] SHUMILIN, M.V., MUROMTSEV, N.N., BROVIN, K.G., et al., Exploration of Uranium Deposits to be Worked by ISL, M. Nedra, 1985.
- [7] Hydrogeologist's Manual. Under editorship of V.M. Maksimov, L. Nedra 1&2, 1979.

БҮЛЭГ 7. ЭЛСЭН ЧУЛУУНЫ ОРДЫГ ГАЗАР ДОР УУСГАН ОЛБОРЛОХОД ЗОРИУЛСАН ЦООНОГИЙН ТАЛБАЙН СИСТЕМ

7.1. Газрын дор уусган олборлох цооногийн талбайн систем

Газар дор уусган олборлох үйл ажиллагааны үндэс элемент нь өрөмдлөгийн цооногууд байдаг. Тухайн хүдрийн биетийн байршлын гүнээс шалтгаалан үйлдвэрлэлийн зардлын 15-30 хувийг цооногийн өрөмдлөгийн зардал эзэлдэг бөгөөд ордын нөөцөөс хамааран хэдэн зуугаас хэдэн мянган цооног гаргах шаардлагатай болдог. Цооногийн аливаа нэг алдаа эсвэл тэдгээрийн буруу ашиглалт нь газрын дор уусган олборлох технологийн процесст сөрөг нөлөө үзүүлэх бөгөөд энэ тохиолдолд олборлолтын торлол буюу тодоорхой хэсгийг нэн даруй засварлах шаардлагатай байдаг.

ГДУО цооногийн үйл ажиллагааг үр ашигтай явуулахад дараах шаардлагуудыг зайлшгүй хангасан байх ёстой. Үүнд:

- Цооногнуудын байршил болон тэдгээрийн хүчин чадал нь газрын дор уусгах шингэний зарцуулалтыг хамгийн бага байлгах, ураны гарц хамгийн их байлгах боломжийг бүрдүүлэх,
- Цооногуудын төлөвлөлт болон ашиглалтыг тухайн газрын онцлогоос хамааран хамгийн их үр ашигтай байхаар гүйцэтгэх;
- Цооногууд нь газрын доорх уусмалуудын хөдөлгөөнийг хянах нөхцөлийг хангасан байх,
- Цооногуудын ашиглалтын хугацааг тухайн ордын цооногийн талбайн олборлолтын туршид ашиглах жишиг хугацаанаас багагүй байлгах;
- Цооногуудын тоо болон олборлолтын ажиллагаанд зарцуулагдах зардал нь тухайн ордод газрын дор уусгах аргаар олборлон гарган авах **металллын** өртгийн үнэлгээ нь эдийн засгийн хувьд ашигтай байх;
- Цооногуудыг стандартын багаж төхөөрөмж ашиглан гүйцэтгэх ба ажлын бүтээмжийг хамгийн өндөр байхаар тооцон угсарсан байх;
- Цооногуудын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх сөрөг нөлөөллийг нь хамгийн бага байхаар тооцож ашиглах ёстой

Цооногуудын торлол нь олборлолт явуулахаар төлөвлөж буй ашиглалтын талбай болон түүний зарим хэсэгт ажлын уусмалыг нэвтрүүлэх чадварыг хангалттай хэмжээнд байлгах нөхцөлийг хангасан байх шаардлагатай (тэдгээрийн ашиглалтын үед зарим нэмэлт ажлуудыг тодоорхой дарааллаар төлөвлөж болох юм).

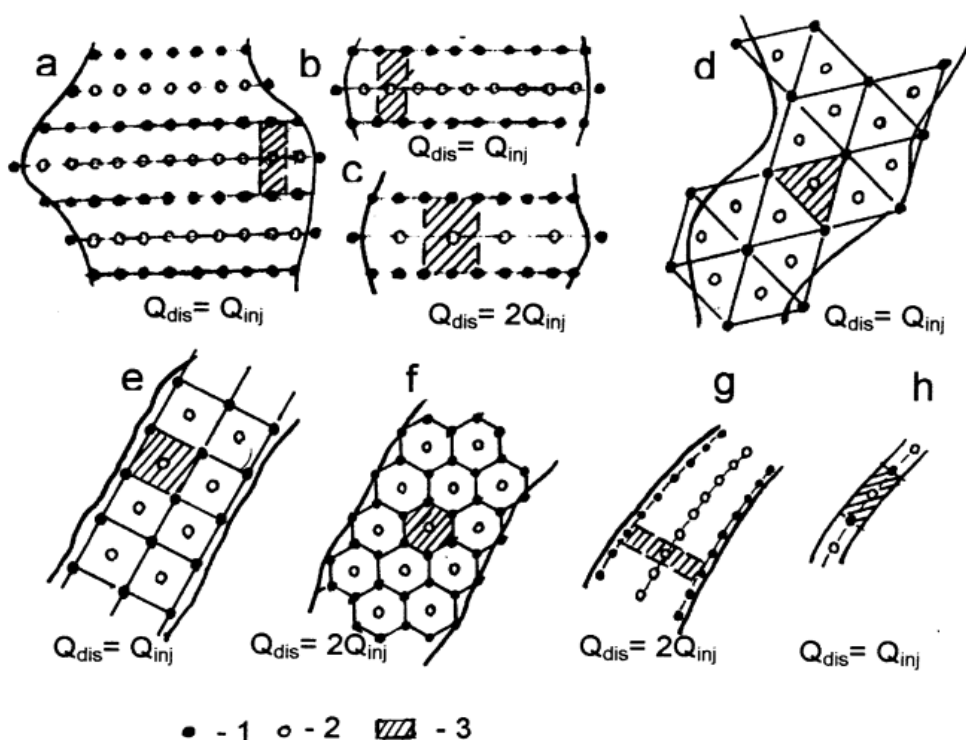
ГДУО цооногийн торлол янз бүрийн хэлбэртэй байдаг (зэрэгцээ эгнээгээр байрлах бие даасан цооногууд, олон өнцөгт болон үүр хэлбэрийн зохион байгуулалттай). Газар дор уусган олборлоход ихэвчлэн шугаман буюу торлосон хэлбэрийг сонгон ашигладаг. Шахах болон олборлох (сорох)

цооногууд нь ураны өндөр концентрацитай уусмалыг гаргаж авахад тохиромжтой хоорондын зайтай байх хэрэгтэй.

Хүдрийн биетийн өргөнөөс хамаарч (100 метрээс илүү) доорх зохион байгуулалттай цооногийн загвар/систем/-уудыг ашигладаг. Үүнд:

- Шугаман – тэгш өнцөгт (дөрвөлжин) хэлбэрийн зохион байгуулалттай,
- Шугаман – шатрын хөлөг байдалтай өрөмдсөн (off-set),
- Шугаман–шахах цооног нь сорох цооногийнхоо пропорц хэмжээнээс өссөн (ихэвчлэн 2 дахин).

- Гурвалжин – дөрвөн талт,
- Талбайн – таван өнцөгт,
- Зургаан өнцөгт



Зур 7.1. Хүдрийн биетийг газрын дор уусгах талбайн цооногийн ангиллын систем: 1– шахах цооног; 2–олборлох цооног;3– салангид үүр.

Нэг, хоёр, дөрөв болон тавдугаар системүүдийг том ордод ашигладаг ба шахах болон олборлох цооногуудын тоо тэнцүү байдаг. Хүчин чадлыг нь тэнцвэржүүлсэн нэг төрлийн бус орчинд эдгээр системийн урсгалын хурд нь гол төлөв тэнцүү байдаг ($Q_{dis} = Q_{inj}$). Гурав болон зургаадугаар системүүд $Q_{dis} = 2Q_{inj}$ буюу шахах цооногийн тоо нь олборлох цооногийн тооноос хоёр дахин их байдаг. Нэгдүгээр систем нь илүү үр дүнтэй, учир нь цооногийн тоо цөөхөн, хяналт болон шинжилгээ хийхэд хялбар юм (Зураг 7.1а). Хоёрдугаар

систем нь хүдрийн биетийг илүү нарийн уусгахад бэлтгэгдсэн боловч шахах болон олборлох цооногуудын хоорондын зай ихэссэнээр талбайн уусгалтын хугацаа уртсах ба цооногуудын хоорондын уялдаа холбоо, харилцан үйлчлэл үр ашиг муудаж, цооногийн гарц, ашиглалтын хугацаа адилхан багасдаг (Зураг 7.1b). Гуравдугаар системийг шахах цооногийн тоо цөөн, (хүдийн биетийн зузаан их, нүх сүвийн бөглөрөлт ихэссэнээс уусмалын нэвчилт багасах үед тохиромжтой) харьцангуй гүнзгий биш ордод ашигладаг. Цооногийн тоо ихэссэнээр, өрөмдлөгийн зардал нэмэгдэх тул энэ систем нь үр ашиг муутай (Зураг 7.1c).

Дөрөвдүгээр систем нь гуравдугаар системтэй адилхан боловч зөвхөн хажуугийн гурван шахах цооногоос шингэнийг авдаг болохоор олборлох цооног бүр үр дүнтэй байж чаддаггүй. Өөрөөр хэлбэл бүрэн уусгаж авч чаддаггүй. Энэ систем нь хүчлээр уусган авахад бараг хэрэглэдэж байгаагүй. Газрын дор уусгалт явуулах нэгж талбайн ноогдох цооног цөөн хэдий ч гуравдугаар систем нь эдийн засгийн хувьд илүү ашигтай (Зураг 7.1d). Тавдугаар систем нь цооногуудын торлолын периметрүүдээс төв хэсэг рүү илүү жигд нэвчих боломжийг хангадаг (Зураг 7.1e) боловч үүр хэлбэрийн системүүдийн нийтлэг дутагдлыг агуулж байдаг. Зургаадугаар системийн хувьд хүдрийн биетийг бүхэлд нь шингэнээр нэвчүүлж бараг нэгэн төрлийн болтол тархааж, шахах цооногийн урсгалыг илүү бага байлган системийн нийт бүтээмжийг хамгийн их болгодог учир илүү тохиромжтой юм (Зураг 7.1 f).

Үүр хэлбэрийн системүүдийн дутагдалтай тал нь (Зураг 7.1 f) шугаман системтэй харьцуулахад энэ системийг хянахад хэцүү, чулуулгийн ус нэвчүүлэх чадвар болон үе давхаргын нөхцөл гэх мэт хүдрийн биетэд орох өөрчлөлтүүдийг харгалзаж үзэхгүйгээр геометрийн өрөмдлөг хийхэд хүндрэлтэй байдаг.

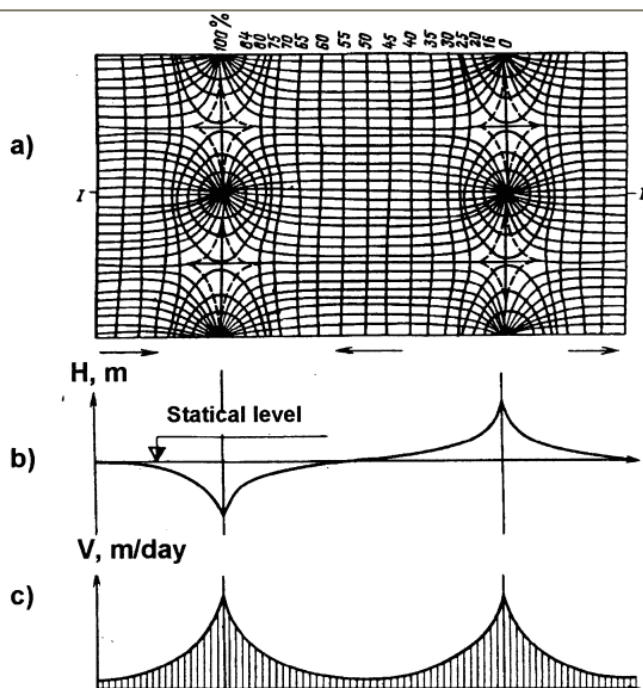
Хүдрийн биет нь 50-100 метрийн өргөнтэй бол хүдрийн биетийн зах хэсгээр нь байрласан шахах цооногтой гурван-эгнээ системийг гол төлөв ашигладаг (Зураг 7.1 g). Шахах цооногийн тоо нь олборлох цооногийн тооноосоо хоёр дахин их. Урсгалын хурдын харьцаа нь $Q_{rec} = 2Q_{inj}$ байна.

Хүдрийн биет нь шугаман бүтэцтэй 50 метрээс доош өргөнтэй бол төвийн тэнхлэг дагуу шахах болон олборлох цооногуудыг нэг эгнээгээр сольбож байрлуулсан шугаман системийг ихэнх тохиолдолд ашигладаг (Зураг 7.1 h). Энд олборлох цооног болон шахах цооногуудын тоо тэнцүү буюу $Q_{rec} = Q_{inj}$ байдаг. Хэсэг 7.3-т ээлжээр ашиглах зориулалт бүхий цооногуудыг агуулсан (эсрэг урсгалтай байх чадвартай) илүү нарийн төвөгтэй системүүдийг дүрсэлсэн.

7.2. Том хэмжээний цооногийн талбайн торлолын системүүдийн урсгалын хэсгүүд

Хүдрийг цооногийн тусламжтайгаар олборлоход ажлын уусмалуудын урсгалын чиглэл янз янз байдаг бөгөөд тэдгээрийн урсгалын хурд нь

харилцан адилгүй байдаг. Үүнд газрын доорх гидродинамикийн хуулиуд нөлөөлдөг. Ямарч торлолын хувьд урсгалын хурд хамгийн өндөр бөгөөд хамгийн богино хугацаанд уусгалт явагдах хэсэг нь урсгалын үндсэн чиглэл (хамгийн богино) байх ба тодоорхой хэсгүүдэд, шахалтын болон олборлолтын цооногуудын ойр орчимд даралтын градиент нь илүү өндөр ажиглагддаг (Зураг 7.2). Цооногуудын хоорондох муруй хамгийн урт байх тусам зэргэлдээ оршиж байгаа цооногууд руу ойртсоноос муруйлтын хэсэгт уусгалтын процесс харьцангуй удаан явагдах ба зохих түвшинд хүртэл уусгалт явуулахын тулд илүү их хугацаа шаардагддаг байна. Бусад шугамуудын хувьд эдгээр тоон үзүүлэлтүүд /индексүүд/ нь дээрх хоёр хязгаарын хооронд байна. Ондoo хэлбэртэй бусад цооногийн системүүдэд дээрх үзүүлэлтүүд уусмалын тархах чиглэлээс хамааран харилцан адилгүй байдаг. Хамгийн боломжит торлол бол урсгалын тархалтыг жигд байлгаж, торлол дахь уусгалт явагдах хугацааг хамгийн богино байлгах тохиолдол юм.



Зур 7.2. Нэг төрлийн уст давхаргад урсгалын үзүүлэлт нь тэнцүү хэмжээтэй дөрвөн өнцөгт хэлбэрийн цооногийн торлолын урсгалын хэсэг (а), пьезометрийн муруй (b), V - урсгалын үзүүлэлтийн диаграмм (с), I - I хэсэгт (гол чиглэлийн дагуу): H -Шингэний байдлаас хамаарсан статик түвшин; сумаар – урсгалын чиглэлийг үзүүлсэн.

Зураг 7.2-т тэгш өнцөгт хэлбэрийн солибмол эгнээтэй цооногуудын урсгалын торлолыг үзүүлэв. “а”- буюу нэг эгнээ дэх цооногууд болон “L”- буюу эгнээ хоорондын зайн харьцаанаас хамаарч, ихэнхдээ шугаман эсвэл муруй урсгалтай торлолыг ашигладаг.

Хүснэгт 7.1-т B_{av} -урсгалын туулах замын дундаж өргөн, цооногуудын ойр байгаа чиглэлүүдийг нарийсгаж тооцох, шахах болон олборлох цооногуудын хоорондын хамгийн богино зайнаас хамаарах шулуун урсгалыг L , l_{av} – дундаж, l_{max} - хамгийн их уртын хэмжээг харуулав.

Хүснэгт 7.1. Шугаман зохион байгуулалттай цооногийн (тэгш өнцөгт хэлбэрийн) урсгалын өргөн болон уртын параметруудийн хамаарал [3].

a/L	l_{av}	l_{max}/L	B_{av}/a
1:0.8	1.36	2	0.73
1:1	1.32	1.85	0.80
1:1.5	1.2	1.61	0.82
1:2	1.15	1.38	0.84
1:2.5	1.12	1.30	0.85
1:3	1.10	1.25	0.85
1:4	1.08	1.19	0.86
1:5	1.06	1.15	0.87
1:6	1.05	1.12	0.88
1:8	1.04	1.10	0.89
1:10	1.03	1.09	0.90

Ямар ч зохион байгуулалттай цооногийн урсгалын шугам нь өөр хоорондоо төсөөтэй илүү нарийн торлолтой параллель хэлбэрийн байдаг. Цооногуудын (шахах болон олборлох) хоорондын хил зааг нь ижил төрлийн байснаар уусмалын хөдөлгөөн удаашран хамгийн бага талбайд тархдаг. Ингэснээр нилээн олон цооногийг суурилуулах шаардлагатай байдгаас (эгнээ хооронд ижил зайтай) ийм торлолуудад газрын дор уусгах аргад хэрэглэгдэхгүй болсон.

a/L -ийн харьцаа 1-тэй ойртоход торлолууд нь хамгийн их удаашралтай хамгийн том зурвас болдог байна. Иймээс, a/L -ийн харьцаа 1:2–1:4 хязгаарт цооногуудын зохион байгуулалт оновчтой болдог байна (Жишээлбэл: 15 x 30; 25 x 50; 10 x 40 метр).

Цооногуудын урсгалын хурд нь тэнцүү, хэд хэдэн эгнээг зэрэг ажиллуулах үед цооногийн урсгалын зарцуулалтыг ($m^3/өдөр$) А.И.Чарногийн томъёогоор тооцдог:

$$Q = \frac{6.28 CTS}{2.31 \lg(a/2\pi r_0) + 1.57(L/a)}$$

C =Шингэний нэвчих чадвар, м/өдөр

T =Нэвчих хэсгийн зузаан, м

S =Цооногийн үйл ажиллагааны бүс дээрх усны түвшин, м

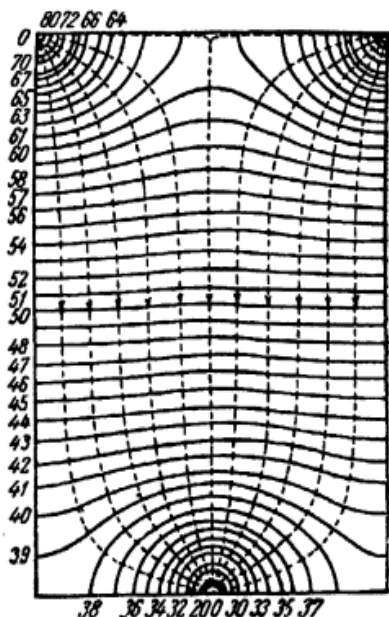
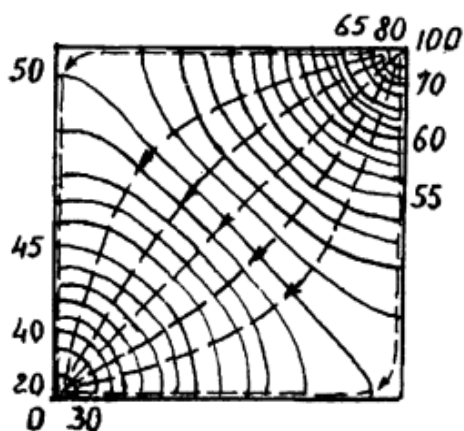
L болон a =Цооногийн эгнээ болон эгнээ хоорондын зай, м

r_0 =Цооногийн радиус, м

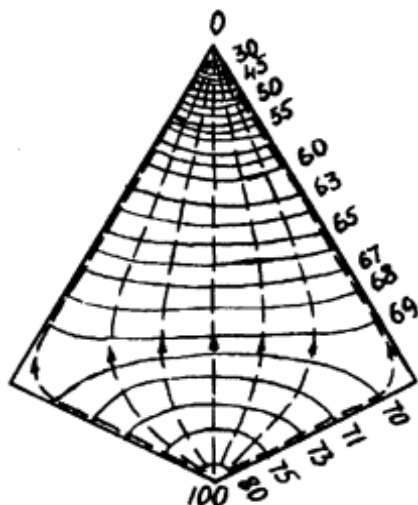
Шугаман системүүд дэх шатрын хөлгийн холимог зохион байгуулалттай эгнээнүүдийн цооногуудын гидродинамикийн торлолыг Зураг 7.3-т үзүүлэв [4].

Зураг 7.4 болон 7.5-д төвдөө олборлох цооногтой тэгш өнцөгт болон зургаан өнцөгт уусгалтын үүрийн нэг элементийн урсгалын торлолыг харуулсан [4].

Зур.7.3. Шатрын хөлөг хэлбэрийн зохион байгуулалттай урсгалын торлол



Зур.7.4. Олборлох цооног нь төвдөө байрласан дөрвөн өнцөгт хэлбэрийн 1 үүрийн урсгалын торлол.



Дээрх жишээ зурагнуудад тэгш бус, урсгалын шугамууд нь ялгаатай уусгалтын эрчмийг үзүүлсэн. Шахах болон олборлох цооногуудын хоорондын (R -үүрний радиус) шулуун болон хамгийн их урт (l_{max}) урсгалын чиглэлийн дагуу замын харьцаа нь торлол жижиг бол квадратад $l_{max}/R = 1.41$, зургаан өнцөгт эсвэл гурвалжин схемд $l_{max}/R = 1.36$ байна.

Зур.7.5. Олборлох цооног нь голдоо байрласан зургаан өнцөгт хэлбэрийн 1 үүрний урсгалын торлол.

Эргэлтийн хугацаа (шахсаны дараа олборлох цооногоор уусмалыг дамжуулах) нь хурд болон урсгалын замын урт хоёулангаар нь тодорхойлогддог ба усны градиент нь ямар ч эргэлттэй байсан пропорционал байдаг (өөрөөр хэлбэл урсгалын шугамын урт болон цооногууд хоорондын түвшний ялгааны үзүүлэлтээс). Урсгалын шулууны урт нь квадрат ажиллагааны уусгах хугацааны нийлбэр юм. Тэгэхээр l_{max}/R -ийн утга үүр дотроо тогтсон тогтоцтой уусгах тэгш бус хэмжигдэхүүнийг хадгалсан байх ёстой. Энд уусгалтын дагуу урсгалын шугам хамгийн бага байдаг нь практикийн төгс байдал бол магадгүй зөвхөн эхний шатны дагуу урсгалын шугам хамгийн урт байдаг. Үүрний схемийн дагуу зургаан өнцөгт зохион байгуулалтаас илүү олон байж болно.

Зургаан өнцөгт хэлбэрийн олборлох цооногийн ажиллагааны урсгалын хурдыг дараах томъёогоор тодорхойлогддог.

$$Q_{rec} = 2Q_{inj} = 2\pi CTS / \ln(0.8R/r_o)$$

Q_{inj} = Шахах цооногийн хурдны тооцоо, ($\text{м}^3/\text{өдөр}$)

R = Үүрний радиус, м

C = Шингэний нэвчих чадвар, м/өдөр

T = Нэвчих давхаргын зузаан, м

S = Цооногийн ажиллагааны бүс дэх усны түвшин, м

7.3. Газрын дор уусгах цооногийн загваруудаас илүү оновчтой хэлбэрийг сонгох

Харилцан адилгүй зайтай шугаман цооногуудын системүүдэд онолын тооцоолол явуулсны үндсэн дээр газрын дор уусган олборлоход хамгийн оновчтой байршил /торлол/ сонгоход дараах дүгнэлтэд хүрсэн байна. Үүнд:

(1) Шахах болон олборлох цооногуудын хоорондын зай хамгийн ихдээ 10–80 метрээс ихгүй байх (30–50 метр хооронд илүү тохиромжтой). Урсгалын зай богинотой хүдрийн биетийг уусмал хэсэгчлэн өнгөрснөөр жижиг хэсгүүдийн шилжилт хөдөлгөөнийг үүсгэж, ховил гаргах шалтгаан болдог. Энэ нь цооногуудын хөрөнгө оруулалтын зардлыг огцом өсгөдөг. Зай урттай бол үүрний хамгийн эхний уусгах хугацаа огцом нэмэгдэж, урсгалын хурд буурч, хоосон чулуулагтай харилцан үйлчлэлцэх хүчлийн зарцуулалт ихсэж (өссөн масс нь процесст хамрагдсан нөхцлөөс хамаарна), үйл ажиллагааны зардал бүхэлдээ өсдөг.

(2) Цооногийн эгнээ хоорондын зай богино бол олборлох болон шахах цооногуудийн гидродинамикийн харилцан үйлчлэл сайжирч, урсгалын үзүүлэлтийг өсгөж, процессыг илүү эрчимтэй болгож уусгах хугацааг багасгадаг.

(3) Жижиг загварын цооногийн торлол нь дараах давуу талуудтай:

- Гүн биш ордуудад (100 метрээс бага гүн), цооногийн төхөөрөмж болон өрөмдлөгийн зардал нь газрын дор уусгах нийт зардалтай харьцуулбал өндөр биш;

- Хүчлийн багтаамж ихтэй, ялангуяа карбонатын агуулга өндөртэй чулуулагт үйлчлэлцэх хугацаа нь богино учраас хүчлийн зарцуулалт багасдаг;

- Цооногийг уст давхаргаас найдвартай тусгаарласан байх ба хоосон чулуулгаар дүүрсэн том үе давхаргатай хүдрийн бүсэд хаалт хамгаалалт хийж, уусмалыг доош алдаж, хорогдуулахгүй байх;

- Ашигт уст давхаргын (уст үеийн гадаргуугийн доод цэг) пьезометрийн түвшин нь гүн бол шахуургын урсгалын үзүүлэлт хангалттай хэмжээнд байх нөхцөлийг бүрдүүлж чадахгүй;

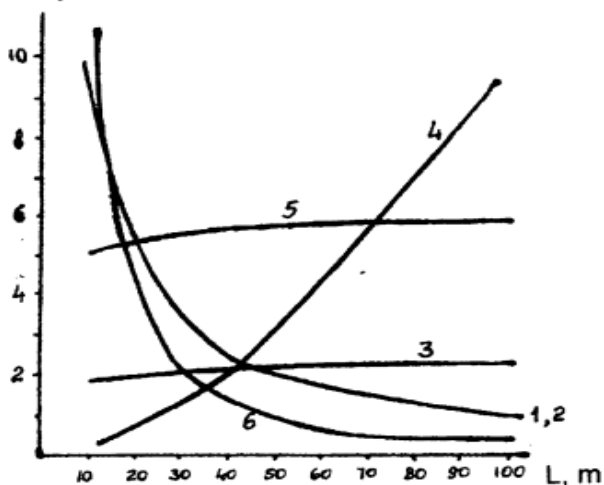
(4) Гүн ордуудад (200 метрээс дээш) хоорондоо зай холтой (50 метрээс урт) цооногийн шугамуудыг ашиглах нь илүү сайн бөгөөд **металл** олборлолтын өртгийн мэдэгдэхүйц хувийг эзэлдэг үйлдвэрлэлийн өрөмдлөгийн болон тоног төхөөрөмжийн зардал болон ялангуяа хүчил бага зарцуулагддаг (карбонат 1% хүртэл) чулуулагт илүү тохиромжтой.

(5) Талбайн болон лабораторийн туршилтуудын үр дүнгийн тооцоо болон хэд хэдэн боломжийн харьцуулалтыг ашиглаж хамгийн сайн цооногийн загварын хэлбэрийг сонгож авч болох юм.

Зураг.7.6 [3]-д Ордыг бүхэлд нь хамруулсан шугам дээр байрлуулсан тодоорхой ордын уусгалт явуулсан цооногийн өгөгдлийн тооцооллыг ашиглан хуваарьт хүснэгтээр илэрхийлсэн **муруйг** үзүүлэв. Цооногуудыг бүхэлд нь авч

үзвэл олборлосон уусмалын хэмжээг ашигласан цооногуудын тоонд ноогдуулан пропорцлоход ижилхэн урсгалын хурдтай байна.

N, Q, C, T, R, F,
arbitrary units



Зур.7.6. Газрын дор уусгах параметруудийн өөрчлөлтийн диаграмм: (1) цооногийн дугаар-N, (2) олборлосон уусмалын урсгалын нийт хэмжээ-Q, (3) олборлосон уусмал дахь ураны дундаж агуулга-C, (4) давхаргыг уусгах хугацаа-T, чулуулгийн массын нэгж тутам дахь, тусгай реагентийн зарцуулалт-R(5), цооногийн эгнээ хоорондын зай ялгаатай талбайн гарцаар-F(6) болон ажлын талбай тэнцүү.

Дээрх диаграммд тогтсон нөхцөлд талбайн олборлолтын зэрэг болон нийт уусмалын урсгалын хурд, цооногуудын тоо багассанаар уусгах хугацаа ихсэхэд шугам хоорондын зай огцом өсч (цооног хоорондын зай шугамд үл өөрчлөгдөн үлдэнэ) байгааг харуулсан. Зай хооронд шугам 10 дахин өсөхөд, харилцан үйлчлэлцэх хугацаа нэмэгдэж тусгай реагент урвалжийн зарцуулалт 10-20%-аар ихэсдэг. Урьдчилан тооцсон бага агуулгатай хүдрээс нийт олборлосон уусмал дахь ураны концентрацийн дундаж маш бага өөрчлөгдсөн байдаг (ерөнхийдөө 10%-аар л өсдөг).

Өргөн мужид үйлдвэрлэлийн зардал өөрчлөгдөж болохыг боломжит судалгааг хийж газрын дор уусгах явцыг тэмдэглэдэг. Хаалттай зай дахь торлолын талбайг ашигласнаар бүтээгдэхүүний гарц өсөж, хүдрийн биетийг уусгах хугацаа багасч, цооногийн ажлын зардал, засварын болон бусад үйл ажиллагааны зардлууд буурдаг (жишээлбэл, реагент урвалжийн зардал).

Эгнээ хоорондын зайн өргөн хамгийн зохистой гэсэн цооногийн загварыг үндсэн хөрөнгийн зардлын тоймд тусгана (талбай дахь процессын тоног төхөөрөмжийн бүтээц буюу барилга байгууламж, цооногуудын өрөмдлөг). Энэ нь талбайн гарцыг огцом бууруулдаг. Гүний ордуудад цооног бүрийн өрөмдлөгийн зардал их, гүнзгий биш ордуудад ойрхон байрлуулснаар тийм өргөнтэй байрлуулсан загварын ашиглалт нь илүү ашигтай байдаг.

Гэсэн ч ойрхон зайтай цооногийн торлолыг сонгоход хамгийн их гарц тодоорхойгүй хүчин зүйлээс болдог нь талбайн үр ашиг болох гарцын илүүдэл нь цооногийн тоног төхөөрөмж болон өрөмдлөг, процессын барилга байгууламжийн зардлыг ихэсгэж улмаар **металллыг** олборлох үйлдвэрлэлийн зардалд нөлөөлдөг. Иймээс хүдрийн биетийг уусгах хамгийн оновчтой дэс

дараалалтай цооногийн загварт сүүлийн дүгнэлт хийж, хэд хэдэн хувилбарыг харьцуулан судлах боломжтой байх ёстой.

Хувилбаруудын хамгийн өргөн хүрээний эдийн засгийн үнэлгээнд хэрэглэгдэх, харьцуулсан үнэлгээний үр дүнг нэгтгэн хүснэгт (Хүснэгт 7.2)-д үзүүлэв. Тэгээд илүү ашигтай загвар сонгож авна.

Хүснэгт 7.2. Төрөл бүрийн үйл ажиллагааны системийн гол параметрууд

Цооногийн торлол	Цооногийн тоо	Олборлох цооногийн урсгалын хэмжээ	Цооногуудын нийт урсгалын хэмжээ	Олборлох цооногуудын тоо хэмжээ
1	2	3	4	5
Уусмал дахь металлын агуулга	Хүдрийн биеттэй харьцах хугацаа	Урвалжийн зарцуулалт	Үйлдвэрлэлийн бүтээмж, жилээр	Олборлосон металлын үйлдвэрлэлийн зардал
6	7	8	9	10

7.4. Элсэн чулууны ордуудыг гдуо үйл ажиллагааны системүүдийн тодоорхойлолт ба ангилал

ГДУО (цооногуудын сэлгээ болон уусган авах дарааллын тооцоог гаргасан) цооногийн системийн ангиллыг В.В.Новоселцев илүү бүрэн танилцуулсан байдаг. Гэсэн ч байж болох сул талуудыг цаашид төгс шийдвэрлэх боломжтой (Хүснэгт 7.3).

Тэрээр доорх үндсэн ангилалд хуваасан байна. Үүнд:

(1) Үүрүүдийн байрлалтай холбоотой болон нэг үүрэнд олборлолтын цооног-шахалтын цооногийн тоо хосолсон (нэг-эгнээ хэлбэрийн цооногийн зохион байгуулалттай, хоёр-цооногууд нь эгнэсэн, гурав-цооногууд – тэгш өнцөгт, олон-цооногууд – үүрэн);

(2) Хүдрийг барьж байгаа байдлаас хамааран босоо байрлалийн бүс нь халхлагдсан (хүдэрт, эгнэсэн, гэх мэт);

(3) Хүдрийн биетийн уртаас хамааран шугаман цооногийг зохион байгуулдаг (уртын дагуу/хөндлөн);

(4) Уусгах хүдрийн биетийн өргөнийг илрүүлэх (захаас нь эсвэл дундаас нь эхлэх).

Системүүдийг ашиглах нөхцөлд дараах илүү чухал хүчин зүйлүүдийг тодоорхойлсон байх хэрэгтэй:

- Хүдрийн биетийн өргөн;
- Хүдэртэй давхаргын зузаан;

- Хүдрийг барьж байгаа байдлын чулуулаг болон хүдрийн шингэн нэвтрүүлэх чадвар, цооног шиг хэвтээ болон босоо чиглэлд адилхан (үелсэн давхаргын дагуу болон хөндлөн);

- Төлөвлөлтөд хүдрийн биеийн морфологи;
- Шахах/олборлох цооногуудын үзүүлэлт;
- Хоосон чулуулаг болон хүдэр дэх эрдэс зүй (mineralogy).

Тухайн цооногийн зохион байгуулалт нь геологийн структурыг тооцсоноор хүдрийн биетийн хэлбэрт үндэслэн яг тохирсон байх ёстой, мөн хүдрийн биетийн хэлбэр болон босоо чиглэлд хоёуланд нь уусгах шингэн байгалийн газрын доорх усыг бага хэмжээгээр бохирдуулах болон урсгах алдагдал хамгийн багатай, газрын дор уусгахад тохиромжтой урсгалын хэлбэрийг харгалзан үзсэн байх ёстой. Систем нь газрын дор уусах процессыг хянахад тохиромжтой байх болон хангалттай олборлоход хүрэлцээтэй байх ёстой. Сонгосон систем нь олборлоход илүү үр ашигтай байх ёстой.

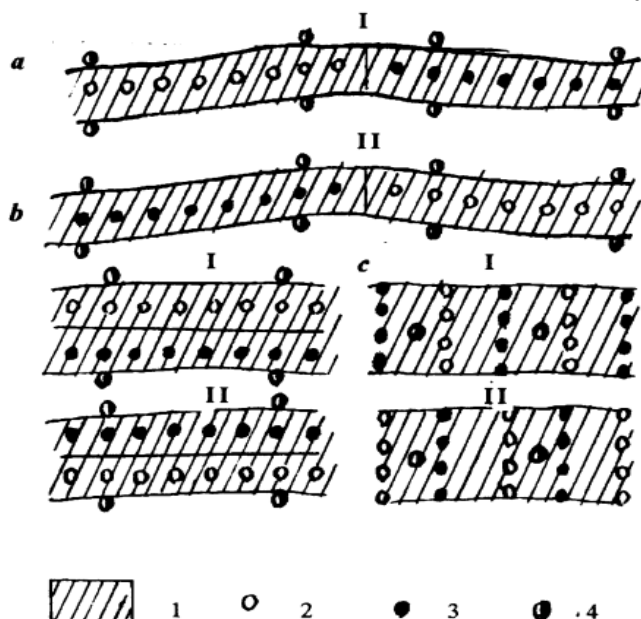
7.4.1. Шугаман цооногийн загварууд

Шугаман цооногийн загварын уусгах онцлог шинж бол харилцан сольж болохуйц цооногууд нэг, хоёр эсвэл хэд хэдэн шугамтай, шахах болон олборлох цооногуудын хувилбаруудаас бүтсэн байдаг (Зураг 7.7).

Энэ загвар нь хүдрийг барьж байгаа байрлал нь ямар ч зузаан байсан, хэсгийн болон төлөвлөсөн алинд нь ч, чулуулгийн найрлага болон комплекс хүдэртэй ордуудын цооногт буюу ямар ч хэлбэрийн хүдрийн биетүүдийг уусгахад хэрэглэгддэг ба үйлдвэрлэлийн бүсийг системтэйгээр далан хаалтаар хамгаалдаг. Тохирсон загварууд нь гарц өндөр, цооногуудыг усаар угаах шаардлагагүйгээр тэдгээрийн чадвар нь өсдөг зэрэг хамгийн том давуу талтай байдаг.

Харин ижил төрлийн цооногууд хоорондын харилцан үйлчлэл нь зэрэгцээх урсгалын хэмжээг бууруулах болон цооногийн талбайгаас гадагш шингэнийг алдах магадлалыг өсгөх зэрэг гол дутагдалтай.

Зур 7.7. Эгнээгээр байрлуулсан цооногийн систем (нэг-цооног): а-нэг эгнээ; б-тууш хоёр эгнээгээр, с-хөндлөн; 1-хүдрийн биет; цооногууд: 2-олборлох, 3-шахах, 4-хяналтын



Гол төлөв нарийн хүдрийн биетүүдийн дагуу зөвхөн нэг-цооногийн шугамд, хүдрийн биетийн дагуу нэвтрэх шингэний хөдөлгөөнийг шугам нь бууруулдаг. Үүнийг тэгш өнцөгт (гурван-цооног) схем ашиглан В.В.Новоселцевийн ангилалд өгөгдсөний дагуу хувилбарын хэлбэрүүдээр цооногуудыг байрлуулснаар илүү үр ашигтай болохыг авч үзсэн (Зураг 7.1с-ээс үз). Урсгалын хязгаарлалт (шахах/олборлох хэлбэрийг хувиргах) хийх нь дээрх схемд нэг-цооногийн зохион байгуулалттай хүснэгттэй харьцуулалт хийхэд илүү тохиромжтой, учир нь үүний эцсийн давуу тал нь бол цооногуудад хаалт хийснээр өөрөө цэвэрлэгдэж, гарц нь сайжирдаг. Олон эгнээ системүүдийг (Хүснэгт 7.3-ын 2-4 хувилбаруудад) тэмдэглэсэн болно, газрын дор уусгах үйл ажиллагаанд ашиглагдах өргөн гэж байдаггүй [2].

Хүснэгт 7.3. Хүдрийн биетийн шинж чанараас хамаарч газрын дор уусгах

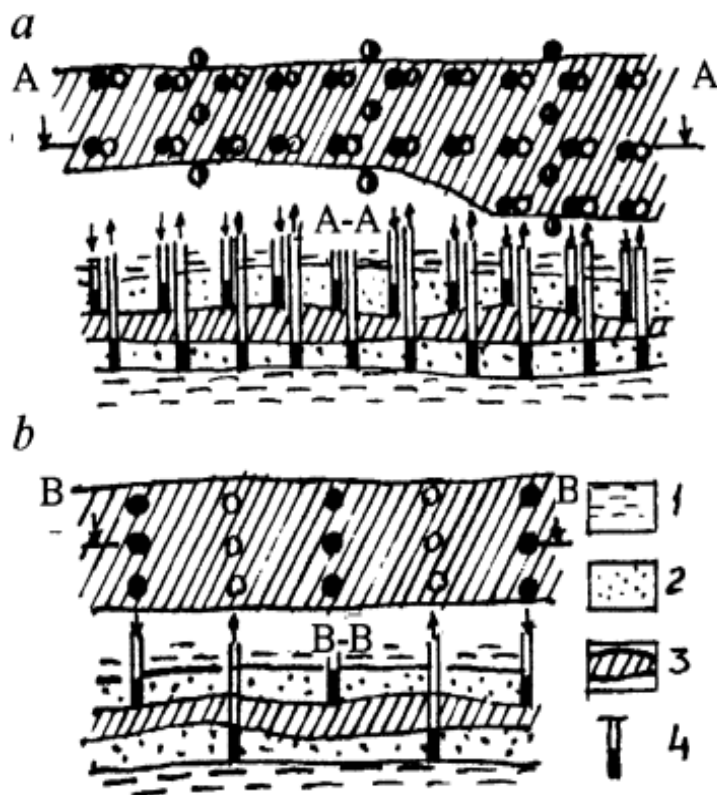
цооногийн загварын бүтцийг сонгох

Цооногийн загвар	Систем	Хүдрийн биетийн өргөн, м	Хүдрийг барьж буй зузааны хэмжээ, м	Хүдрийг хүрээлж байгаа чулуулгийн зузааны харьцаа	Хүдрийн биетийн бүтэц зүй /morphology/	Шахах болон олборлох цооногуудын харьцаа
1	2	3	4	5	6	7
Эгнээгээр (нэг-цооног)	1-нэг эгнээ	50 хүртэл	өөр	>1:5	энгийн	0
	2-олон эгнээ	>50	өөр	ижил	энгийн	
	3-олон огтлолцсон-хэлбэрийн	>150	өөр	ижил	өөр	
	4-олон бөөн хэлбэрийн	хувирамтгай	өөр	ижил	нарийн төвөгтэй	
Гүүр (хоёр-цооног)	1-цооногийн зохион байгуулалт нь гүүр хэлбэртэй нэг эгнээгээр холбогдсон	50 хүртэл	>15	>1:5	энгийн	≤1:1
	2-цооногийн зохион байгуулалт нь гүүр хэлбэртэй квадратаар холбогдсон	>50	>15	>1:5	өөр	≤1:1
	3-цооногийн зохион байгуулалт нь гүүр хэлбэртэй тэгш өнцөгтөөр тусгаарлагдсан	>50	>10	1:2 - 1:5	өөр	≤1:1
Дөрвөн талт (гурав-үе давхарга)	1-тууш	50-100	Ихэнхдээ 30 хүртэл	>1:5	энгийн	1:3 < 1:2
	2-хөндлөн	150-300	ижил	>1:5	өөр	ижил

	3-Хүдрийн биетийн талбайн захын хэсгийн анхны ашиглалт	>300	ижил	>1:5	энгийн	ижил
	4-Хүдрийн биетийн талбайн төв хэсгийн ашиглалт	>300	ижил	>1:5	энгийн	ижил
Үүрэн (олон цооногууд)	1-гурвалжин үүр (дөрвөн цооног)	>150	өөр	>1:5	өөр	≤1:1
	2-дөрвөлжин үүр (таван цооног)	>150	өөр	>1:5	өөр	≤1:1
	3-зургаан өнцөгт үүр (долоон цооног)	>150	өөр	>1:5	өөр	≤1:1
	4-зургаан өнцөгт үүр (13 цооногтой, нэг шахах цооног нь давхацсан)	>150	өөр	>1:5	өөр	≤1:1
Хамгаалалт	1-босоо усан тусгаарлалттай	>300			энгийн	янз бүрийн системд ялгаатай
	2-хэвтээ усан тусгаарлалттай	>100	>20			ижил
	3-байгалийн бүс аргаар босоо болон хэвтээ усыг тусгаарласан байдал	дугаар өөр	>10			ижил
Хосолсон					нарийн төвөгтэй	

7.4.2. Босоо шатлалтай системүүд

Энэ бүлгийн гол онцлог шинж чанар бол хүдрийн биетээс хамааран өөр өөр түвшинд олборлох болон шахах цооногуудыг байрлуулах замаар хүдрийн биетийг уусгахад оршино (хүдрийн биетийн доор олборлох цооногуудыг эсрэгээр дээр нь шахах цооногуудыг). Олборлолтын уст давхарга, (ховор эсэргүүцэлтэй) хүдрийн зузааныг бага, хоосон чулуулгийг хамгийн их хэсэгчлэн тогтоосон байдаг. Цооногийн хаалтын зохион байгуулалт нь хүдрийн интервалаас хязгаарласан, хүдэрт хөндлөн урсах ургалыг үүсгэж, хоосон чулуулагт хамгийн багадаа уусмалын 60-70%-ийг нэвтрүүлдэг. Шат дараалан явагдах системүүд нь хүрээлж байгаа чулуулгийг (C_r) маш багасгаж, хүдрийн шингэн нэвтрүүлэх чадвар (C_o)-т их ашигтай. Шат дараалан явагдах цооногийн хамгаалалтын зохион байгуулалт нь хүдрийн биет дундуур уусмалыг (ойролцоогоор 76-80%) урсгаж илүү уусган, процессын хүчин чадлыг их өсгөдөг. Системийн төрлүүдийг Зураг 7.8-д үзүүлэв.



Босоо шатлалтай систем нь дараах давуу талуудтай. Үүнд:

- Ус нэвчилт бага, хүдрийг уусгах үр ашиг илүү;
- Хүдрийн биетийг уусгах хугацаа багасгаж, хүчлийн зарцуулалт буурснаар уусгасан уусмалд ураны концентрац нилээн өндөр;
- Өөр төрлийн хажуугийн цооногуудын гидродинамикийн харилцан үйлчлэл сайжирч, шахах болон олборлох цооногуудын хүчин чадал ихэсдэг.

Зур 7.8. Босоо шаталсан цооногуудын систем (бүлэг болон төлөвлөгөө): а-хосолсон; б-эгнээгээр бэлтгэсэн; 1-шаварлаг хөрс; 2-элс; 3-хүдрийн биет; 4-цооног (хар өнгөөр шүүрийг-хамгаалалт харуулсан).

Гэсэн ч энэ бүлэгт тохирсон элсэн чулууны ордуудаас бусдыг нь байгалийн хүчин зүйлүүдээс шалтгаалан хэрэглэхийг хязгаарласан. Энэ нь хүдрийг барьж байгаа бүсэд үе давхаргад нэгэн ижил нэвтэрдэггүй байдал нь илүү чухал тул уусмалын босоо урсгалыг хязгаарладаг. Хүдрийг барьж байгаа байдал нь илүү нарийн болон хүдэрт давхаргуудыг хязгаарлаж байгаа устай уст давхаргын хил оршиж байвал энэхүү үйл ажиллагаа алдагдалтай буюу ашиг багатай болдог.

7.4.3. Тэгш өнцөгт системүүд

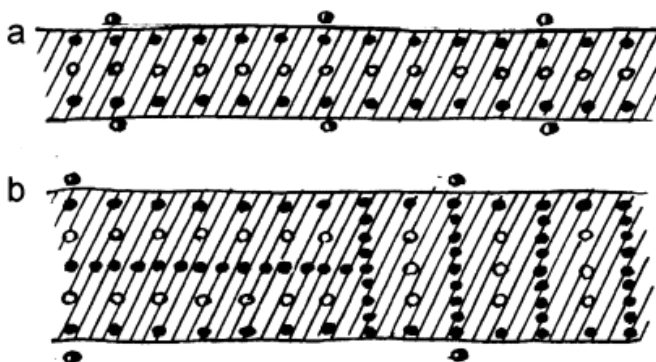
Энэ бүлгийн гол хэсэг бол нэг олборлох болон хоёр шахах цооногуудаас бүрдсэн үүрийн жишээ юм. Энэ нь үнэндээ бүх газрын дор уусгах тоног төхөөрөмжүүдийн загвар нь энгийн, өрөмдлөг болон цооногийн барилга байгууламж, гадна талын багажуудыг зохион байгуулахад хялбар, ураныг олборлох процессын цооногуудад хяналт тавихад хялбар, өргөн хэрэглэгддэг систем юм.

Энэ системийн нэг хязгаарлалт нь бол шахах болон олборлох цооногуудын харьцаа ойролцоогоор 1:1 (гол төлөв хүдрийн биет нилээн том үед) байдаг. Олборлох цооногуудаас хамааран шахах цооногуудын урсгалыг тооцсоноор хугацаатайгаар буурч байгаа системээс ураны гарцыг ерөнхийдөө хаалт хийж үйл ажиллагааны явцыг багасгаж болдог. Шахах цооногийн үелсэн байдал нь хамгаалалт болж химийн тунадас болон хэсэгчилсэн юмсуудыг угааж цэвэрлэн салгахад хэрэгтэй байдаг. Олборлолтын цооногийн шугамын периметрээс хүдрийн биетийн захын хэсгүүд гүний ус руу орж бохирдуулдаг нь энэ системийн гол сул тал юм.

Дараах арга хэмжээнүүдийг авснаар сул талуудыг нь байхгүй болгож болно. Үүнд:

- 50-100 метрийн өргөнтэй харьцангуй нарийн ордуудыг, хажуу дахиасаа 10-20 метрийн зайтай хүдрийн биетийн дотор байрласан цооногийн эгнээнүүдтэй тэгш өнцөгт системийг ашиглан уусгах ёстой;

- 150 метрээс дээш өргөн ордуудыг бол тэгш өнцөгт системийн хөндлөн болон уртаашаа хоёуланг нь ашиглана: өрөмдсөн 2-3 шахах цооногууд байх ёстой ба нэг нь тусдаа захад нь байна. Ингэсний дүнд хүдрийн бүст илүү



уусмалыг уусгаж реагент уусмалыг алдагдал ихэсдэг;

Загваруудын хувилбарыг Хүснэгт 7.3 болон Зураг.7.9-д үзүүлэв.

- Зур.7.9. Дөрвөн талт цооногийн системүүд: а-гурван талт; б-олон эгнээтэй, тууш болон ташуу-хөндлөн.

-
- Шахах цооногуудаас хамааран олборлох цооног цөөтэй (1.5-2 удаа) хөндлөн тэгш өнцөгт зохион байгуулалттай системийг хэрэглэнэ;
 - Өргөн ордуудыг уусгахдаа, төвдөө эсвэл эсрэгээрээ зах хэсгээр чиглэлд байвал шинээр блоклон уусгалтыг оруулсан байх ёстой.

Тэгш өнцөгт гуравдугаар хувилбарын хувьд гол онцлог шинж бол блокуудын дагуу хүдрийн биетийн захуудыг ашиглан уусгах бэлтгэл ажлыг (40-50%-иас доошгүй ураныг олборлох) нэгтгэж, төвийн блокуудыг дагаж уусгадаг. Ингэхдээ дараах зорилгыг тавьдаг. Үүнд:

- Эгнээнүүд дэх шахах нүхүүдэд дээд зэрэглэлийн өрмийн цооног ашиглахаас татгалзах (шахах болон олборлох цооногийн харьцаа 1:2 үед блокыг уусган ураны 40-50 хүртэл хувийг олборлодог);
- Олборлолтын шугамд төв биетийн газрын доорх урсгалын тооцооллыг ашиглан блокийн захыг бүрэн уусган авдаг. Байгалийн гүний уснаас гадна биетийн захаас уусган авсан уусмалыг шахаж гаргах нь уусгалтыг хурдасгадаг;
- Уусгах уусмалыг шингэрүүлэх эсвэл илүү тохиромжтой агуулгатай болгож байж төв биетүүд доогуур уусган авдаг.

Тэгш өнцөгт системийн дөрөвдүгээр хувилбарийн гол үндэс бол хамгийн их боломжит эгнээ хоорондын зайтай урт блокуудын хүдрийн биетийн төв хэсгийг урьдчилан уусгадаг. Уусган авах процесст биетийн захуудыг оролцуулаад биетийн төвөөс 40-50%-ийн нөөцийг олборлож болдог (шахах болон олборлох цооногийн харьцаа 1:2). Энэ хугацаанд төв блокуудын хязгаараас давж уусгах уусмалын эцсийн хүчлийг уусгаж аль хэдийн дууссан байдаг. Захын биетүүдийн эгнээ хоорондын зай нь төв биетүүдтэй хамт тэдгээрийг цуг уусгах уртыг тооцсон байдаг. Энэ нь цооногийн талбайн гадна талаас байгалийн гүний устай уусгах шингэнийг заавал (төлөвлөгөөн дэх хүрээлэн байгаа орчинд хамаарах цэгээс) шахаж гаргах зарчмыг баримталснаар захын биетүүдийн хязгаарт уусмалыг цааш алдах магадлал хамгийн бага байх болон төв биетийг шулуун олборлох замаар бүрэн уусгадаг.

Гурав болон дөрөвдүгээр хувилбаруудын нийтлэг сул тал бол төв болон захын биетүүдийн үйл ажиллагааны дэс дарааллыг сайтар чанга хянаж байх шаардлагатай байдагт оршдог.

7.4.4. Үүр хэлбэрийн системүүд

Энэ бүлгүүдийг өргөн ордуудад ашигладаг (150 метрээс дээш). Шугаман системээс тэс өөр шингэний урсгалыг бүх талаас үүрний төв рүү цуглуулдгаараа ялгагддаг. Энэ нь бүхэлдээ нэгэн төрлийн бус бүтээмжтэй ордын талбайг чухалчлан авч үздэг (хүдрийн ангилал болон чулуулгийн найрлага хоёуланг нь тооцож үзэх). Гурвалжин, тэгш өнцөгт болон зургаан өнцөгт үүрийн хувилбаруудтай бид өмнө танилцсан (Хүснэгт 7.3, Зураг 7.1f). Олборлох болон шахах цооногуудын нягтрал сайн учир системийн гарцыг нэмэгдүүлдэг ба хүдрийг илүү жигд уусгахад хялбар байдгаараа зургаан

өнцөгт систем илүү өргөн ашиглагддаг. Чулуулгийн найрлага болон комплекс хүдрийн биетийн морфологийг ордын нэг талбайд тусад нь авч үзсэнээр үүр хэлбэрийн системүүд операторын удирдлагаар тусгай концентрацитай реагент уусмалыг үүр рүү шахдаг.

7.4.5. Хашлагат систем

Ордуудын хүдрийн ашиглалтын үед хүдрийг барьж байгаа уст давхаргыг босоо болон хажуу талаас уусгах уусмалаас хамгаалан хязгаарлах нь маш чухал. Үүнийг хийснээр байгаль орчны хамгаалалтыг зохицуулахаас гадна цооногийн хоосон чулуулгуудыг боловсруулахад зарцуулах, уусгах реагентын зарцуулалтыг багасгадаг. Зөвхөн уст давхарга бага хэмжээгээр гол төлөв хүдрээс бүрдсэн ихэвчлэн босоо чиглэлд ашиглах газар, гүний усаар уусгах шингэнийг шингэрүүлснээр реагентын зарцуулалтыг багасгадаг. Цооногуудад хийх торыг зузаатгах болон хүдрийн интервалд хэсэгчлэн хязгаарлаж, цооногуудад хаалт тавих нь аюултай нөлөөтэй байж болно. Уусгах шингэний алдагдалтай хамааралтайгаар хэвтээ чиглэлд бол зардлыг чухалчлах ба хүдрийн ордууд нь ихэвчлэн өргөн, цооногуудын периметр их чухал ч талбай дахь цооногийн тоонуудтай харьцуулахад их биш юм. Хэрвээ алдагдсан бол төрөл бүрийн тусгаарлах багаж төхөөрөмж (гидравлик болон механикийн) ашиглан босоо эсвэл хэвтээ чиглэлд шингэний урсгалыг хязгаарлах нь маш чухал.

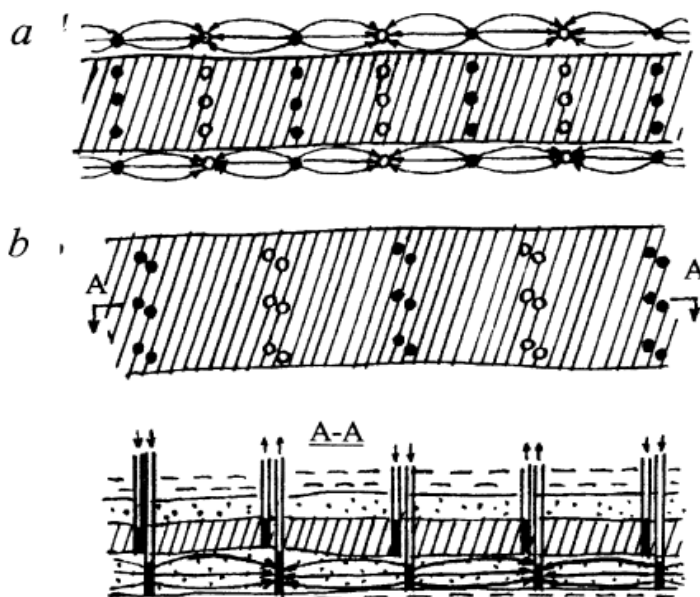
Механик тусгаарлалтаар хаасан зохион байгуулалт гэдэг нь өрөмдсөн нүхний хоосон чулуулаг руу тусгай материалуудыг нэвтрүүлэх замаар аажмаар бөглөдөг (цемент, шингэн шил, битум гэх мэт). Ийм хэлбэрийн зохиомол хаалт нь чулуулагт нэвтрүүлдэггүй (эсвэл маш бага нэвтрүүлдэг). Тухайн чулуулгийн интервал дахь суурилуулалт нь нарийн төвөгтэй, хүдрийн бүсээс тэдгээрийг алдах магадлалтай учир элсэн чулууны ордууд дахь механик босоо тусгаарлалтын хэрэглээ нь хязгаарлагдмал байдаг. Механик хэвтээ тусгаарлалтыг одоогоор хаана ч зохион бүтээж ашигладаггүй, тиймээс түүний үр нөлөө, хэрэглээ нь батлагдаагүй байдаг.

Иймээс гидравлик тусгаарлалтыг (усны хаалт) гол төлөв ГДУО үйл ажиллагаанд хэрэглэдэг. Энэ нь байгалийн түр зуурын гол онцлог байршил юм. Хэрвээ усны хаалтыг зогсоосон эсвэл нурсан бол тусгаарлалтын нөлөө хурдан тархдаг.

Түүнчлэн хашаалсан системд гидравлик тэнцвэрийг чанга хянаж байх ёстой. Энэ нь түүний гол сул тал бөгөөд ийм үйлдвэрлэлийн хэрэглээг хязгаарлах шалтгаан болдог.

Хүдрийн биетийн захын гаднах цооногийн үйл ажиллагааны тохиромжтой шулууныг хязгаарлах үед ганц шахах болон олборлох цооногуудыг өрөмдсөн усан тусгаарлалтыг жишээн дээрээс сайн харж болно. Энэ нь зэргэлдээх газрын доорх уурхай руу, түүнчлэн голууд руу уусмалыг алдахаас урьдчилан сэргийлэх журмаар шахах цооногуудыг хашаалан ганц шугамаар

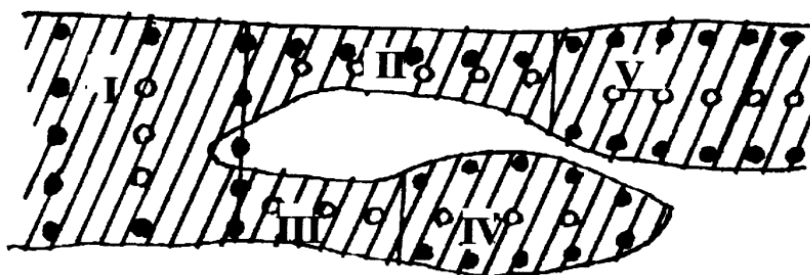
өрөмддөгийг харж болно. Доорх жишээн дээр уусмалын урсгалыг босоо усан тусгаарлалтаар доод талаас нь хязгаарлаж байгааг Зураг 7.10-т үзүүлсэн.



Зур.7.10. Цооногийн хамгаалалтын системүүд: а–хүдрийн биетийн гадна талд (хэвтээ тусгаарлалт); б–үйл явцын дотор талд хосолсон (босоо урсгалыг саатуулахаар).

7.4.6. Хослосон системүүд

Энэ системийг хэсэгчилсэн болон төлөвлөгөөт нийлмэл хэлбэрийн хүдрийн биетүүдийг ашиглахад хэрэглэдэг. Цооногуудын усны судал нэг жигд биш учир хүдрүүд болон чулуулгийг хашлагаар хашиж, хэвтээ болон босоо чиглэлд хүдрийн биетийн байрлалаас хамаарч дээр дурдсан системүүдыг хослуулдаг. Хослосон системийн жишээг зураг.7.11-д үзүүлсэн.



Зур. 7.11. Хосломол бүдүүвч. Ромбо тоогоор – блокын дугаарууд.

Энэ системийн гол давуу тал нь хүдрийн биет болон хүдрийг барьж байгаа байдлын онцлог шинж чанарын дагуу цооногуудыг хэрэглэж, хамгийн сайн цогц зохион байгуулалттай схемийг ашиглаж чаддаг. Системийн бүх процессууд нь давуу болон сул талаасаа шалтгаалан өөр өөр схемээс бүрддэг.

7.5. ГДУО загварчлалын үе шатууд [1, 2]

Газар дор уусгах аргаар элсэн чулууны ордуудыг уусгахад цооногийн талбайн шинж чанараас гадна процессын загварыг тооцоонд оруулсан байх ёстой. Үүнийг хоёр үе шатанд хувааж болно.

Нэгдүгээр үе шатанд геологийн хайгуулын явцад хүдрийн биетийг тооцоолсон өгөгдлийг ашиглан дараах асуудлуудыг авч үзсэн байх ёстой. Үүнд:

- Ганц хэлбэрийн буюу нэгэн төрлийн цооногийн талбайд ашиглалтын системийг сонгох (цооногийн талбайг ашиглалтад оруулах дэс дараалал багтдаг);

- 3-4 хувилбарын боломжийг судалсны үндсэн дээр, цооногийн загваруудын үйлчлэх зай болон хэмжээг тогтоох (шугам болон зайг).

Хоёрдугаар үе шат нь цооногийн загваруудаас хамааран өрөмдөх болон хүдрийн биетүүдийн үе давхарга үүсгэсэн төлөв байдлыг геологийн болон гидрогеологийн нэмэлт мэдээллээр авч талбай болон блокуудад тус тусын загваруудын сайн талыг анхааран үзэж тогтоосон байх ёстой. Эдгээрт шахах болон олборлох цооногуудын байрлал, тухайн загварыг боловсруулах хугацаа, үйлдвэрлэлийн загварын хэмжээ зэрэг багтдаг.

Ашиглалт болон хүчилшилтэд сонгосон загварын гүйцэтгэл нь одоо явагдаж байгаа хяналтад багтах ёстой ба цаашид үйл ажиллагаа нь ажилбарын явцад нөлөөлдөг. Энэ дэс дараалалтай загварчлал нь хүдрийн биетийг илүү ашигтай, тохиромжтой уусгадаг.

7 ДУГААР БҮЛЭГТ АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ, НОМ ЗҮЙ

- [1] Working of Uranium by ISL. Under editorship of V.A. Mamilov. M. Atomizdat, (1980).
- [2] Complexes for Underground Leaching, O.L. Kedrovski, I.G. Abdulmanov, M.I. Fazlullin, A.F. Mosev et al., Ets), M.: Nedra (1992).
- [3] LUTSENKO, I.K., BELTSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., No-mine Working of Ore Deposits M. Nedra (1986).
- [4] MASKAT, M., Flow of Uniform Liquids in Porous Medium, .L., Gostoptekhizdat (1949).

БҮЛЭГ 8. УУСМАЛ БЭЛТГЭХ ТЕХНОЛОГИ

8.1. Үйлдвэрлэлийн уусмалын химийн найрлага

Газрын дор уусган олборлосон үйлдвэрлэлийн уусмал нь бутлах технологи хэрэглэхгүйгээр шууд шингэн фазад шилжүүлэх ба дараах байдлаар тодоорхойлогддог:

- Харьцангуй ядуу агуулгатай ураныг гүний өөр өөр урсгалын шугамын урттай хоёр эсвэл гурав замаар болон хүдрийг барьж байгаа үндсэн чулуулгийн үелэн давхарласан байдалтай байхад уусмалыг шингэрүүлэх ажиллагаа явагдаж эхэлж болно;

- Ихэнхи химийн нэгдлүүд нарийн ажиллагаатай байдаг тул ялангуяа давсуудыг зайлуулахгүйгээр уусмалыг эргүүлэн хүхрийн хүчлийг бүрэнуусгана.

Уламжлалт технологид уусгагч болон бусад эрдсүүдийн үндсэн бүтэц болон ураны хоорондох химийн харилцан үйлчлэлээр уусмалын үндсэн найрлагууд тогтоогддог. Цикл тус бүрийн TDS агуулга нэмэгддэг. Ион-солилцлын процесст задлах төлөөлөгчөөс хамааран нэмэлт анионыг уусмалаар дахин циклэд өгнө. TDS агуулга үргэжлэн нэмэгдэх нь давирхайд ураны агуулгын бүтээмж болон цаашид гүний усыг цэвэрлэгээнд нөлөөлдөг. Ингэснээр давирхайгаас ураныг салгах процессийг олборлох урвалж руу ижил угаалтаар тооцоолон гаргана. Уусган авсан хүхрийн хүчлийг боловсруулан, ураныг угааж авахад эргүүлэн хүхрийн хүчлийн уусмалыг ашиглах нь сайн талтай. Нитрат болон хлоридоор угааж авдаг ч энэ нь дахин ашиглах боломжгүй ба байгаль орчинд илүү их бохирдолтыг үүсгэдэг. Ураныг салгаж авсны дараа сульфат руу давирхайг сэлбэн оруулахад илүү их ажиллагааны зардал орохгүй давуу талтай. Шингээн-салгах процессоос уусмалын эзлэхүүнийг тогтмолжуулах хэмжээ нь маш амархан олборлох процесст зарцуулагддаг.

Байгаль дээрх хүдрийн харилцан үйлчлэлцэл болон хүхрийн хүчлийн агуулга олборлох уусмалын давсны найрлагаас хамаардаг. Хүхрийн хүчлийн уусмалын өөр өөр найрлагын агуулгыг дэлгэрэнгүй үзүүлэв (Хүснэгт 8.1). Богино шат дамжлагууд ашиглалтад орсны дараа ихэнх нөөцийн хэмжээ тогтмолжуулахад уусмалын найрлага ихэнхдээ баяжигддаг ба энэ нь тогтмолжуулан салгахад их чухал. Гэхдээ бидний мэдэх элсэн ордны ГДУО төслийн зарим ховор жишээнд ажиллаж байх үедээ бохирдолтын найрлага (TDS агуулга 50-70 г/л ээс дээш) нэмэгдсэн ба давсыг тодоорхой цаг хугацааны дараа циклээс зайлуулдаг байсан.

Хүхрийн хүчлээр олборлож авсны дараа олборлох уусмалын химийн найрлага ихэвчлэн 10-15 -аас 20-25 г/л болж өөрчлөгддөг

Уусмалын нийт цацраг идэвхийн агуулга $5 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-10}$ кюри/дм³ мужид өөрчлөгдөж болно.

Хүснэгт 8.1. Гдуо-ны дараах сэргээх уусмалын Найрлагын дундаж агуулга, г/дм³

Бодис	Агуулга	Бодис	Агуулга
Уран	0.015-0.1	<i>P</i>	0.02-0.15
H_2SO_4	1-7	SiO_2	0.01-0.5
<i>pH</i>	1.2-2	Давснууд	0.01-0.2
Fe^{2+}	0.2-1.5	<i>Ti</i>	0.0002-0.005
Fe^{3+}	0.15-0.9	<i>Mn</i>	0.0001-0.02
<i>Ca</i>	0.3-0.6	<i>Zn</i>	0.001-0.02
<i>Mg</i>	0.3-1.6	<i>Pb</i>	0.000006-0.00001
<i>Al</i>	0.3-2.5	<i>Ni</i>	0.00001-0.015
SO_4^{2-}	10-25	<i>Sr</i>	0.00006-0.0002
NO_3^-	0.06-0.6	<i>Cu</i>	0.00003-0.005
Cl^-	0.2-1.7	<i>As</i>	0.00005

8.2. Үйлдвэрлэлийн уусмалыг шүүх

Шингээж авах үе шатнаас өмнө олборлох уусмалаас хатуу суспензуудыг салгана. Нийт суспензэн давсны хатуу үлдэгдлийн хэмжээ (TSS) ихэнхдээ 50-200 мг/дм³ хооронд байна гэхдээ анх ажиллах шат болон шинэ блокны ажиллагаа руу шилжихэд TSS хэмжээ 0.5-1.0 г/дм³ болж нэмэгддэг. Үндсэн нөхцөлөөс хамааран (үйлдвэрлэлийн түвшин, тунадасжуулалтын хүчин чадал гэх мэт) 2.000-10.000 м³ эзлэхүүнтэй тунадасжуулах санд салгах ажиллагааг явуулна. Цэвэрлэгээний зэрэг нь шингээн авах болон салган авах тоног төхөөрөмжийн технологийн төлөвлөгөөний загвар буюу давирхайн үе давхаргын урсгалын даралтад багануудын тогтмол үе давхаргад шаардлагатай нарийн цэвэрлэгээгээр илэрхийлэгддэг. Иймээс ихэвчлэн элсэн шүүлтүүр, мөн заримдаа бортого хэлбэрийн, даралтат эсвэл нүүрстөрөгчийн шүүлтүүрийг ашигладаг. Томсгосон эсвэл шахсан шингээж авах үе давхаргыг уусмалаар угаасан байх ёстой. Учир нь цооногууд нь аажмаар бөглөрөн шахах цикл рүү халсан давсаар тэжээгддэг. Шаардлагатай цэвэрлэгээний зэрэг нь урсгалын үзүүлэлтийн ач холбогдолтой үйл ажиллагааг бууруулахгүйгээр суспензен давсыг цэвэрлэх явцыг тэсвэрлэж чадах шахах цооногийн чадвараас хамаардаг.

Түүнчлэн шингээж авсны дараа уусмалд давирхайн жижиг хэсгүүд болон давсаар бохирдсон чулуулгийн хэсгүүд үзэгддэг. Тийм шингэнийг газрын гүн рүү эргүүлэн шахахаас өмнө шүүж салгасан байх ёстой.

Суспензен давсуудыг зайлуулан цуглуулагчийг нэмж өгдөг. Боловсруулсан уусмалтай гол дамжуулах хоолой руу байгалийн бус зохиомол полиакрил амины (Сеперан хэлбэрийн) цуглуулагчийг өгдөг. Энэ нь нарийн тархсан шаварлаг хэсгүүдэд тодоорхой ашигтай болдог. Уусмалын 1м^3 тутамд 20-50 граммыг хэрэглэснээр тунадасжуулалтын хугацааг 2-4 дахин бууруулж, халсан давсны агуулга 2-10 мг/дм³ болдог.

8.3. Олборлох уусмал дахь ураны ионы хэлбэр

Ураны эрдсүүдийн дөрвөн валенттай нэгдлүүдийг хольцтой хүхрийн хүчлээр уусган авахад зургаан валенттай хэлбэртэй болтлоо исэлддэг. Урьдчилан тооцоолсон лигандуудын орон зайн байршилд ус болон хүчлийн комплексүүдийн холбогдсон тоогоор уусмалаас ураныг гарган авах үр ашгийг урьдчилан таамагаар тооцоолдог. Ураны зургаан валентат олон төрлийн комплекс ионуудын бүтцийг физик болон химийн аргаар тодоорхойлдог. Хүхрийн хүчлийн орчинд ионуудын бүтцийн тогтмолуудыг уранилын катионуудад $C_1=5.0-6.5$, уранил сульфатын саармаг молекулд $C_2=50-96$, уранил дисульфатын анионд $C_3=350-900$, уранил трисульфатын анионд $C_4=2500$ байдгийг өөр өөр аргуудыг ашиглан тооцоолж олдог.

Сульфатын уусмал дахь ураны комплекс ион болон **дээжний** хоорондын харьцаа H_2SO_4 , SO_4^{2-} болон U -ны концентрациас хамаардаг. Ионы хэлбэрүүд динамик тэнцвэрийн хооронд шингээсэн ионы тэнцвэрийн зүг шилжсэнээр ураны хэлбэрүүдийг анион болон катионы давирхай хоёулангаар нь ураныг авах боломжтой болдог. Уусмалын рН-ийн утга 2.5-аас дээш үед, ураны ионууд тодоорхой полимержилтэд орж $U_2O_5(SO_4)_3$ хэлбэрийн уранил сульфатын комплекс үүсгэж, ачаалсан давирхайн хэмжээг мэдэгдэхүйцээр нэмэгдүүлдэг.

Хүхрийн хүчлээр ГДУО үед хүдрийн агуулга дахь дөрвөн валенттай уран нь төмрийн ионоор исэлддэг. Хэрвээ уусгахдаа өндөр концентрацитай хүчил хийх болвол төмрийн ион хэрэгцээгүй болж, редоксын потенциал ихсэж газрын доорх болон гадаргуугын тоног төхөөрөмжийн хоорондох цикл бүр нь урьдчилан бэлтгэсэнээр уусмалыг дахин сэлбэх болон хүчиллэгжүүлдэг. Ингэснээр исэлдлүүлэгчгүйгээр уусган авсан уусмалын комплексийн найрлага үүсдэг.

ГДУО уусмал дахь ураны агуулга маш бага бол ашиг багатай байдаг тул шууд тунадасжуулдаг дараа нь олборлосон уусмалыг рН=7-8 үед аммониар саармагжуулахад уусмалд ердөө 2-4%-ийн уран агуулагддаг. Уусмал дахь ураны концентрацийн агуулга бага бол шингэрүүлэгч болон хандлагчийн үнэ өртөг өндөр байдаг учир уусгагчаар хандлах нь тохиромжгүй, ашиггүй байдаг. Түүнчлэн органик фазуудтай харилцан үйлчилснээр хоосон уусмал дахь бүх органик нэгдлүүдийг бүрэн цэвэрлэж зайлуулах шаардлагатай болдог ба зайлуулаагүй тохиолдолд шахах цооногуудын ойролцоох хүдрийн бүсийг бөглөдөг.

Өнөөгийн практик эргэлтийн үед ГДУО бага агуулгатай уусмалаас ураныг тогтвортой сэргээж авахдаа суурь анионы давирхайд маш хүчтэй шингээгддэг. Энэ шингээгч нь ихэвчлэн стирол/дивинил бензол эсвэл винилпиридин/дивинил бензолын кополимер хэлбэрийн зохиомол сүвэрхэг эсвэл гель хэлбэртэй байдаг. Техникийн давирхайнуудын шинж чанар болон худалдааны тэмдэгийг Хүснэгт 8.2-т үзүүлэв.

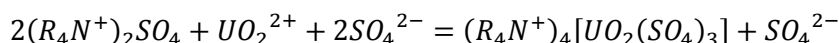
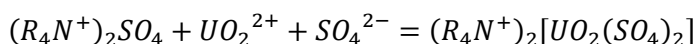
Техникийн анионы давирхайг ихэвчлэн Cl (хлор) хэлбэрээр гарган авдаг. Уусмалыг хүхрийн хүчлийн олборлох уусмал боловсруулалтын процесст давирхай дотор SO_4^{2-} хэлбэрт хувирдаг. Анионы давирхайнууд ГДУО нөхцөлд анионы комплекс хэлбэрт шилждэггүй судлын хольцууд болох төмөр, хөнгөнцагаан, кальци, магни зэргийг шингээж авдаггүй ашигтай шинж чанаруудтай.

Судлын хольцын хажуугаар урантай холбоотой үнэт элементүүд болох молибден, рени, сканди, иттри болон газрын ховор элементүүд олборлох уусмалын хамт гарч ирдэг.

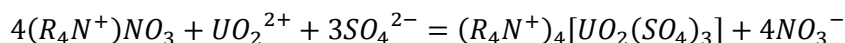
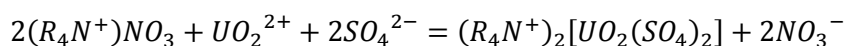
Молибден болон рени нь уусмалд ихэвчлэн хүчлийн анионууд болох MoO_4^- , ReO_4^- , сканди, иттри болон газрын ховор элементүүд нь гурван валенттай катион хэлбэрт - Sc^{3+} , Y^{3+} , Re^{3+} , ванади нь ванадивын катион VO_2^+ болон мета-ванадатын анион VO_3^- хэлбэрт оршдог.

8.4. Ураныг шингээх

Олборлох уусмалаас хүчтэй суурьлаг анионы давирхайд ураныг шингээх ион- солилцол болон комплекс үүсгэх тэгшитгэлүүдээр тодоорхойлогдоно:



Анионит нь сульфат хэлбэрт шилжээгүй бол (нитрат):



Ион солилцлын процесс нь нэг нэгнийхээ хэмжээ болон хугацаанаас хамаарч дараах хэд хэдэн бие даасан үе шатуудад хуваагддаг. Үүнд:

- шингээгдсэн ионы интерпес (захын үе давхарга) хальс нэвчих
- түүний давирхайн гадаргуугаас ямар ч эзлэхүүнээр гүн лүү тархах үзэгдэл
- идэвхтэй бүс дэх ион солилцлын болон шингээлтэй харилцан үйлчлэл
- Солилцох бүсээс гадаргуу руу чиглэсэн солилцсон ион тархалт
- Интерпесхальсаараа хоосон уусмал руу шилжих солилцсон ионы нэвчилт

Ядуу урантай ГДУО аргаар олборлох уусмалаас ураныг шингээж авахад процессыг хянахын тулд захын үе давхаргаар нэвчих үзэгдэл хэрэглэгддэг.

0.01н эсвэл доошконцентрацийн агуулгатай уусмалуудад тэр процессын хурдыг захын үе давхаргын нэвчилт нь хязгаарладаг болох нь нотлогдсон. Шингээгч төхөөрөмжийг сонгохдоо чухалчилж үзэх гол зүйл нь гидродинамикийг гүйцэтгэлийг эрчимжүүлэхийн тулд захын үе давхаргуудыг бууруулах ихэвчлэн 0.01-0.001 см чадамж юм.

Ураныг шингээж авахад гарах өөрчлөлтүүд нь тухайн уусмал дах ураны агуулга ба хүхрийн хүчил, гурван валенттай төмрийн ионууд, сульфат, нитрат болон хлорид ионуудын шингээлтийг бууруулж буй ионууд байгаа эсэхээс хамаардаг. Хүчтэй болон сул шүлтлэг анионы давирхайн бага агуулга (1-25 мг/дм³)-ын мужийн ураны түгэлтийн коэффициент C_d нь их агуулгатай (0.1-1.0 г/дм³) мужаас далайцын хувьд өндөр байдгыг зураг.8.3-т харуулав.

Ураны амберлит IRA-400 ын нэвчилтийн хамаарал нь адилхан болох нь ажиглагдсан (Хүснэгт 8.4). Ялангуяа хүчтэй шүлтлэг анионы давирхай тохиолдолд бүтээгдэхүүн уусмал дахь (рН=1.5–1.8-аас дээш) хүчлийн агуулга нэмэгдэхийн бол шингээлтийн параметруудийг бууруулдаг (Хүснэгт 8.5).

Хүснэгт 8.2. Уусмалаас ураныг салгахад хэрэглэх анионы давирхайн хэрэглээ

Дотоод мэдээллүүд	Анионитын худалдааны тэмдэглэгээ									
	Амберлит	Довекс	Диолит	Ионак	Пермутит	Вофатит				
	IRA-400	21K	A1001D	A-580	S-700	SBT	AMP	AM-p	VP-1Ap	VP-1p
Идэвхтэй бүлгүүд	$N(CH_3)_3$	$N(CH_3)_3$	$N(CH_3)_3$	$N(CH_3)_3$	$N(CH_3)_3$ $N(CH_2)_2$ C_2H_4OH	$N(CH_3)_3$	C_5H_5N	$N(CH_3)_3$	C_5H_5N	C_5H_5N
Бодит талбай, м ²	-	-	-	-	-	-	-	20	10	14-20
Нэрсэн усаар хөөсөн давирхайн бодит эзлэхүүн, см ³ /г	3.0	3.5	3.0	3.3	2.8-3.6	2.7	3.3	3.0	3.5	4.0
Cl ⁻ ионы нийт солилцлын багтаамж, мг.экв/г	4.2	4.5	4.2	4.3	3.5-3.7	3.0	3.1	3.0	4.3	4.8
мг.экв/см ³	1.4	1.3	1.4	1.33	1.0-1.25	1.1	0.95	1.0	1.23	1.2
Механик чадвар, %	байхгүй	98.5	50-60	байхгүй	байхгүй	96	95	95	90	95
Ширхэглэлийн хэмжээ, мм	0.3-1.2	0.3-1.2	0.3-1.2	0.3-1.2	0.3-1.2	0.63-1.2	0.63-1.6	0.63-1.6	0.63-1.6	0.63-1.6

Хүснэгт 8.3. Олборлох уусмалаас анионы давирхайд шингээгдэж буй ураны түгэлтийн коэффициент

C _d уусмал дахь ураны концентраци, мг/дм ³					
Анионы давирхай	1	10	25	100	1000
AMP	3.2*10 ³	1.7*10 ³	1.3*10 ³	6.7*10 ²	1.6*10 ²
VP-1p	9.1*10 ²	6.6*10 ²	6*10 ²	5*10 ²	6.9*10 ²

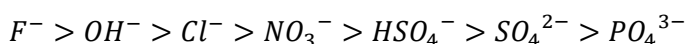
Хүснэгт 8.4. Янз бүрийн уран агуулсан уусмалд хэрэглэдэг амберлит ига-400 давирхайн нэвчилт.

Параметр	Сорьцын дугаар						
	1	2	3	4	5	6	7
U ₃ O ₈ -аар уусмалыг тэнцүүлэн тооцсон ураны концентраци, г/дм ³	0.005	0.01	0.02	0.05	0.15	0.40	0.80
U ₃ O ₈ -аар ураныг тооцсон цэнэглэсэн давирхайн багтаамж, г/дм ³	1.2	2.0	3.0	6.0	14	31	48-50
Ураны хувиарлалтын коэффициент	240	200	160	120	93	77	64

Хүснэгт 8.5. Хүхрийн хүчлийн уусмалаас ураныг шингээж авахад хүхрийн хүчлийн концентрацийн нөлөө.

Анионы давирхай	C _d уран, уусмалын хүчиллэг чанараас хамаарсан			
	pH=1.8	5 г/дм ³ H ₂ SO ₄	10 г/дм ³ H ₂ SO ₄	20 г/дм ³ H ₂ SO ₄
50 мг/дм ³ уусмал дахь ураны концентраци				
AMP	7.8*10 ²	7.35*10 ²	4.5*10 ²	2.0*10 ²
AP-1p	3.4*10 ²	3.1*10 ²	2.3*10 ²	1.6*10 ²
5 мг/дм ³ уусмал дахь ураны концентраци				
AMP	3.3*10 ³	1.6*10 ³	1.1*10 ³	2.6*10 ²
AP-1p	5.5*10 ²	5.1*10 ²	4.6*10 ²	2.6*10 ²

Анионы шингээж авахад зарим анионуудын нөлөө буурдаг болох нь доорх бүлгийн анионы давирхай, тэдгээрийн ижил төсөөтэй байдлаар тайлбарлагдсан:



Түүнчлэн ураныг шингээж авах тархалтын коэффициентууд нь дараах анионуудын хувьд тоо хэмжээ нь бага бол маш бага болдог (8.6, 8.7, 8.8 хүснэгтүүд). Сөрөг нөлөө ураны концентраци бага мужид илүү чухал байдаг.

Хүснэгт 8.6. Ph=1.8 үед хүхрийн хүчлийн уусмалаас ураныг шингээж авахад сульфат ионы концентрацийн нөлөө.

Анионы давирхай	SO_4^{2-} концентрацитай уусмал дахь ураны тархалтын коэффициент, г/дм ³				
	5	25	50	75	100
50 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	$1.0 \cdot 10^3$	$8.8 \cdot 10^2$	$7.5 \cdot 10^2$	$5.6 \cdot 10^2$	$5.2 \cdot 10^2$
AP-1p	$7.7 \cdot 10^2$	$4.7 \cdot 10^2$	$3.3 \cdot 10^2$	$2.4 \cdot 10^2$	$1.8 \cdot 10^2$
5 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	$2.8 \cdot 10^3$	$2.1 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^3$	$8.6 \cdot 10^2$
AP-1p	$1.63 \cdot 10^3$	$8.4 \cdot 10^2$	$5.6 \cdot 10^2$	$3.8 \cdot 10^2$	$3.1 \cdot 10^2$

Хүснэгт 8.7. Ph=1.8 үед хүхрийн хүчлийн уусмалаас ураныг шингээж авахад нитрат ионы концентрацийн нөлөө.

Анионы давирхай	NO_3^{-} концентрацитай уусмал дахь ураны тархалтын коэффициент, г/дм ³				
	0	0.25	0.5	1.0	3.0
50 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	$7.4 \cdot 10^2$	$5.8 \cdot 10^2$	$5.1 \cdot 10^2$	$4.2 \cdot 10^2$	$3.5 \cdot 10^2$
AP-1p	$3.3 \cdot 10^2$	$2.75 \cdot 10^2$	$2.5 \cdot 10^2$	$3.1 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^2$

5 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	1.5*10 ³	1.2*10 ³	8.6*10 ²	6.4*10 ²	4.3*10 ²
AP-1p	6.1*10 ²	4.6*10 ²	3.7*10 ²	2.3*10 ²	1.7*10 ²

Хүснэгт 8.8. Ph=1.8 үед хүхрийн хүчлийн уусмалаас ураныг шингээж авахад Cl⁻ ионы концентрацийн нөлөө.

Анионы давирхай	Cl ⁻ концентрацитай уусмал дахь ураны тархалтын коэффициент, г/дм ³				
	0	0.5	1.0	3.0	6.0
50 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	7.4*10 ²	6.6*10 ²	6.5*10 ²	4.9*10 ²	3.6*10 ²
AP-1p	3.3*10 ²	3.0*10 ²	3.1*10 ²	2.4*10 ²	2.0*10 ²
5 мг/дм ³ урантай уусмал дахь ураны концентраци					
AMP	1.5*10 ³	1.5*10 ³	1.46*10 ³	1.0*10 ³	7.9*10 ²
AP-1p	6.1*10 ²	6.0*10 ²	5.8*10 ²	4.9*10 ²	3.2*10 ²

Хүснэгт 8.9. Хүхрийн хүчлийн уусмалаас ураныг шингээж авахад Fe³⁺ концентрацийн нөлөө (ph=8, ураны агуулга 50 мг/дм³).

Анионы давирхай	Fe ³⁺ концентрацитай уусмал дахь ураны тархалтын коэффициент, г/дм ³				
	0	0.5	1.0	5.0	10.0
AMP	7.4*10 ²	7.0*10 ²	6.8*10 ²	4.3*10 ²	2.7*10 ²
AP-1p	3.3*10 ²	3.0*10 ²	3.0*10 ²	2.9*10 ²	2.7*10 ²

Гурван валенттай төмөр нь сульфат ион болон бага агуулгатай хүхрийн хүчлийн уусмалд тогтворгүй анионы комплекс хэлбэрт шилждэг ба мөн ураны шингээлт явцад сөрөг нөлөө үзүүлдэг(хүснэгт 8.9).

Дээр дурдсан анионы давирхайнууд бага агуулгатай ураныг олборлоход адсорцын изотерм ($C_{ex} = ca.l$)-ийг үзүүлдэг. Энэ адсорцын процесс нь ураны агуулга багатай үед үр дүн сайтай. Барен уусмалд анхны ураны агуулгын хэмжээ хэрхэн давирхайг угааж гаргаснаас хамаарна. 1-2 мг/дм³ бага агуулга гэдэг бол зөвхөн угаалт маш сайн байх юм.

Нимгэн үе давхаргын тээвэрлэлтийн түгэлтийн коэффициент нь ($C_o - C_e$) нь dC_t/dt гэсэн хамаарлыг байгуулснаар хялбархан олж авдаг. Энд C_t - адсорцийн ионын хамт давирхайг авч байгаа үеийн утга, C_e - молиор илэрхийлэгдсэн тэнцвэрийн концентраци, C_o - молиор илэрхийлэгдсэн анхны концентраци.

Анионлог давирхайнуудыг наалдуулах үед уранилын сульфатын комплекс ионууд нь уусмалаас нимгэн үе давхаргуудаар тархдаг. Амберлит IRA-400 анионы давирхайг 5%-ийн магнийн сульфат болон 1 г/дм³ U₃O₈ агуулсан уусмалаас эдгээр ионуудыг кинетикүүдийг тодоорхойлох судалгаанд ашигладаг. Уранил сульфатын ионыг бүрэн шингээж авахад pH=3.6 үед 500 минут үргэлжилдэг бол pH=1.86 үед 100 минутад бүрэн шингэдэг байна. pH=4.4-4.9 үед уранилын трисульфатын димерыг шингээж авахад сүвэрхэг бүтэцтэй анионы давирхайд ионуудыг сайн шингээхийн тулд орон зайн саад тотгороос болж 10,000 минут шаардлагатай болдог. Практикт бол уусган авсан хүхрийн хүчлийн уусмал болон анионы давирхайн харилцан үйлчлэлцэх хугацаа буюу шингээж авах үе шат 6-8 цаг болдог. Үнэндээ бол ион солилцлын замаар ураныг олборлоход үйлдвэрлэлийн уусмалд ураны агуулгын өргөн (10-15 мг/дм³- аас 1-2 г/дм³) мужид болон судлын бүтцийн өөрчлөгдөж болохуйц найрлага гэсэн хоёр хүчин зүйлийг авч үздэг.

8.5. Ион солилцох аргыг ашиглан уусмалыг боловсруулах динамикууд

Уусмалын адсорбцын хамгийн чухал индекс бол адсорбцын хамгийн өндөр зэрэг дэх бүрэн уран олборлолтын үе юм. Энэ нь нэг болон олон шаттайгаар өөр хоорондоо буюу бүлэг ижил уусмалд харилцан үйлчлэлцэх болон төрөл бүрийн анионы давирхайн хэсэгт хүрч очиход хэрэгтэй. Ингэснээр уусмалд шингэсэн бүрэлдэхүүний концентрацийг аажмаар багасгадаг. Уусмал дахь адсорбцын найрлагын агуулга буурдаг.

Баганад уусамал давирхайгаар өнгөрөхөд ураны агуулга шууд буурдаг. Давирхайн үе давхаргын хэсэгт анхны хэмжээний агуулгын дуслууд үлдэгдлийн агуулгаар дамжиж байгаа хэсгийг Z_o - ашиглалтад орсон үе давхаргыг урт гэж нэрлэнэ. Математикийн тодоорхойлолтоор ажиллах үед орсон үе давхаргыг Фик болон Нернстийн тэгшитгэлээс гарган авдаг ба доорх ерөнхий томъёогоор үзүүлэв:

$$Z_o = \frac{W}{\beta} * \ln \frac{C_o - C_r}{C_r * C_f} = \frac{\delta * W}{D - F} * \ln \frac{C_o - C_f}{C_r - C_f}$$

W = Уусмал хурдны тооцоо;

$\beta = D.F/\delta$ -тай тэнцүү шингээж авах кинетик коэффициент;

D = Анионы давирхай дахь тархалтын коэффициент;

F = Адсорбц буюу анионы давирхайн жижиг хэсгийн нийт талбай;

C_o, C_r = Анхны болон үлдэгдэл дэх ашигт бүрэлдэхүүний концентраци;

C_f = Нимгэн давхаргын хил дахь үнэт бүрэлдэхүүнийн концентраци;

δ = Нимгэн давхаргын зузаан, мм;

Хэрвээ нимгэн үе давхаргын түгэлтийн адсорбцлогдсон ионуудын дотор эсвэл адсорбц хальсаас илүү хурдан явагддаг. Иймээс ГДУО үйлдвэрлэлийн уусмалыг адсорбцын шингэрүүлэлтийн нөхцөлд дараах хялбаршуулсан томьёогоор тооцдог:

$$Z_o = (\delta W / DF) * \ln(C_o / C_r)$$

Ажиллуулах үеийн эсвэл адсорбцын өмнөх дээрх хэлбэршилтэд нэгэн зэрэг салган тусгаарлах процесс явагдана. Бүрэн тоноглогдсон үе давхаргын өндрийн хэмжээ хэт өндөр үедтоног төхөөрөмжийн урт хугацааны ажиллагааны циклийг илүү хялбаршуулдаг. Иймд ажиллаж буй хэсгийн урт Z нь ажиллагаа явуулах үе давхаргын урт Z_o ба адсорбцын өндөр h -аас бүрддэг:

$$Z = Z_o + h$$

Энэ тохиолдолд дан ганц наалдуулсан анионы давирхайн үр ашгийг дараах байдлаар тодоорхойлдог:

$$\eta = \frac{Z - h}{Z}$$

Хамгийн өндөр үр ашиг нь тасралтгүй ажиллагааны үед олддог.

Давирхайн үе давхарга дахь үр ашиг нь онолын хувьд тухайн үе давхаргын N тооны гишүүнээр хэмжигдэх эсвэл 1 метр гэжтооцоонд авч үздэг ба түүнчлэн онолын хувьд Ван Дееттер болон Маейрын тэгшигтгэлээс тооцоологдож болдог.

Баррен уусмал дахь хамгийн чухал бүрэлдэхүүнүүдийн агуулга ба адсорбцын баганы урт өгөгдсөнөөр хамгаалалтын нэвтрэн гарах хугацаа θ доорх томьёогоор тодоорхойлдог:

$$\theta = kZ_o - t$$

θ = Адсорбцын баганыг нэвтрэн гарах хугацаа;

k = Давирхайн үеийг нэвтрэн гарах коэффициент;

t = Уусмалын тархалттай холбогдон алдагдах хугацаа;

Адсорбцын баганын уртыг хязгаарласан үед баррен уусмал дахь ураны агуулга нь өгөгдсөн хамгийн минимум утгаас баганыг давирхайгаар дүүргэх хүртэл хугацаанд агуулга өсдөг. Баррены уусмал дахь ураны концентраци прегнант уусмал дахь түүний агуулгаас хамаарлаас хамаарах ба ажиллагааны адсорбцын үе давхаргын урт, уусмалын урсгалын хурд, мөн тухайн процессын кинетик шинж чанарууд гаралтын адсорбцын муруйлтын томъёогоор тодорхойлогддог:

$$C = C_o \exp(\beta Z_o / W)$$

β, Z_o, W = ажиллагааны давирхайн үе давхаргын үеийнтэгшитгэлд багтсан параметрууд.

Адсорбцын гаралтын муруйн ерөнхий хэлбэр юуны өмнө тогтмол солилцоо болон шингээж авах процессын физик, химийн шинж чанараар тодорхойлогддог. Иймээс $K_{ex} = 1$ үед шингээж авах болон салгаж авах адилхан тэгш хэмтэй изотермүүд оршин байдгийг шингээлтийн изотермийн шугам харуулдаг. $K_{ex} > 1$ үед шингээлт нь тойрог маягийн, салгаж авах нь хавтгай хэлбэрийн хотгор изотермүүдийн **муруйг** харуулдаг. $K_{ex} < 1$ үед эсрэгээрээ шингээж авах нь хавтгай хэлбэрийн, салгаж авах нь тойрог маягийн гаралтын муруйг үзүүлдэг.

Баррен (гаралтын) уусмал дахь ураны агуулгын өөрчлөлтийг ураны нэвтрэн гарах муруйны хугацааны функцаар илэрхийлнэ. Энэ муруйн хэлбэр нь хэд хэд функцтэй: K_{ex} -солилцооны тогтмол, W -уусмалын урсгалын хурд, D -диффузын коэффициент, давирхайн жижиг хэсгүүдийн диаметр болон баганын харьцаа. Ураны нэвтэрч гарах муруй хэлбэр нь дараах тохиолдлуудад хурц болдгийг:

- (а) Солилцлын коэффициент хамгийн бага байх,
- (б) Уусмалын урсгалын хурдыг диффузын коэффициентэд харьцуулсан харьцаа өсөх,
- (с) давирхайн жижиг хэсгүүдийн диаметрийг баганы диаметрт харьцуулсан харьцаа буурах.

Сүүлчийн хамаарал бол илүүдэл хананы нөлөөлөөс шалтгаалдаг. Диаметрийн харьцаа 50-аас илүү үед үр дүнг тооцохгүй байж болно.

Түүнчлэн ураны нэвтэрч гарах муруйн тархалт нь үе давхаргын хэсгүүдээр нэвтрэн өнгөрөх шингэний тархалтаас шалтгаалдаг. Ураны нэвтрэлт нь үе давхаргаар урсгал нэвтрэн өнгөрөх тохиолддог.

8.6. Анионы давирхайгаас ураныг салган авах

Анионы давирхайгаас ураныг салган авах ажиллагааг төрөл бүрийн химийн урвалж уусмалуудаар хийдэг. Ураны сульфатын комплексийг хүхрийн

хүчлийн агуулгатай уусмалаас эсвэл хлорид, аммонийн карбонатын давсууд болон нитратын уусмалын оролцоотойгоор угааж авах ба эсвэл илүүдлээр сода эсвэл шүлтийн натрийн хлоридийг хийнэ.

Салгаж авахдаа авахад хүхрийн хүчлийн уусмалыг хэрэглэх үед давирхай олборлосон уусмалтай шууд харилцан үйлчлэлцдэг. Угааж авсан урвалжаа дахин ашигладаг, өөрөөр хэлбэл уусмал руу орох (Cl^- , NO_3^-) анионуудыг урьдчилан сэргийлэн боловсруулсан уусмалаас тохиромжтой хэлбэр руу шилжүүлдэг. Ингэснээр ураныг хлоридууд болон нитратын давсны уусмалаар угаахаас илүү давирхайгаас хүхрийн хүчлээр уран сайн авагддаг.

Салгах авах процесст давирхай дахь ураны агуулга нь хамгийн доод утга хүртлээ буурдаг. Энэ агуулгын үлдэгдлийн хэмжээ гэж нэрлэдэг ба уран хувьд давирхайн тэнцвэрийн хэмжээ 10-20%-оос хэтрэхгүй байх ёстой.

Янз бүрийн агуулгатай ураныг агуулсан анионы үе давхаргаас угааж авах явцад янз бүрийн агуулгатай гардаг. Энэ агуулга ба угаахад ашигласан эзлэхүүнээс хамаарах график нь дифференциал салгалтын муруй ба Гауссын түгэлтээр төлөөлүүлж болдог. Муруйн доорх талбай нь тоо утгын хувьд давирхайгаар ялгаж авч байгаа ашигтай урантай тэнцүү. Энэ бол давирхайны ашигтай ураны ажлын чадамж бөгөөд доорх томъёогоор илэрхийлэгддэг:

$$\text{Ашигтай ураны хэмжээ} = \int_{V_1}^{V_2} C_{\text{уран}} dV$$

Энд $C_{\text{уран}}$ бол V_2 -оос V_1 -рүү угаагчын эзлэхүүний өөрчлөлтийн агуулга ба V_1, V_2 бол ураныг угааж авах эзлэхүүний эхлэх, төгсгөлийн утгууд. Зарим хэсгүүдийг угаахад ураны агуулга нилээн бага байж болох талтай. Ийм хэсгүүдийг дахин угаах циклд эргүүлэн хэрэглэгддэг.

АМ, АМР, Dowex-1, Amberlite Iра-400 зэрэг анионы давирхайнуудаас уранилын сульфатыг салгаж авахын тулд 10-15% эсвэл 2-3N-ийн хүхрийн хүчлийн уусмалыг хийдэг. Давирхайд болон уусмалд тоолуураар давирхайн эзлэхүүн бүр дэх угаагчийн гарц 3.5-4.5 эзлэхүүнийг агуулдаг. Dowex-1, АМ болон АМР анионы давирхайнуудаас ураныг шингээж авах процессын хугацаа тасалгааны температурт 30-40 цаг байдаг. Хүхрийн хүчлээр угаахад температур нь 50-60°C болтол өсдөг төдийгүй давирхай/уусмалд харилцан үйлчлэлцах зайлшгүй үргэлжлэх хугацааг 20-30%-иар бууруулдаг. Харин ураны концентрацийг 10-15%-иар нэмэгдүүлдэг ба угааж авах эзлэхүүнийг багасгадаг.

Салгаж авах процессын үзүүлэлтүүд:

- Ураны давирхайн үлдэгдлийн хэмжээ,
- Угаалтын гарц,

- Угааж авсан уусмал дахь ураны агуулга нь процессийн хими, физикийн шинж чанарууд, процессын температур, түүний агуулга, шингээгчийн шинж чанар гэсэн үзүүлэлтээр тодорхойлогддог (Хүснэгт 8.9).

8.7. Угаасан уусмалаас ураныг салгаж авах аргууд

Ураныг салгаж авахдаа төрөл бүрийн техникүүдийг ашиглан ураныг салгаж авдаг. Салгаж авах нөхцөлд давсны уусмалуудыг (аммонийн нитрат, натрийн хлорид, аммонийн хлорид) ашиглахад уран нь ихэвчлэн аммонийн полиуранит хэлбэрээр аммонийн усан уусмалд тунадаг. Полиуранитуудаас шүүж салгаснаар нунтагийг цаашид **гидрометаллургийн** үйлдвэрт боловсруулдаг. Өөр өөр pH-ийн утгад ураныг тунадасжуулснаар өндөр чанарын бүтээгдэхүүн гарган авч болдог. Угаасан уусмалыг эхлээд аммониор саармагжуулахад, $\text{pH}=3.5-3.8$, 80°C үед кальцийн эсвэл магнийн оксидоор сульфатуудаас хэсэгчлэн төмрийн гидроксидийг зайлуулдаг. Дараа нь уусмалыг шүүж, ураныг тунадасжуулахад уусмалд pH –ийн утга 6.5-7.5 болтол өсдөг. Хүдрийн найрлага дахь хольцыг зайлуулснаар ураны концентрацийн агуулгыг 40-64% болгох нь схемээс хамаардаг. Урьдчилан боловсруулж угаахын тулд полиуранитыг тунадасжуулан салгасны дараа эх уусмалыг ашигладаг.

Заримдаа ураныг уранилын пероксидоос хүчиллэгжүүлсэн хлоридоор угааж тунадасжуулдаг. Зарим полиуранитын нунтгийг хүхрийн хүчлээр шингэрүүлж, зэвэрдэггүй ган танкнаас авчирч **гидрометаллургийн** боловсруулалтаар уусмалыг баяжуулдаг (200 г/дм^3 уран). Гидравлик арга нь ураны ашигтай бүрэлдэхүүн хэсгийг олборлоход дараах сул талуудтай. Үүнд: угаасан шингэний найрлагад ашиглалтын дараа нитрат болон хлоридын уусмалуудын илүүдэл эзлэхүүний хуримтлал хадгалагдах болон тархсан байдаг.

Хүхрийн хүчлээс ураныг салгаж авахад сул тал гэж байдаггүй. Ураны концентрацитай давсыг хандлалтаас салгах/угааж салгах болон хандлах эсвэл шингээж авахад угаасан уусмалаас $80-100 \text{ г/дм}^3$ ураныг баяжуулсан. ГДУО процессын хүхрийн хүчлийн уусмалыг боловсруулан салгаж авах процесст эргүүлэн ашигладаг.

Азотын болон хүхрийн хүчлээс ураны концентрацийг угааж салгахдаа анионы мембрануудыг электродиализын замаар амжилттай хийж болдог. Электродиализийн процессоор урвалжыг боловсруулахад 70-80% хүртэл баяжуулдаг. Боловсруулсан уран нь маш өндөр баяжигдсан байдаг (ураны диоксидын гидрат).

Угаасан уусмалын найрлагаас уран тохиромжтой уусмал болон эцсийн бүтээгдэхүүнийг баяжуулах процесст өөр аргуудыг хэрэглэдэг болохыг Хүснэгт 8.11-д үзүүлсэн.

ГДУО үйлдвэрлэлийн эцсийн бүтээгдэхүүн ихэвчлэн аммонийн болон натрийн полиуранитын шүүсэн бүтээгдэхүүнүүд эсвэл пульпад байдалтай

байдаг ба түүнийг цааш **гидрометаллургийн** үйлдвэрлэлийн процесс рүү тээвэрлэдэг.

8.8. Ураны бүтээгдэхүүний тээвэрлэлт

ГДУО үйлдвэрлэл дэх ураны эцсийн бүтээгдэхүүнийг тээвэрлэх арга нь бүтээгдэхүүний төрлөөс хамаардаг. Пульп байдалтай ураны химийн баяжмалыг бол хар гангаар хийсэн танкад хийж төмөр зам эсвэл хөдөлгүүрт тэргээр тээвэрлэдэг. Хүчилд уусгасан бүтээгдэхүүнийг буюу ураны хүчлийн уусмалыг (ихэнхдээ хүхрийн хүчил) бол зэвэрдэггүй ган танкад хийж тээвэрлэдэг. Ураны бүтээгдэхүүнийг тээвэрлэхэд зориулсан бүх чингэлэгүүд мэргэжлийн хяналтын шалгалтан дор битүүмжлэгдсэн байх ёстой.

Хүснэгт 8.10. Нэг тонн уран тутамд 40 кг хуурай давирхайгаар нэг жигд ашиглалтын багтаамжтайгаар анионы давирхайгаас ураныг салган авах параметрууд.

Анионы давирхайн төрлүүд	Янз бүрийн уусмалаас салган авах процессийн параметрууд														
	H_2SO_4					$NH_4NO_3 + HNO_3 (H_2SO_4)$					$NaCl, NH_4Cl$				
	C_d	L_{res}	V_p/V_c	C_u	t_d	C_d	L_{res}	V_p/V_c	C_u	t_d	C_d	L_{res}	V_p/V_c	C_u	t_d
Гель хэлбэрийн төрлүүд (АМР, АМ)	15-18 + 12-15*)	1.5-2.5	3-4	5-7	30-36	8-10 +1-2 хүчил	0.5-1	1.5-2.5	8-13	16-20	6-8	0.5-1	1-1.5	13-20	10-12
Сүвэрхэг, нүхтэй (VP-1Ap, AM-p, VP-1p)	15-18	1-2	2-3	5-7	20-24	8-10 NH_4NO_3 +1-2 хүчил	0.5-1	1.5-2	7.5-10	12-16	6-8	0.5-1	0.8-1.2	12-18	8-10

C_d - Угаагч урвалжийн агуулга, жин %;

L_{res} - Уран дахь давирхайн үлдэгдэл хэмжээ, кг/т;

V_p/V_c – Угаах эзлэхүүн, эзэл./эзэл. Давирхайд;

C_u – уран угаагчийн агуулга, кг/м³;

t_d – салган авахад шаардлагатай хугацаа, цаг;

*)– илүүдлээр 1-15г/дм³ HNO_3 нэмэх

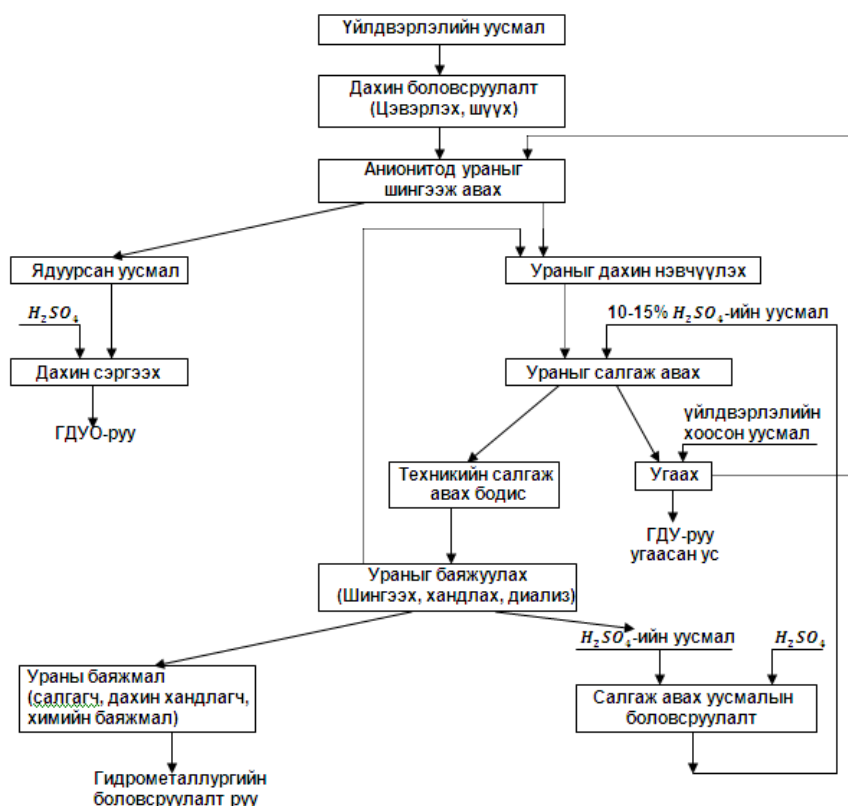
Хүснэгт 8.11. Өөр арга ашиглан угаагчаас ураныг гарган авсан эцсийн бүтээгдэхүүнүүд

Угаагчийн шинж чанар	Ураныг баяжуулах арга	Бүтээгдэхүүн гарган авах	
		Ураны эцсийн бүтээгдэхүүн	Технологийн бүтээгдэхүүн
1. Хүхрийн хүчил, 100-150 г/дм ³ H ₂ SO ₄	Шингээх	Содоор угаасан, 80-100 г/дм ³ урантай баяжмал	Хүхрийн хүчлийн уусмал, 90-140 г/дм ³ H ₂ SO ₄
	Хандлах	Техникийн содоор урвуу хандалсан, 80-100 г/дм ³ урантай баяжмал	Хүхрийн хүчлийн уусмал, 90-140 г/дм ³ H ₂ SO ₄
	Электролиз	Аммонийн поли-уранатууд	Хүхрийн хүчлийн уусмал, 80-120 г/дм ³ H ₂ SO ₄
2. Азотын/Хүхрийн хүчил 80-100 г/дм ³ NH ₄ NO ₃ + 10-20 г/дм ³ (NH ₄) ₂ SO ₄ + 10-20 г/дм ³ хүчил	Гидролиз оор тунадасжуулах	Аммонийн поли-уранатууд	Аммонийн нитрат (10%) болон аммонийн сульфат (1-2%)-ын уусмал, pH=8.5-9
	Электролиз	Аммонийн поли-уранатууд	Хүхрийн болон азотын хүчлийн уусмал, 10-20 г/дм ³ Аммонийн нитратын уусмал
3. Хлорид (6-8%-ийн NaCl эсвэл NH ₄ Cl)		Аммонийн эсвэл натрийн поли-уранатууд	Натрийн хлоридийн шүлтийн эсвэл аммонийн уусмал
4. Хлорид-шүлт (6-8%-ийн NaCl + 1-2%-ийн NaOH)	Гидролиз оор тунадасжуулах	Ураны пероксид (UO ₄)	Натрийн хлоридын уусмал

8.9. Олборлосон уусмалыг боловсруулах технологийн схемүүд

Олборлосон уусмалыг адсорбциор боловсруулах процессийн схемүүд нь дараах үндсэн үйл ажиллагаануудыг багтаадаг: уусмалыг урьдчилан боловсруулах (тунаах, шүүх), ураныг анионы давирхайд шингээх, ураныг салгаж авах, угаагчаас ураныг салгах ба баяжуулах. Олборлох уусмалын төрлөөс (хүхрийн хүчил эсвэл карбонатууд) хамаарч зарим нэмэлт процесс болох давирхайд наалдуулах, урьдчилан салгах болон угаах ажиллагаа багтаан угаагчийг (хүхрийн хүчил, нитратын уусмалууд, хлорид эсвэл аммонийн карбонатуудын давсууд) ашиглана. ГДҮО ашиглагддаг өтгөрүүлсэн урвалжийн уусмалаар ураныг салгахдаа дараагийн адсорбцоос өмнө давирхайг угаах шаардлагагүй. Хүхрийн хүчлээр боловсруулах технологийн схемийг жишээ болгон үзүүлсэн (Зураг 8.1).

Ураныг салгахдаа ГДҮО хэрэглэгддэггүй урвалжийг (нитратын давсуудыг исэлдүүлсэн уусмалууд, хлоридын давсууд эсвэл шүлтийн хлорын хольцтой уусмалууд) адсорбцид нэг нэмэлт ажиллагаанаас давирхайг бэлдэх процессын схемийг үзүүлэв.

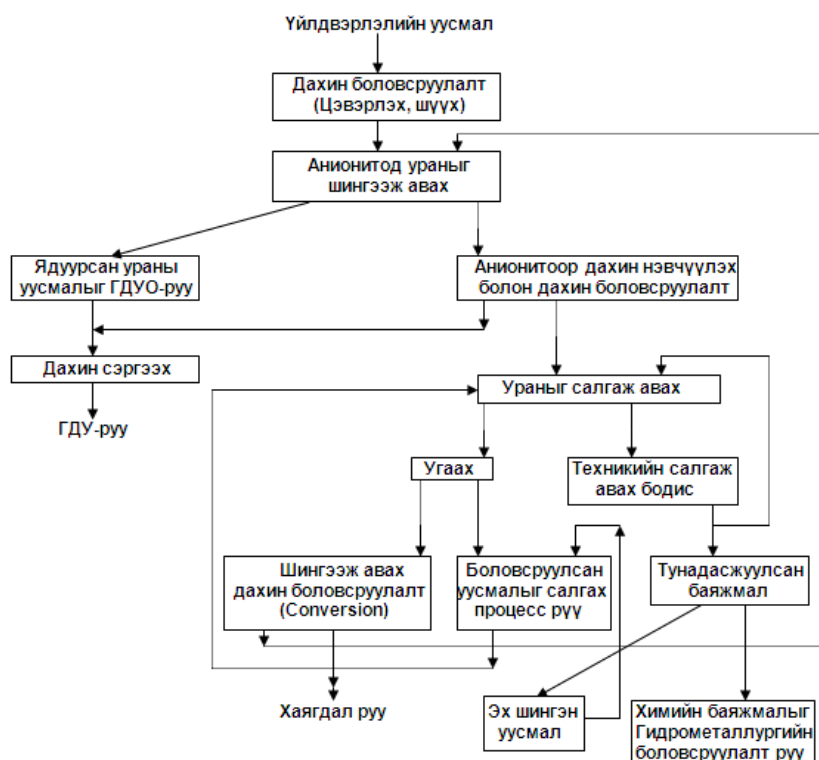


Зур 8.1.—Шингээгч, -Уусмал:Хүхрийн хүчлээр шингээгдэж буй ураныг хүхрийн хүчлээр олборлох уусмалын процессийн системийн бүдүүвч.

Хүхрийн хүчил эсвэл аммонийн бикарбонатын (10-20%-ийн концентрацитай) уусмалыг давирхайд хийхэд уусмалыг (сульфат эсвэл бикарбонат) тохиромжтой **металл** авалттай болгож өөрчилдөг. Гаргаж авсан уусмал дахь хольцууд нь хүрээлэн буй орчныг бохирдуулж, мөн ураны шингээлтүүд буурдаг. Хольцийн агуулга 10-30 г/дм³ байна.

Түүнчлэн схемийн процесс дахь уусмалын эх үүсвэр хэт их бол ураны агуулгыг гидролизын тунадасжуулалтыг ашигладаг. Магадгүй нэг циклээс нөгөө цикл рүү газар доогуур боловсруулагдаж байхдаа эх уусмалын хэмжээ тогтмол нэмэгдэж байдаг.

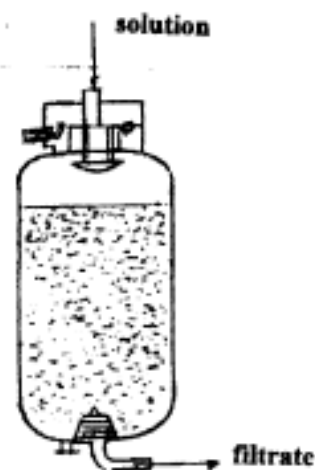
Ураныг салгаж авах схемд голдуу нэмэлт ашиглагдах ажиллагаа бол салгаж авах уусмалын найрлагатай тохирох анионик давирхайг урьдчилан хөрвүүлэх процесс юм.Энийг хийхийн тулд үйлдвэрлэлийн уусмалаар ханасан анионлог давирхай нь ердийн дахин уусгагчаар боловсруулагдах ёстой. Хувиргах процесст анионы давирхай нь ураныг илүү (анхны дүүргэх эзлэхүүн 10-25%) шингээдэг. Үйлдвэрлэлийн уусмалыг баяжуулах үйл ажиллагааг багтаасан хялбаршуулсан схемийг Зураг 8.2-т үзүүлсэн.



Зур 8.2. –Шингээгч, -Уусгагч: Шингээж авахын өмнө болон дараа ионитоор боловсруулан уусгагчаар уусган авах процессийн системийн бүдүүвч.

8.10. Олборлосон уусмалын боловсруулалтад зориулсан шингээж авах/салгаж авах тоног төхөөрөмж

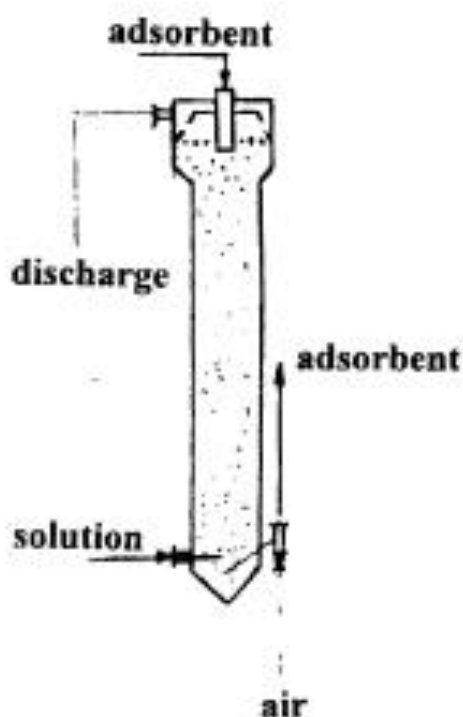
Ион солилцлын технологи нь тусгай үйлдвэрлэлийн шатлалтай багц болон үргэлжилсэн ажиллагааны загвартай тоног төхөөрөмжийг шаарддаг. Уусмалын **металл** авалтын бүх шатны технологи (шингээж авах, угаах, салгаж авах, хувиргах) нь давирхай болон уусмалын эргэлтийн урсгалын тоолууртай багануудад явагддаг. Олон шаталсан ажиллагаа нь давирхайн тухайн тохируулсан үе давхарга (Зураг 8.3)-тай шингээж авах багана (ихэвчлэн хэд хэдэн бүлэг)-аас бүрддэг ба хөвөх зарчимд үндэслэнэ. Угааж буй ус ба угаагчийн харьцааг тохируулах урсгал хэмжигч ба мөн дахин боловсруулах уусмалыг бэлтгэх хангалтын системтэй байдаг. Шингээж авах, угаах болон сэлбэх шатуудад багануудыг ашигладаг. Сэлбэх болон усаар угаах хүчин чадлыг оновчтой шийдвэрлэх нь процессын үр ашгийг нэлээд өсгөдөг. Нэг багананд дүүргэх давирхайн хамгийн их хэмжээг схемийн хамгийн оновчтой байдлаар тогтоодог. Үйлдвэрлэлийн уусмалын шатлалын хэлбэр хоёр (эсвэл гурав) багануудыг нэвтрэн өнгөрөх энэ үед уран нь хоёрдугаар (эсвэл гуравдугаар) баганын бохир шингэнд илэрснээр баганыг эргэлтийн холбогдсон хэсгээрээ шинээр дахин сэргээдэг. Бүхлээр нь анионы давирхайгаар дүүргэх гэдэг бол дан ганц үе шаттай баганыг авч үзэхгүй. Энэ схем нь угаалтаар ураны өндөр агуулгатайгаар гаргадаг. Баррен уусмал дахь ураны агуулга тодоорхой түвшинд хүрэх үед (2-5 мг/л) дүүргэсэн давирхайтай эхний багана адсорбцийн эргэлтээс салгагддаг ба угаалтын хэсэгт шилждэг.



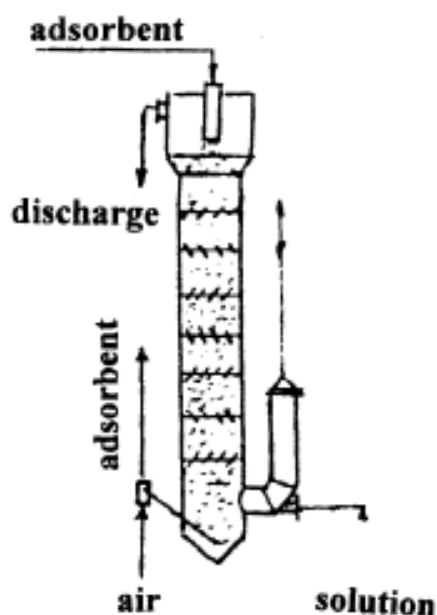
Зур 8.3 Доошоо урсгалтай
ион-солилцооны багана

Баганын шилжилтийн давтамж 1 эсвэл 2 өдөрт нэг удаа болдог. Баганаар өнгөрөх олборлох уусмалын урсгалын хурд 1 цагт $7-15 \text{ м}^3/\text{м}^2$ -аас (шингэний эзлэхүүн/баганынхөндлөн огтлолын талбай) хэтрэхгүй байх ба уусмал дах ураны агууламжаас хамаараад, нэг адсорбцын циклд уусмалын эзлэхүүн уусмалын ураны агуулгаас хамаараад давирхайн нэгж эзлэхүүнд 300-500 эзлэхүүнтэй. Тодоорхой түвшинд тохируулагдсан сул тал нь хувийн бүтээмж муутай, олон туслах төхөөрөмжүүдтэй, ион солилцооны давирхайг их хэмжээгээр хэрэглэдэг. Давуу талууд нь ажиллагаа нь хялбар бөгөөд автоматжуулах боломжтой юм.

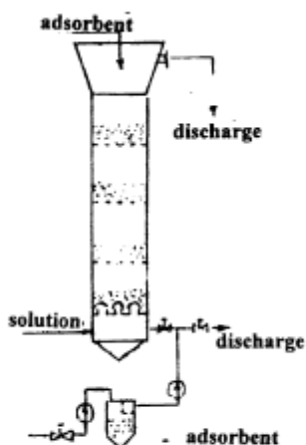
Тасралтгүй ажиллагаатай горимын баганууд нь KDS гэх мэт ба мөн SNK, PIK, KISPR гэх мэт (Зураг. 8.4, 8.7, 8.8, 8.9) давирхайн нягтарсан үе давхаргатай даралтат хэлбэрийн багана агуулсан байдаг. Эхний тохиолдолд ялангуяа урсгалын чадал хэт өндөр биш үед давирхайн бэхлэгдсэн суурийг ёроол хэсэгт уусмалаар бага зэрэг өргөсгөдөг. Баганын ёроолоос давирхайг агаарын өргөгчөөр дүүргэдэг. Цэвэр давирхай нь дээд хэсгээсээ төгсгөл рүү нэгэн зэрэг ордог. Орой хэсгээс ёроол руу шилжих шилжилтийн явцыг агаарын өргөгч урсгалын чадлыг удирдах замаар тогтоогддог. Доошоо урсах урсгалын хувьд 0.3-1.0 м/цаг, дээш чиглэсэн урсгалын хувьд 6.5-7.5 м/цаг хязгаарт байдаг. Агаарын өргөгч нь зөвхөн давирхайг зөөхөд ашиглагддаггүй тодоорхой хэмжээний уусмалыг зөөхөд бас ашиглагддаг. Иймээс давирхай багана руу оруулахын өмнө бэхлэгдсэн шигшүүр дээр хатаадаг (зөөврийн хатаагч 30° хазайлттай).



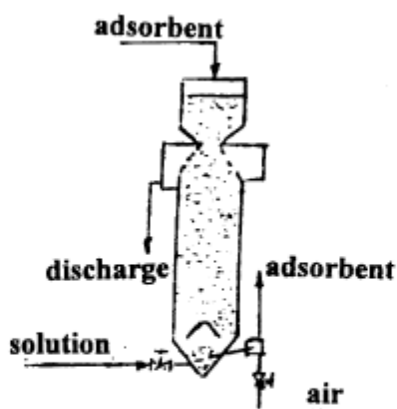
Зур 8.4. Урсамтгай суурьтай (KDS)
ион солилцооны багана



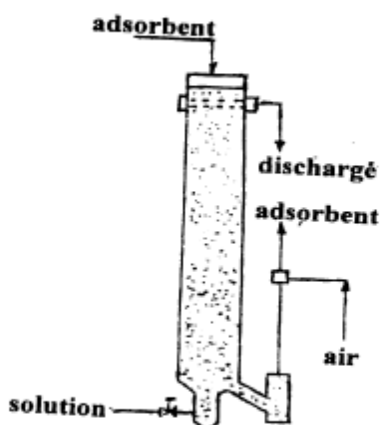
Зур 8.5. KRIMS-ийн хавтгайтай PSK ион
солилцооны багана
(Чичиргээт шингээлтийн багана)



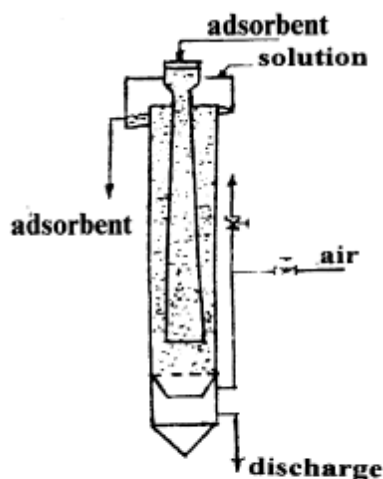
Зур 8.6. NIMCIX систем ашигласан
ион солилцооны багана (Өмнөд Африк)



Зур 8.7. SNK ион солилцооны багана
(шингээлтийн даралтат багана)



Зур 8.8. Сөрөг урсгал ашигласан
(PIK) ион солилцооны багана



Зур 8.9. Тасралтгүй шингээгч болон
хийн цэнэгтэй ион солилцооны багана (KISPR)

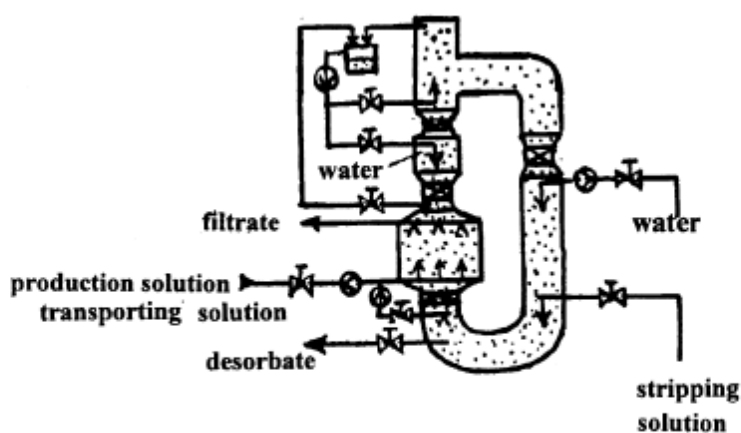
Өргөтгөсөн суурьтай багана дахь уусмалын эзлэхүүний урсгал нь их биш, доод тал нь $1 \text{ цагт } 7 - 8 \text{ м}^3/\text{м}^2$, нягтруулсан давирхайн суурьтай баганын уусмалын эзлэхүүний урсгал $35-50 \text{ м}^3/\text{м}^2$ байна (уусмалын оролтын чадал $15-20 \text{ м}/\text{цаг}$ байдаг PIK баганаас гадна).

Том шатлалтай туршилтуудад $1.050\text{г}/\text{см}^3$ нягттай уусмал, зуурмаг, давирхайн угаалтын үе болон **металл** тундасжуулалт зэрэгт KDS баганыг (өргөтгөсөн суурьтай) ашиглахыг туршилтаар нотолсон. KDS төрлийн

баганын дутагдалтай тал нь давирхайн суурийн суваг болон резин нь босоо тэнхлэг дагуу холилдох боломжтой байдаг. Алдагдлыг нөхөхийн тулд шингээлт болон тунадасжуулалтын үе шатуудад шаардлагатай баганыг дэс дараалан суурилуулдаг. Тасралтгүй шингээлт болон хийн цэнэгтэй багана нь конус хэлбэрийн төв хоолой, салгах гидравлик хавхлаг, давирхайг хүлээн авах сав зэргээс бүрддэг. Хийн чичиргээний агшинд гидравлик хавхлагаас шингэнийг гаргахын тулд хавхлагын системээс агаарыг үлээлгэснээр шингэнийг дээш шахдаг. Конус хэлбэрийн төв хоолойг ажиллуулснаар хавхлагийн хэсгийг $3-5^{\circ}$ руу эргүүлдэг.

Боловсруулж буй материалын шинж чанар болон шингээлтийн багтаамжаас хамааран чичиргээний давтамжийг цагт 4-60 байхаар тохируулдаг. Агаарын зарцуулалт 1 м^3 шингээгчид доод тал нь $10-12 \text{ м}^3/\text{ц}$ байна. Савны ажлын эзлэхүүн болон диаметр нь харгалзан $10-12$ болон 30 м^3 ба 1.5 болон 2.5 м байна. KISPR төрлийн багананд явагдах процессын үргэлжлэх хугацаа нь KDS төрлийн багананд явагдах процессын үргэлжлэх хугацааны хагастай тэнцүү байдаг. Энэ нь процесс дахь анхны давирхайн хэмжээ болон угсралтын үндсэн зардлыг бууруулдаг. Дутагдалтай тал нь автоматжуулалтын систем нь боловсронгуй бус байдагтай холбоотой.

Даралтат баганын нягтарсан давирхайн суурь (PIK, SNK) нь хатуу материалын агууламж 1г/л байх цэвэр уусмалыг боловсруулдаг. Эдгээр баганууд нь бие биенээсээ хамааралгүйгээр ажилладаг. PIK төрлийн (сөрөг урсгалтай ион солилцооны давирхай) зарим баганууд нь шингээлт, тундасжуулалт, дахин ханалт зэрэг хэд хэдэн нэгжийн үйл ажиллагааг нэгтгэсэн байдаг. Автоматжуулалтаас болж заримдаа асуудал үүсэж болдог. KISPR төрлийн баганатай харьцуулахад энэ төрлийн багана нь энгийн автоматжуулалтын системтэй, шингээгчийн дээрээс ёроолруу шилжих хөдөлгөөнийг хадгалдаг. Энэ багана нь бие даасан байдлаар эсвэл өөр хоорондоо холбогдон ажиллах боломжтой юм.



Зур 8.10. CHICCHIIS шингээлтийн багана

Ерөнхийдөө хоёр төрлийн шингээлтийн багана дахь олборлох уусмалын тасралтгүй ажиллагаа нь нэг жижиг багц давирхай ба өндөр бүтээмжтэй, цөөн тооны тоног төхөөрөмжөөр тодоорхойлогддог. Гэвч тээвэрлэлтийн явцад механик үрэлтээс болоод анионы давирхайн зарцуулалт өндөр байдаг.

Хялбарчилсан байдал болон ажлын ерөнхий зарчмыг зураг 8.9.-д үзүүлэв. Хоёр төрлийн аппаратыг мөн үзүүлэв.

8.11. Цаашид хийгдэх олборлох уусмалын комплекс болгох боловсруулалт

Ураны хувьд олборлох уусмал нь цэвэр биш байдлаар өндөр ач холбогдолтой **металллуудыг** тодоорхой хэмжээгээр агуулсан байна. Үүнд рени, сканди, газрын ховор итри, ванади болон молибден элемент зэрэг ордог. Эдгээр элементүүдийн уусмал дахь агууламж нь хүдрийн төрлөөсөө хамаараад нэг куб метр уусмалд 1/10 грамаас олон арван грамм хүртэл өөр өөр байдаг. Хүснэгт 8.12.

Хүснэгт 8.12. Гаралтын уусмал дахь ач холбогдол бүхий элементүүдийн агууламж, г/м³

Re	Sc	REEнийт	Y	Mo	Y	Se
0.3 хүртэл	0.5 хүртэл	5.0-30	0.5-3.0	1-10	5-100	0.01-10

ГДУО байгууламжийн үндсэн болон ажиллагааны зардал, үндсэн нэгдэл болох ураны үйлдвэрлэлийн зардал гарч байгаа учраас бага агуулгатай боловч эдгээр элементүүдийн гаралт нь том шатлалтай процесст ашигтай юм. Ураны хүдрээс гарах дагалдах элементүүдийн нэмэгдэл зардал нь зөвхөн ажиллагааны зардал болон үндсэн зардал ордог. Энэ нь нийт эцсийн бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлийн зардлын 10-15% болдог.

Дагалдах элементүүдийг гарган авахад хэрэглэгддэг шингээлтийн технологи нь давирхайн агууламжийг ихэсгэдэг. Шингээгчийн төрлөөс хамаараад дараах фактороор өсгөдөг: гени- 55-3500, Газрын ховрууд 30-100, ванади 100-1200, молибден 750-1500 байдаг. Зарим элементүүд нь урантай хамт анионы давирхайд шингээгддэг бөгөөд сонгосон салгах аргыг (молибден, рени) шаарддаг. Бусад элементүүд нь өөр төрлийн шингээгч хэрэглэдэг ба технологийн циклэд салгах ялгах үйл ажиллагаа хийгддэг. Ховхлох, салгах, тунадасжуулах аргаар дагалдах бүтээгдэхүүнийг гарган авдаг ба гидроксид, оксид зэрэг олон төрлийн нэгдлийг салгадаг.

8 ДУГААР БҮЛГИЙН НОМ ЗҮЙ

- GROMOV, B.V., Introduction into Technology of Uranium, M. Moscow Chem. Technol. Inst. named after D.I.Mendeleev (1972).
- Uranium Mining by In-Situ Leaching (V.A. Mamilov, Ed.), M.:Atomizdat (1980).
- ZAKHAROV, E.I., RJABCHIKOV, B.E., DJAKOV, V.S., Ion-Exchange Equipment in Atomic Industries, M. Energoatomizdat (1987).
- ZELIKMAN, A.N., VOLDMAN, G.M., BELJAVSKAJA, L.V., Theory of Hydrometallurgical Processes, M. Metallurgija (1975).
- ZEFIROV, A.P., LASKORIN, B.N., NEVSKI, B.V., Present State in Technology of Uranium Ores Processing, M. Atomnaja Energija **11** 2 (1961).
- ZEFIROV, A.P., NEVSKI, B.V., BAKHUROV, V.G., LUTSENKO, I.K., In-Situ Leaching of Uranium (Proc. 4th Int. UN Conf. on Peaceful Use of Nuclear Energy, Geneva), **49** (1978*) 45.
- Ion-Exchanging Materials for Hydrometallurgy, Effluents Cleaning and Water Treatment (Manual), (B.N.Laskorin, M.:ARRICT, Eds) (1983).
- LILIPINA, I.I., Uranyl and its Compounds, M. PH Ac.Sci.USSR (1959).
- LURIE, A.A., Adsorbents and Chromatographic Carriers (Manual), M. Khimija (1972). Ref. Jour. Gornoe Delo, 3B560 (1986).
- SADYKOV, R.Kh., Uranium In-Situ Leaching Abroad. Review, M. TsNIIAtominform, 1987, **87** (397).
- Proceedings of First Int.Conf. on Peaceful Use of Nuclear Energy, Geneva, 1955, M. Metallurgizdat **8** (1958).
- FEDULOV, Y.N., ALEKSEEVA, V.V., VODOLASOV, L.I., LASKORIN B.N., Adsorption Column of Continuous Operation with Fixed Ionite Bed, M. Tsvetnaja Metallurgija **2** (1970).
- SHEVCHENKO, B.V., SUDARIKOV, B.N., Technology of Uranium, M. Gosatomizdat (1961).
- AHRLAND, S., Acta Chemica Scandinavica **5** 7 (1951) 1151.
- ARDEN, T.V., WOOD, G.A., Adsorption of Complex Anions from Uranyl Sulphate Solution by Anion-Exchange Resins, J.Chemical Society **91**,p (1956) 1596-1603.
- In-Situ Uranium Extraction Dominates Texas Meeting. Engng. and Mining J. **181** 12, (1980) 92–93.
- NADEN, D., PILOT, I., RENNER, C.W., Solvent Extraction and Ion-Exchange Nuclear Fuel Cycle, Chichester, p.17-33 (1985).
- WAADSWORTH, M.E., Review of Developments In Hydrometallurgy — 1980, J. Metals **33** 4 (1981) 36–40.
- Mining of Uranium by In-Situ Leaching (V.A.Mamilov, Ed.), M. Atomizdat, 1980.

БҮЛЭГ 9. ГДУО АШИГЛАЛТЫН ЦООНОГИЙН ТАЛБАЙН БҮТЭЭН БАЙГУУЛАЛТ

9.1 Ерөнхий зүйл

ГДУО үйлдвэрлэлийн байгууламжийн бүтээн байгуулалтын хамгийн чухал нэг хэсэг нь цооногийн суурилуулалт юм. Ордын гүнээс хамаараад цооногийг суурилуулахтай холбоотой өрөмдлөгийн зардал нь ураны үйлдвэрлэлийн зардлын 15-30%-ийг эзэлдэг.

Доторлоогоогүй өрмийн нүхүүд нь хайгуул болон хүдрийн нөөц, хэлбэрийг тогтоох хүдрийн биетийн зураглал хийхэд ашиглагддаг. Цооногууд нь уусгалтын шингэнийг оруулах болон гарган авах уран агуулсан уусмалын дээжлэлт, уусгалтын бүс дэх уусмалыг хянах, олборлолтын хувийг тогтоох зэрэг уусгалтын процессын туршид шаардагддаг доторлогоотой өрмийн нүхүүд юм. Мөн байгаль орчин бохирдохоос урьдчилан сэргийлэх, бохирдлыг хязгаарлахад гол үүрэг гүйцэтгэдэг. ГДУО-оор ураны ордын олборлолтод олон тооны цооног шаардагддаг ба хэдэн зуугаас хэдэн мянгаар тоологдоно.

Нэг цооногийн хэсэгчилсэн эвдрэл эсвэл гэмтэлтэй ажиллагаа нь ГДУО процессын бүтээмжид нөлөөлөх ба цооногийн талбай дахь урсгалыг дахин тохируулах шаардлага гардаг.

ГДУО-оор ураныг олборлохтой холбоотой техникийн болон эдийн засгийн хүчин зүйлс нь цооногийн угсралт тохиргоо, түүнийг суурилуулах зардал, үйлдвэрлэлийн явц дахь тэдгээрийн гүйцэтгэлээс хамаардаг.

ГДУО ураны үйлдвэрлэлд цооногуудад дараах шаардлага тавигдана. Үүнд:

1. Цооногийн зохион байгуулалт болон тэдгээрийн гүйцэтгэл нь уусгалтын уусмалын хамгийн бага алдагдалтайгаар хүдрээс ураныг хамгийн дээд хэмжээгээр ялган авахаар байна.

2. Цооногуудыг тухайн талбайн байгаа нөхцөлд тохируулан боломжит хамгийн их бүтээмжтэй ажиллахаар зохион бүтээсэн байна.

3. Цооногийн зохион байгуулалт нь газрын доорх уусмалын шилжилт хөдөлгөөнийг хянах боломжтой хийгдсэн байна.

4. Цооногийн ашиглалтын хугацаа цооногийн талбайн олборлолтыг бүрэн хийж дуусгахад шаардлагатай аль болох урт үргэлжлэхээр байна.

5. Хүдрийн техникийн олборлолтод шаардлагатай цооногийн тоо ба зардал нь техник эдийн засгийн үндэслэлээр тогтоосон эдийн засгийн үзүүлэлтүүдтэй тохирч байна.

6. Цооногийн суурилуулалтын туршид хангагдсан чанарын стандарт нь дараа хэрэглэгдэж болзошгүй тусгай багаж төхөөрөмж, техник хэрэгсэл, бүх төрлийн үйл ажиллагааны шаардлагуудтай нийцэхүйц хангалттай түвшинд байна.

7. Цооног нь байгаль орчны бохирдлын эх үүсвэр болох ёсгүй.

ГДУО-оор ураны ордын олборлолт болон боловсруулалтад ашигласан бүх цооногууд нь уусгалтын процесст оролцох бөгөөд түүнчлэн эдгээрийг ашиглалтын цооногууд гэж нэрлэдэг. Тэдгээрийн үүрэгээс хамаараад ашиглалтын цооногууд нь хоёр төрөлд хуваагддаг. Шахалтын болон олборлолтын цооногууд нь 1 дүгээр групп, туслах цооногууд нь 2 дугаар групп болно.

Ашиглалтын цооногийн 1 дүгээр групп нь газрын гүнээс ураныг гарган авахад чиглэнэ. Үндсэн функц нь уусгалтын уусмалыг дахин эргэлтэд оруулах, түгээх болон цооногийн талбай дахь гидродинамик тогтоцыг хянах юм. Энэ групп дэх олборлолтын цооног (заримдаа үйлдвэрлэлийн цооног гэж нэрлэгддэг) нь үйлдвэрлэлийн бүс буюу хүдрийн биетээс ураныг уусгасан үйлдвэрлэлийн уусмалыг газрын гадарга руу өргөхөд зориулагдсан. Шахалтын цооног ураныг ялган авсны дараа уусгалтын уусмалыг буцаан хүдрийн биетрүү оруулахад ашиглагддаг.

Шахалтын болон олборлолтын цооног нь хүдрийн ордын геологийн ба гидрологийн нөхцөл, цооногийн талбайн геометрээс хамаараад янз бүрийн урсгалын хурдтай ажиллах боломжтой. Шахалтын цооногийн хувьд урсгалын хурдын муж нь $0.0007 \text{ м}^3/\text{сек}$ - $0.007 \text{ м}^3/\text{сек}$ байх ба дундаж хурд нь $0.0014 \text{ м}^3/\text{сек}$ байна. Олборлолтын цооногийн хувьд эквивалент урсгалын хурд нь $0.0014 \text{ м}^3/\text{сек}$ - $0.014 \text{ м}^3/\text{сек}$ хооронд байх ба дундаж нь $0.0028 \text{ м}^3/\text{сек}$ байна.

Туслах цооногууд болон нүхнүүд нь ураныг олборлоход оролцохгүй боловч хүдрийн бүсийг уусгалтад бэлтгэх, уусмалыг хянах, мониторинг, дээжлэлт, байгаль орчныг хамгаалах зэрэг хэд хэдэн зорилгоор хэрэглэгддэг. Энэ группэд орсон өрөмдлөгийн бүрэгдээгүй нүхнүүд нь хүдрийн нарийвчилсан зураглал, хүдрийн нөөцийн баталгаа, уусмалын урсгал дагуух чулуулгийн шинж чанарын судалгаанд хэрэглэгддэг.

Туслах цооногуудыг голдуу чулуулгийн нэвтрүүлэх чанарыг нэмэгдүүлэх, уусгалтын гүйцэтгэлийг сайжруулах зэрэг агуулагч чулуулгийн шинж чанарыг өөрчлөх зорилгоор суурилуулдаг. Жишээлбэл тухайн гүний усны урьдчилсан боловсруулалт, хэсэглэн жижиглэлт, хэт авиан боловсруулалт, гидравлик хагарал гэх мэт үйл ажиллагаануудад ашиглана. Бусад доторлогоотой цооногууд нь талбай доторх бага агууламжтай болон агуулагч чулуулгийн хүдрийн бүсээр өнгөрөх хоосон эсвэл бага агуулгатай уусмалын шилжилтийг хязгаарлахын тулд байгалийн гүний усыг оруулж гидравлик хаалт хийхийн тулд ашиглагдаж болно. Энэ гидравлик хаалтыг хийхэд зориулж бусад бүрэгдсэн цооногийг суурилуулсан байх нь бий.

Хяналтын цооногийг ГДУО талбайн гадуур эргэн тойронд эвсэл бүхэл ордын талбайг тойруулан, цооногийн талбайгаас уусгалтын уусмал алдагдахаас урьдчилан сэргийлэх, усан давхаргын хажуугийн хэсэг дэх хөрсний усыг хамгаалах зорилгоор суурилуулдаг. Хэрэв усан хаалт хэрэглэсэн бол гадаад хяналтын цооног шахалтын цооногоор ажиллах ба уусгалтын бус уусмалыг шахна. Уусгалтын бус уусмал нь ихэвчлэн ус байдаг.

Сүүлийн шатанд урвалжийн шахалтыг зогсооход эдгээр цооногууд нь тархалтын бүсээс шингэнийг гарган авахын тулд насосдох цооног болж хувирна.

Гидравлик хагарлаар үүссэн цууралтыг цемент, шавар, резин гэх мэт ус нэвтрүүлдэггүй материал оруулснаар уусмалын урсгалыг механикаар хязгаарлах цооногуудыг суурилуулдаг.

Ажиглалтын цооногуудыг цооногийн талбай болон тархалтын бүс дэх уусгалтын уусмалыг хянах, дээжлэх зэрэгт ашигладаг. Эдгээр мөн тархалтын цаад хүрээ, усан давхаргын дээд болон суурь хэсэг дэх уусгалтын уусмалын явах замыг тогтооход хэрэглэгддэг. Мөн хүдрээс ураныг бүрэн олборлож дууссан эсэхийг баталгаажуулах, агуулагч чулуулгийн өөрчлөлтийг судлах, байгаль орчны бохирдлыг хянах зорилгоор ажиглалтын цооногийг олборлогдосон цооногийн талбайд суурилуулдаг.

Урьдаас төлөвлөсөн ажиглалтын дагуу цооногийн суурилуулалтын загвар болон аргыг өөрчилдөг. Цооногийн найдвартай ажиллагааны стандарт болон тооцоолсон үйлчилгээний хугацаа нь өөр өөр байж болно. Шахалтын болон олборлолтын цооногт барилгын чанарын хамгийн өндөр стандартыг хэрэглэдэг, түүгээрээ олборлолтын эдийн засгийн үзүүлэлтэд сайнаар нөлөөлнө.

9.2. Шахалтын болон олборлолтын цооногийн ажиллагаа, барилга угсралт

ГДУО байгууламжид суурилагдсан байх шахалтын ба олборлолтын цооногийн хийц загвар нь олборлолтын үед бий болж болзошгүй үйл ажиллагааны өргөн хүрээтэй нөхцөл байдлыг хангах хэрэгцээтэй учир ойлгоход хүндрэлтэй (хандлах процесстой сергөлдөх зэрэг) байж болно. Тухайлбал:

1. Салангид хүдрийн бүсүүд нь геологийн болон гидрогеологийн өөр өөр нөхцөлд байх нь бий. Элсэн чулууны орд нь ихэвчлэн хэд хэдэн усархаг давхаргыг агуулсан нягтраагүй элсэрхэг шавар тогтоцтой байдаг. Үйлдвэрлэлийн давхарга дахь ус нь ерөнхийдөө даралтын дор байх ба зарим ордууд артезийн нөхцөлд байдаг. Усны температур $0-50^{\circ}\text{C}$ хооронд өөрчлөгдөж байдаг.

2. Элсэн чулууны ордын ГДУО олборлолтын цооногууд нь дандаа хөрсний гадаргуугаас суурилагдсан байдаг.

3. ГДУО-ын ордууд газар зүйн болон цаг уурын янз бүрийн бүсэд байрладаг. Ихэвчлэн аж үйлдвэрийн болон суурин хөгжлөөс хол бүсэд байрладаг. Энэ нь үйлдвэрийн зардлыг ихэсгэдэг. Орон нутгийн цаг уурын нөхцөл, ялангуяа температурын эрс тэс байдал нь барилгын тоног төхөөрөмж болон ГДУО байгууламжийг тусгай үйлдвэрлэлийн материал болон ажиллах хүчээр хангах шаардлагатай болгодог.

4. Цооногийн өөр өөр хэрэглээ (олборлолтын, шахалтын, ажиглалтын, хяналтын гэх мэт) нь тусгай барилгын загварыг шаарддаг.

5. Доторлогоотой цооног болон өрөмдсөн нүхний ашиглалтын хугацаа нь зорилгоосоо хамаараад хэдэн цаг, хэдэн өдөр (хайгуул, тэсэлгээ, хяналт, чулуулгийн гидро хагарал), хэдэн жил (шахалт, олборлолт, ажиглалт) байдаг.

6. Бүх төрлийн цооногийн ашиглалтын зорилтот хугацаанаас хамаараад цооногийн барилгын зардлыг маш анхааралтай авч үзсэн байна.

7. Олон тооны цооногийг харьцангуй жижиг талбайд суурилуулах нь байдаг. Ихэвчлэн 1 км² талбайд 800-1800 цооног суурилуулдаг. Цооног хоорондын тусгаарлах зай нь 15-70 м хооронд байдаг.

8. Ийм нягтаршилд нийт ордын ашиглалтын өсөлтийн дагуу жилдээ 500-аас дээш цооног суурилагдах нь ч байна. Ийм олон тооны цооногийн үйлчилгээ, суурилуулалтын зардлын хүлээн зөвшөөрөгдөх хязгаарлалт нь өндөр бүтээмжтэй өрмийн төхөөрөмж болон цооногийн барилгын дэвшилтэт технологийг шаарддаг.

9. Өрмийн нүх, цооногийн гүн ба диаметр нь хүдрийн биетийн гүнээс хамаарах бөгөөд ихэвчлэн 15-800 м байдаг.

10. Уусгалтын уусмалд төрөл бүрийн урвалжийг (хүчил, бикарбонат, хүчилтөрөгч гэх мэт) хэрэглэдэг. Эдгээр урвалжийн зарим нэгээс болоод цооногийн бүрхүүл болон бусад тоног төхөөрөмжүүдэд тусгай материал шаардлагатай болдог. Эдгээр урвалжуудын зарим нь байгаль орчны хамгаалалттай холбоотойгоор аюулгүй ажиллагааны тусгай процессыг шаарддаг.

11. Усан давхарга дахь өөр өөр урсгалын хурд болон даралтын үед цооногийн найдвартай ажиллагаанд төрөл бүрийн хэлбэрхэмжээтэй насос шаардагддаг.

12. Шахалтын цооногууд нь төрөл бүрийн нөхцөлд ажилладаг. Уусгалтын уусмал нь таталцлын хүч эсвэл өгөгдсөн даралтны тусламжтайгаар үйлдвэрлэлийн бүс рүү нэвтрэх боломжтой. Шахалтын урсгал үргэлжлэх юмуу тасалдаж болдог.

13. Олборлолтын арга нь өрөмдлөгийн хөтөлбөр төлөвлөгөө болон гадаргуугийн байгууламжийн барилгын ажилд нөлөөлөх тул хэд хэдэн олборлолтын аргаас нэг аргыг сонгон ордыг олборлох боломжтой.

9.3. ГДУО цооногийн загвар

ГДУО цооногийн загварт барилгын үйл явцад нөлөөлдөг гол хүчин зүйлсийг анхаарч үзэх хэрэгтэй. Үүнд: Геологи, гидрогеологи, ажиллагааны байдал, газар зүй, эдийн засаг, болон чулуулгийн механик зэрэг орно.

Геологийн хүчин зүйлс: ихэвчлэн литологийн сектор, хүдрийн биетийн хэлбэр болон хүдэр агуулагч чулуулга тууний суурь болон дээд хэсэгийн эрдэслэг зэргээс бүрдэнэ. Геологийн мэдээлэл нь эхний цооногийн загвар, өрөмдөх төхөөрөмжийн сонголт, цооногийн барилгын материалын сонголтод нөлөөлнө.

Гидрогеологийн хүчин зүйлс:хүдэр болон агуулагч чулуулгийн ус нэвтрүүлэх чанар, потенциометрийн түвшин, бүх усархаг давхаргын даралт,

олон усархаг давхаргатай бол дотоод холбоо, гүний усны хими болон температур зэрэг болно. Эдгээр мэдээллүүд нь үйлдвэрлэлийн бүсийг бусад геологийн нэгжээс тусгаарлах, мөн бүрхүүлийн урт, насосын төрөл болон шүүлтүүрийн загварын сонголтод хэрэглэгддэг.

Ажиллагааны хүчин зүйл: уусгалтын урвалж болон исэлдүүлэгчийн агууламж ба төрөл, цооногийн талбайн ажиллагааны хэлбэр, нийт шаардлагатай цооногийн бүтээмж, тоо зэрэг нь цооногийн загварт нөлөөлдөг хүчин зүйлс юм. Энэ мэдээлэл нь доторлогооны, шүүлтүүрийн, насос болон бусад холбогдох тоног төхөөрөмжийн материалын сонголтод нөлөөлдөг. Мөн цооногийг доторлох цементийн төрөлд нөлөөлнө.

Цаг уур, бүсийн байр зүйн зураглал, орон нутгийн усны эх үүсвэрийн мэдээлэл нь өрөмдлөгийн тоног төхөөрөмжид нөлөөлдөг. Мөн хамгаалалт барих, өрмийн ус болон шаврын хангамжид хэрэгтэй.

Чулуулгийн механикийн өгөгдөл: чулуулгийн нягт, нягтрал, хатуулаг, бат бэх чанар, мөхлөгийн хэмжээ зэрэг нь өрмийн шингэн, өрмийн ир түүнчлэн өрмийн техникийг сонгоход хэрэгтэй.

Цооногийн талбайн эдийн засгийн хэмнэлт нь үндсэн өрмийн материал болон бүрхүүлийг нийлүүлэхэд тээвэрлэлтийн зардал бага байснаар нэмэгдэнэ.

Олборлолтын цооногийн загварт нөлөөлөх хамгийн чухал хүчин зүйл бол түүний бүтээмж юм. Үүнтэй ижил шахалтын цооногийн нэг чухал хүчин зүйл бол түүний хүчин чадал юм. Цооногийн даралт эвсэл шингэний түвшинг хэт ихэсгэхгүйгээр шахалтын хоолойгоос шингэнийг хүлээж авах түүний хүчин чадал юм. Үүнийг орох урсгалын хүчин чадал эсвэл тогтвортой шахалтын хамгийн их хурд гэж нэрлэдэг.

Хэрэв гүний насосоор цооногоос уусмалыг насосдох бол зөв тохирсон хэлбэрийн насосыг сонгохын тулд уусмалын химийн найрлага болон температур зэргийг мэдэх шаардлагатай. Зэврэлтэд тэсвэртэй байдал, ажлын температурын муж, урсгал-даралтын муруй зэрэг үйлдвэрлэгчээс гарсан инженерийн үзүүлэлтүүдийг хянасны дараа тодоорхой нэг төрлийн насосыг сонгодог.

Насосын төрөл, хэмжээг сонгосны дараа тэдгээрийг багтаахад шаардлагатай бүрхүүлийн хамгийн бага диаметрийг тодоорхойлох боломжтой. Доторлогооны үйлдвэрлэлд хэрэглэсэн материал нь тооцоолсон температурын муж, уусгалтын уусмалын зэврүүлэлт зэрэгт тэсвэртэй байх ёстой. Хэрэв бүрхүүлийн материал нь **металл** бус буюу ихэвчлэн пластик материалыг сонгодог. Олборлолтын цооногийн дотоод диаметр нь насосын диаметрээс 1 юмуу 2 стандарт хэмжээгээр том байх хэрэгтэй.

Хүдрийн биетийн дээд давхаргын тогтвортой байдал, ширхэглэлийн хэмжээ, хүдэр болон агуулагч чулуулгийн ус нэвтрүүлэх чанар зэрэгт үндэслэн цооногийн шүүлтүүрийн загварыг сонгодог. Шүүлтүүрийн диаметр,

урт, болон нүх ховилын хэмжээ зэргийг нэг удаа маш зөв тодоорхойлж, цооногт хэрэглэгдэх стандарт хэмжээг тогтооно. Сонгосон шүүлтүүрийн хэмжээ нь зарим тохиолдолд бүрхүүлийн диаметрийг өөрчлөхийг шаарддаг.

Цооногийн өрөмдлөгийн тодоорхой нэг техник хэрэглэх, үйлдвэрлэлийн давхарга дээгүүрх нээлттэй бүсийг дуусгах, тухайн газрын бүрхүүлийн цементлэлт зэрэг нь үйл ажиллагаатай холбоотой инженер, эдийн засгийн хүчин зүйлсээр эхлээд хянагдана. ГДУО байгууламжийн гүйцэтгэлийг өрөмдлөгийн зардлыг бууруулж, ажилчдын бүтээмжийг ихэсгэж, материалын чанарыг стандартад нийцүүлснээр сайжруулж болно. Эдгээр асуудлуудыг анхаарч үзэж цооногийн загварт ямар нэгэн тохируулга хийсний дараа нийт тухайн жилд шаардлагатай бүрхүүлийн тоо хэмжээг тооцоолно.

Хэрэв гол дээжийг туршилтын нүхнээс авсан бол тодоорхой ажлын бус цооногийн бүрхүүлийн диаметр өөрчлөгдөх боломжтой. Өрмийн голын диаметр чулуулгийн тогтвортой байдлын дагуу өөрчлөгддөг.

Сонгосон ГДУО технологийн ажиллагаа нь шахалтын болон олборлолтын цооногийн тогтвортой байдал болон найдвартай ажиллагаанаас хамаарна. Эдгээр цооногийн тасралтгүй ажиллагаа нь зөвхөн зөв загвар зохион бүтээснээс хамаарна. Шахалтын болон олборлолтын цооногийн загвар нь дараах зүйлсийн дагуу хийгдсэн байна. Үүнд:

- Цооногийн үйлчилгээний хугацаа нь цооногийн талбайн ажиллах хугацаанаас их байх;
- Төрөл бүрийн уусгалтын аргад зориулж цооногийн загварыг эдийн засгийн хэмнэлттэй зохион бүтээх;
- Хүчлийн урвалж ашиглах үед уусмалтай холбогдох цооногийн бүх бүрэлдэхүүн нь хангалттай химийн тэсвэртэй байх;
- Цооногийн бүрхүүлийг хийхэд хэрэглэгдэж буй материал нь уусгалтын бүсийн тусгааралт хийх цагираг талбайн цементлэлтийг тэсвэрлэх хангалттай бүрэн бүтэн байх, ГДУО процессын туршид геофизикийн болон гидрологийн ажиглалтыг урьдчилан сэргийлэхгүй байна;
- Цооногийн бүрхүүлийн материал нь хүдрийн бүсийн дээд давхаргын найдвартай гидравлик тусгаарлагч байх (ялангуяа зузаан усан давхрагатай жижиг хүдрийн бүсийн уусгалтад);
- Өрөмдлөгөөр усан хязгаарлагчтай давхаргын бүрэн бүтэн байдлыг алдагдуулж болохгүй. Хэрэв алдагдуулсан бол давхаргыг цементээр битүүлэх ёстой;
- Цооногийн цагираг биет нь тусгай тохирох шүүлтүүрээр уусгалтын уусмалын шүүрэхээс хамгаалагдсан байна;

Хэрвээ дээрх шаардлагуудад нийцүүлж чадахгүй бол ордын ашиглалт болон үйлдвэрлэлийн зардалд сөргөөр нөлөөлөх ба байгаль орчин бохирдох эрсдэл гарна;

9.3.1. Олборлолтын цооногийн загвар

Олборлолтын цооногийн загвар нь суурилуулах арга, ажиллах нөхцөл, хамгийн чухал нь уусгалтын уусмалыг газрын гадарга руу өргөх аргаасаа хамаараад янз бүр байдаг. Газрын гадарга руу өргөх аргууд нь агаарын өргөгч, шахалт, цахилгаан гүний насостой гэх мэтчилэн байна.

Бүрхүүлийн багана нь ижил диаметртай ижил материалтай хоолойгоор хийгддэг. Энэ нь өөр өөр материал, хэмжээтэй нэгдлийг агуулж болно. Жишээлбэл, газрын гадаргаас гүн рүү орох шумбагч насосын бүрхүүлийн диаметр насосын эх биед таарч байх хэрэгтэй. Гэвч өөр өөр хэмжээтэй шүүлтүүрийг ашиглах боломжтой, насосын доод диаметр жижиг байх боломжтой.

Бүрхүүлтэй баганын суурь хэсэг дэх гүн болон бүрхүүлтэй хоолойн бие даасан хэсгийн урт нь бүрхүүлийн материалын шахалтын бат бөх болон шахалтын туршид тооцоолсон ажлын шингэний түвштэй аль алинтай нь холбоотой суурилагддаг. Ялангуяа, цооногийн дээд хэсэг дэх том диаметртай бүрхүүлийн урт насосын бүрэн уртыг хангахуйц байх хэрэгтэй ба шингэний доод түвшинээс доош 3-5 метр усанд шумбасан байна.

Ихэнхи олборлолтын цооногуудад шингэний потенциометрийн түвшин маш гүн байхад цооногийн дээд хэсэг дэх том диаметртай бүрхүүлийг хоолойн материалын даралтад тэсвэртэй бэт бэх байдлаас тооцоолсон гүний хамгийн их утгад хүртэл сунгах ёстой. Энэ тохиолдолд гадаад **металл** бүрхүүл даралтын ачааллын эсэргүүцэхээр энэ гүнд эхлээд сууна. Дараа нь пластик бүрхүүлийг дотор талд нь угсарна.

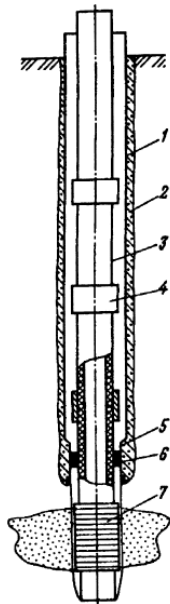
Олборлолтын цооногийн бүрхүүлийн диаметрийг насосны хэмжээ, цооног дахь уусмалын статик түвшин, бүрхүүлийн материалаар тодорхойлно. Пластик эсвэл **металл** пластикийн холимоогоор хийсэн бүрхүүлтэй цооног дотор гүний насосыг хэрэглэх үед бүрхүүлийн диаметр 2 ба 3 дахин том байна. Учир нь полиэтилен хоолойтой хананы зузаан суурилуулалтын явцад өөрчлөгддөг. Мөн хоолойн хөндлөн огтлолын талбай халуун гагнаасаар холбоход багасдаг. Гагнаасны зузаан 8мм болно. Уусмалын босоо чиглэл дэх шилжилтээс дээд хэсгийн алдагдалыг насосын шахалт руу сорж багасгана.

Бүрхүүлийн зөвхөн нэг баганыг агуулах өрмийн нүхний диаметр нь полиэтилен, хатууруулсан пластик, зэвэрдэггүй ган гэх мэт бүрхүүлд ашигласан материалын төрөл, диаметрт үндэслэгддэг.

Олборлолтын цооногийг битүүмжилсэн бүрхүүлийн нэг баганыг ашиглан барьдаг бөгөөд суурилуулахад энгийн, үнэ багатай байдаг. Гэвч энэ загвар нь жижиг диаметртэй цооногт хайргаар дүүрсэн шүүлтүүрийг хэрэглэхэд саад болдог. Энэ нь ажиллах хугацаа болон ажлын бүтээмжийг бууруулдаг. Зарим олборлолтын цооног том диаметртэй бүрхүүлтэй байдаг. Хайргаар дүүрсэн шүүлтүүрийг нээлттэй интервалын диаметрийг өргөжүүлсний дараа суурилуулдаг. Заримдаа олборлолтын элс-хайргатай шүүлтүүрийг

байрлуулдаг. Хүчилд тэсвэртэй материалын доторлогоо нь үйлдвэрлэлийн давхаргын орой хэсэг хүртэл хийгддэг. Суурь гэж нэрлэгддэг гаднах бүрхүүлийн баганын доод хэсэг жижиг диаметртай байдаг. Шүүлтүүр бүрхүүл хоёрын хоорондох зайг ашиглан битүүмжлэх, ойрхон байрлуулах зорилготой.

Зураг 9.1-д 300 метрээс дээш гүнд зориулсан ашиглалтын цооногийн загварыг үзүүлэв. Хагалсан интервалд тогтворгүй чулуунууд байна. Цементээр битүүмжилсэн гадаад **металл** бүрхүүлийг цооногийн нүхний тогтворгүй хэсэг рүү оруулдаг. Дараа нь хүчилд тэсвэртэй материалаар хийгдсэн дотоод бүрхүүлийг суурилуулдаг ба хоёр баганын хоорондох цагираг хэлбэртэй зайг цемент, хайрга, шавар, зуурмагаар битүүмжилдэг.



Бүтээмжтэй давхаргын зузаан 5 метрээс бага буюу маш нимгэн бөгөөд усны дээд хэсгийн хэлбэржилт өндөр бол олборлолтын цооногийн бүтээмжийг шүүлтүүрийг уртасган сайжруулж болно. Ингэхийн тулд дээд болон доод давхаргын ойролцоох хэсгийг конус хэлбэрээр өргөжүүлнэ. Тэгээд өргөтгөсөн бүс рүү цооногийн урт шүүлтүүрийг оруулж, шүүлтүүрийн эргэн тойрон дахь хөндийг элс хайргын холимогоор дүүргэнэ (зураг 9.2). Энэ явцад бүтээмжтэй бүсийн зузааныг 1.5-2 дахин уртасгасан шүүлтүүрийг хэрэглэх боломжтой.

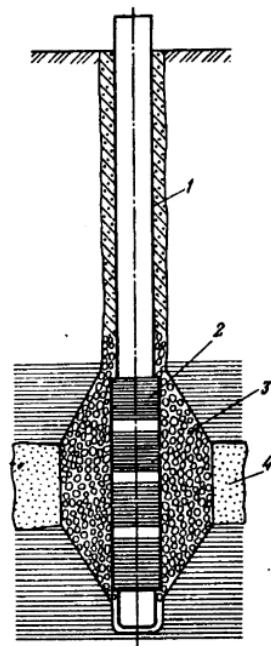
Зур 9.1. Гадна хамгаалалтын **металл** бүрхүүлтэй цооног. 1- хамгаалалтын **металл** бүрхүүл, 2- цемент, 3- PVC бүрхүүлийн ашиглалтын цооног, 4-туухай, 5-савлагч хоолой, 6-савлаг, 7-шүүлтүүр

Гэвч доод болон дээд хязгаарлалтын давхаргын бүтэн байдалд нөлөөлөхгүй. Хэрэв давхаргад нөлөөлвөл уусгалтын уусмал шингэрч, дээд болон доод усархаг давхарга бохирдоно.

Зураг 9.3.-д газрын гадарга руу уусгалтын уусмалыг зөөх зориулалттай гүний насос суурилуулсан олборлолтын цооногийн нэгэн хувилбарыг үзүүлэв. Үүний ялгарах онцлог нь энгийн ган бүрхүүл хэрэглэдэг. Бүрхүүлийн суурь нь полиэтилен хоолойны дотоод хэсэгтэй тохирсон байдаг. Полиэтилен хоолойны урт насостой таардаг. Диаметр нь бүрхүүлийн хэмжээтэй давхацдаг. Бүрхүүлийн суурь оруулсан гүнийг цооног дахь шингэний түвшинээр тодоорхойлдог. Олборлолтын цооногийн энэ загвар 500 метр болон түүнээс дээш гүнтэй ордод зориулагдсан.

Шүүлтүүргүй цооногууд нь бусад олборлолтын цооногуудтай ижил. Эдгээрийг нарийн ширхэгтэй элс агуулсан 10 метрээс бага зузаантай нимгэн үйлдвэрлэлийн давхаргын боловсруулалтад ашиглах боломжтой. Энэ нь шүүлтүүрийн шахалтын талбайтай харьцуулахад илүү том, ус цуглуулах гадаргуугийн талбайтайхөндий үүсгэдэг. Иймэрхүү хэлбэрийн шүүлтүүргүй цооногийг суурилуулах үед цагариг хэлбэртэй бүрхүүлийн цементийг бүрэн дуусгасан эсэхийг сайтар шалгах хэрэгтэй. Ялангуяа хүдрийн бүсийн дээд давхарга тогтворгүй бол нээлттэй интервал нь түүний уналтаас урьдчилан сэргийлэхэд дэмжихийг шаарддаг.

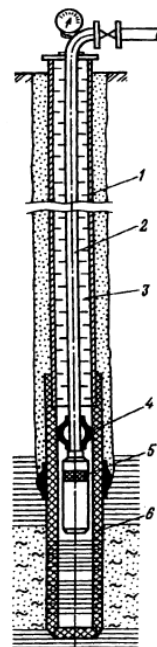
Шүүлтүүргүй цооног дахь нээлттэй интервалын хэлбэр нь үйлдвэрлэлийн давхарга дахь чулуулгийн хэлбэр, түүний бат бэх байдал, доогуур өргөсгөх аргаас хамаараад өөр өөр байж болно. Хөндий нь конус, хагас конус, цилиндр хэлбэрээр өргөжих боломжтой. Хөндий үүсгэхэд доогуур өргөсгөх хамгийн түгээмэл аргууд нь чулуулгийг агаараар сорох, усаар шүршиж зайлах зэрэг юм. Хөндий нүх үүссэний дараа, нурсан материалыг угааж цооногоос зөөнө.



Зур 9.2. Шүүлтүүртэй бүсийг хайргаар дүүргэсэн гаралтын цооног. 1-бүрхүүлийн байрлал, 2-шүүлтүүр, 3-элс хайргын холимог, 4- хүдрийн биет

Зураг 9.4.а-д энэ аргын жишээг үзүүлэв. Энэ аргыг цорго эсвэл уруу конус хэлбэрийн хөндийг нурсан чулуун материалаар хэсэгчлэн дүүргэхэд хэрэглэнэ. Нурсан материалын дээр үлдсэн зайг цементээр дүүргэдэг. Цементийг хатууран бэхэжсэний дараа уусмал өргөдөг хоолойг хөндий рүү оруулан нурсан материалыг агаарын өргөгчөөр цооногоос гаргадаг.

Зураг 9.4.б-д доогуур өргөсгөх аргачлалаар цооногийн голыг томруулснаар хөндийн дээврийн бэхжилтийг хийсэн байна.Хөндийн өөрийнх нь хэмжээ 1.5-2 м байх боломжтой боловч дээврийн тулгуурын үр ашиг нь зүсэх ирийг хамгийн их өргөтгөх зай 0.6 м байхаар хязгаарлагдсан байна.

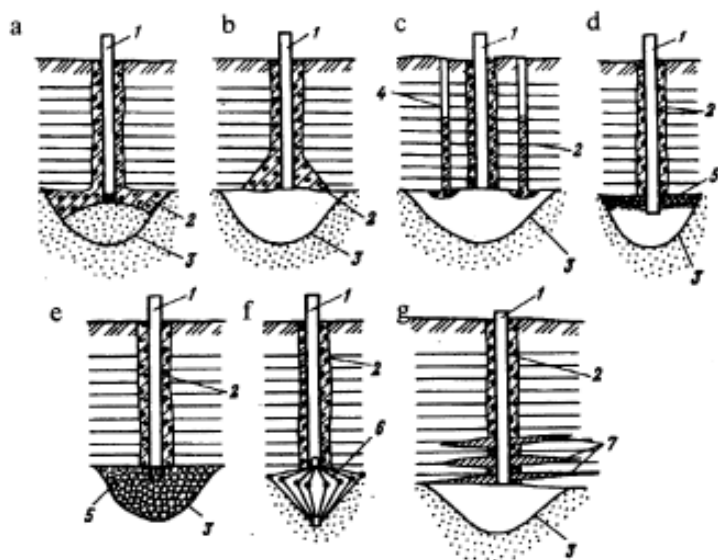


Зур 9.3. Гүний насостой гаргалтын цооног. 1-металл бүрхүүлийн зурвас, 2-насосын багана, 3-саармаг уусмал, 4-савлагч, 5-насос, 6- цооногийн полимер шүүлтүүр

Хэрэв том дээврийн талбайтай нээлттэй хөндий бол буруу харсан конусын радиус нь хэдэн метрт хүрнэ. Дээврийн тулгуурийн хамгийн бүтээмжтэй арга нь үндсэн цооногийн нүхний эргэн тойронд нэмэлт тулгуур нүхийг суурилуулна (зураг 9.4с-ийг харах). Дээврийн тогтворжилтоос хамаараад 3-6 тулгуур нүх суурилуулах ба үндсэн цооногоос хагас радиустай ижил зайд өрөмдөнө.

Хөндийн дээвэр хатуу, бат бэх болоход чулуулаг нь хуваагддаг, зууралтын дагуу хагарах хандлагатай байдаг. Үүнийг 9.4.d-д үзүүлсэн арга ашиглан хянах боломжтой. Хөндийн дотор талд бүрхүүлийн суурийг 50-80 см доор суурилуулах, мөн дээд хэсгийг бага болон их нягттай полиэтилен үрэл зэрэг эерэг идэвхжилтэй (хөвөх чадвар) үртсэн материалаар дүүргэх зэрэгт ашиглана. Хөвөгч үрлийг 0.9 м зузаантай хавтан хэлбэрээр байрлуулна. Энэ нь хэсэгчлэн нурах, дахин зуурахаас урьдчилан сэргийлж, дээврийн тулгуурт дэмжлэг болдог. Дээврийн доорх зайд агаарын оронд полиэтилен үрлийг оруулж өгдөг. Энэ нь дээврийн материалыг уснаас тусгаарладаг.

Нунтаг элс байгаа үед их хэмжээний хайрга, буталсан чулуугаар дүүрсэн



хөндийд элс нурахаас урьдчилан сэргийлж насосоор байнга зөөх хэрэгтэй (зураг 9.4 е). Гэвч энэ нь цооногт ус орох хүчин чадлыг бууруулах шалтгаан болж магадгүй.

Зураг 9.4. Нээлттэй нүхтэй цооногийн дээврийг бэхжүүлэх арга. 1-бүрхүүлийн эгнээ, 2-цемент, 3-ус хүлээн авах суваг, 4- тулгуур цооног, 5-хайрга, 6-тулгуур, 7- усны үйлчлэлээр үүссэн хагарал.

Дээвэр тогтвортой бөгөөд хөндий нь цилиндр эсвэл хагас конус хэлбэртэй бол механикаар тохируулсан **металл** хавтан эсвэл саваа ашиглан хананд хөндий үүсэхээс урьдчилан сэргийлж болно(зураг 9.4.f).

Хүдрийн биет агуулж буй үйлдвэрлэлийн давхаргын дээд хэсэг нь маш зузаан тогтворгүй геологийн тогтоцтой байх нөхцөл олон тааралддаг. Хэрэв чулуулаг нь нэвтрүүлэх чадвар сайтай бол химийн нэгдэл оруулж эсвэл зохиомол тогтвортой дээврийг хийж өгснөөр дээрх төрлийн материалыг тогтворжуулах боломжтой. Энэ аргын жишээг зураг 9.4.g-д үзүүлэв.

Үйлдвэрлэлийн бүсэд нүх өрөмдсөний дараа бүрхүүлийн цаадах цагираг хэсгийг, бүрхүүлийн ёроол руу нэвтэрсэн хэсгийг, хэвтээ чиглэлд үүссэн гидро хагарал зэргийг цементлэдэг. Хагархайг битүүлсэн цемент хатсаны дараа дахин хагарах процес бүр илүү явагдаж болдог. Хагархайны тоо цооногийн ажиллагааны хугацаа болон дээвэр чулууны шинж чанараас хамаардаг. Бүрхүүлийн шугам дахь цементэн таглааг өрөмдөж, үйлдвэрлэлийн бүсийг боловсруулах ба ус хүлээн авах шинэ хөндийг үүсгэдэг.

Шүүлтүүргүй цооног, хязгаарлагдсан бүрхүүлийн шаардлагууд, загварыг хялбарчлах, ажлын өндөр үр бүтээмж болон үйлчилгээний удаан хугацаа зэрэг нь газрын доорх уусгалтын давуу талууд юм.

9.3.2. Шахалтын цооногийн загвар

Олборлолтын цооногийн дээрх загварууд нь үйлдвэрлэлийн давхарга руу уусгалтын уусмалыг шахахад мөн хэрэглэгдэж болно. Гэвч бүх ашиглалтын цооногт нэг загвар хэрэглэх нь суурилуулалтын зардлыг өндөр болгох магадлалтай.

Учир нь ихэнхдээ шахалтын цооногийн тоо олборлолтын цооногийн тооноос 2-4 дахин их байдаг бөгөөд тусдаа групп болгон тэдгээрийн загварыг уусгалтын уусмалыг оруулахад тохиромжтойгоор өөрчлөх нь үр ашигтай байдаг. Цооногийн диаметрийг багасгаснаар зардал хамгийн ихээр хэмнэгдэнэ. Гэвч энэ нь уян хатан байдлын алдагдлаар дагалдана, учир нь шахалтын цооногт насос суурилуулснаар уусмалын чигийг өөрчлөх боломжгүй болно.

ГДУО байгууламжийн ажиллагаанд шахалтын цооногийн хоёр загварыг ашигладаг. Нэг нь нэг бүрхүүлийн баганатай, нөгөө нь хамгаалалтын бүрхүүлийн нэмэлт баганатай. Цооногийн бүрхүүл болон шүүлтүүрийн диаметр нь төлөвлөсөн урсгалын хурд дахь уусгалтын уусмалын шахалтад, хамгаалах бүс рүү орсон тоног төхөөрөмжийн судалгаа, засвар үйлчилгээг хийх зэрэгт хангалттай тохирсон байна. Эдгээрт нийцэх хамгийн бага диаметр нь 0.05 м байдаг.

Шахалтын цооногийн барилгын материал нь гадаад даралтын ачаалал болон дотоод шахалтыг хоёуланг нь даах чадвартай байх ёстой. Бүх бүрхүүлийн хэсгүүдийн хоорондын холбообүтэн битүүмжлэгдсэн байх нь хамгийн чухал юм.

Уусгалтын уусмалыг 9.1, 9.2 болон 9.4 зургуудад үзүүлсэн цооногоор шахаж болно. Дотоод шахалтын хоолойтой хамгаалагдсан бүс рүү уусгалтын уусмалыг шууд оруулахад шахалтын бүтээмж дээшилж болно. Хоолойн хананы хоорондох зайгаар янз бүрийн чөлөөт хий болон агаар үйлдвэрлэлийн бүсээс гадагшлах учраас энэ арга нь хамгаалалтын холбоосыгбагасгах хандлагатай байдаг.

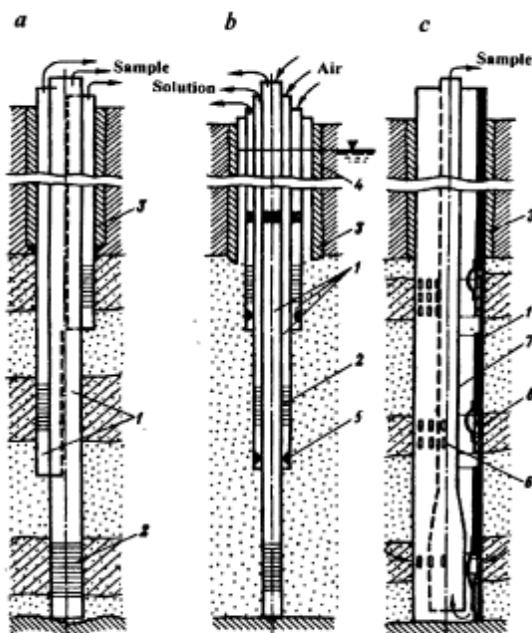
9.3.3. Ажиглалтын цооногийн загвар

Ажиглалтын цооногийн загварын үзүүлэлтүүд (баганын диаметр, шүүлтүүрийн хэлбэр гэх мэт) нь судалгаа хийсний үндсэнд тодорхойлогддог.

Ажиглалтын цооногийн гүн нь судлагдсан усан давхрага эсвэл үйлдвэрлэлийн давхаргын гүнтэй холбоотой. Цооногийн шүүлтүүр нь дараах замаар суурилагддаг. Гэвч тухайн хугацаанд нэг бүсэд суурилагддаг.

1. Уусгалтын давхаргын дээд болон доод усан давхаргад, уусгалтын уусмалын хэрэгцээгүй босоо хөдөлгөөнийг ажиглахад;
2. Ижил усан давхаргад, гэхдээ уусгалтын уусмалын нэвчилтийг хянахад уусгалтын давхаргын дээд ба доод хэсэгт;
3. Уусгалтын давхарга дотор, уусгалтын турш ураны олборлолтын мэдээлэл өгөх.

Цооногийн загварын сонголт нь эдгээр судалгаанд ашиглах боломжтой тоног төхөөрөмжийн төрлөөс хамаардаг. Хамгийн энгийн ажиглалтын цооног нь дан бүрхүүлт баганатай шахалтын цооногтой адилхан бөгөөд бүрхүүлдээ шүүлртүүртэйгээр баригдсан байдаг. Цооногийн илүү төвөгтэй, судалгааны зориулалттай загварыг зураг 9.5-д үзүүлэв. Эхний суурилуулалтад цооног нь гурван тусдаа хэсгээр баригдана. Гэхдээ параллель бүрхүүлийн баганатай.



Бүх бүрхүүлийн багана нь нэг үйлдвэрлэлийн давхаргын янз бүрийн түвшинд эсвэл өөр өөр усархаг давхаргад байрлуулсан шүүлтүүртэй. Шүүлтүүрийг бүрхүүлд хялбархан байрлуулахад 0.05м дотоод диаметртай полимер хоолойг ашигладаг.

Зур 9.5. Ажиглалтын цооног: а – параллель бүрхүүлтэй, б- төвлөрсөн бүрхүүлтэй, с- нэг баганатай нэгж. 1-бүрхүүл, 2-шүүлтүүр, 3-гадаргуугийн бүрхүүлийн таглаа, 4-цооногийн багана, 5-савлагч, 6-нээлттэй шүүлтүүр, 7-дээжлэлтийн багана, 8-хавхлага.

Зураг 9.5.б-д үзүүлсэн загварт бүрхүүлийн баганууд дотор талаараа өөр хоорондоо оптик холбоогоор холбогдсон байдаг. Даралттай агаар бүрхүүл дэх нүхээр өнгөрөхөд агаарын өргөгчөөр шүүлтүүр бүрээс тус тусдаа дээжлэлт хийдэг. Энэ загварын дутагдалтай тал нь шүүлтүүрээс доош бүрхүүлийн цагариг хэлбэртэй зайг битүүмжлэх хүндрэлтэй байдаг. Мөн олон төвтэй бүрхүүлийн баганаас болоод цооногийн диаметр хурдтайгаар өсдөг,

цагариг хэлбэртэй зай руу төхөөрөмж оруулах боломжгүй байдаг зэрэг дутагдалтай талуудтай.

Зураг 9.5.с-д дотор талдаа хүссэн бүх мужаас нэгэн зэрэг дээжлэлт хийх боломжтой пүрштэй конус маягийн холбогчтой шүүлтүүрийн нүхтэй холбогдсон бүрхүүл бүхий цооногийн загварыг үзүүлжээ.

Бүрхүүлийн баганыг суурилуулсны дараа дотор талын баганын хоолойг оруулдаг ба энэ нь дараа нь гидрогеологийн судалгаанд хэрэглэгддэг. Хоолойн ёроол нь өргөн учраас холбогч пүршийг идэвхжүүлж, бүрхүүл дэх нүхийг нээж, цооногруу шингэн орох боломжийг бүрдүүлдэг. Бүрхүүл доторх агаарын нэмэлт хоолой ашиглан пресслэгч машин эсвэл агаарын өргөгчөөр цооногоос шингэн дээж цуглуулна. Дотоод хоолойн өсөлт болон бууралтаар, өргөн хэсэг нь бүх пүршин холбогчуудыг нээхэд хэрэглэгддэг. Энэ загвар нь энгийн бөгөөд хямд өртөгтэй. Бүх гүний усны дээжлэлтийг хийх боломжтой ба усны түвшин болон халууныг зөв тодорхойлдог.

Зураг 9.5.b-д үзүүлсэн ажиглалтын цооног болон олон төрлийн давхаргатай хүдрийн биетэд зориулагдсан шахалтын загвар хоёрын хоорондын нэг ялгаа нь зөвхөн төв бүрхүүлийн багананд холигч байрлуулсан. Төв баганаар агаар орж доошлоход үйлдвэрлэлийн давхаргын дээд бүсээс дээжлэлт хийнэ. Төв багана, хоолой хоёрын дундуур агаар ороход доод бүсээс дээж авдаг. Усны хэлбэржилтийг төв баганаас хэмждэг.

9.3.4. Хайгуулын болон хяналтын цооног

Туслах цооногуудын дунд хайгуулын болон хяналтын цооногууд хамгийн энгийн загвартай байдаг. Эдгээр нь 24 цаг орчим ажилладаг богино ашиглалтын хугацаатай.

Хайгуулын нүхний гүн нь үйлдвэрлэлийн давхаргын зузаанаас хамаарна. Гэвч өрөмдлөг нь ихэнхдээ хязгаарлалтын давхаргын дээд хэсгийг нэвтрэн зогсдог. Ажиллаж байгаа ГДУО-д хайгуулын нүх нь нэг жигд 0.112 м диаметртэй 650-700 метр гүнд хүрнэ. Өрөмдлөгийг голдуу тасралтгүй үйл ажиллагаагаар дуусгадаг. Өрмийн голын дээжийг үйлдвэрлэлийн давхарга болон үйлдвэрлэлийн давхаргын дээд болон доод хэсгээс авдаг.

Хяналтын цооногууд нь хайгуулын цооногтой ижил төстэй байдгаас гадна тэдгээрийг ажиллаж байгаа болон хоосорсон цооногийн талбайдотор өрөмддөг. Уусгалтын улмаас чулуулгийн матриц өөрчлөгдөх боломжтой учраас үйлдвэрлэлийн давхарга руу оруулахад хүндрэл учирч болзошгүй. Жишээлбэл хүчлийн урвалж нь чулуулаг дахь цементтэй эрдсүүдийг уусгах болон өрмийн голын хэсгүүдийг задлах боломжтой. Тийм учраас өрмийн голын дээжийг хос гол төмөр, гүний насос, шахмал тогтвортой наалдац эсвэл шингэнийг ашиглан авдаг. Судалгаа дуусах үед хяналтын цооногуудыг тагладаг.

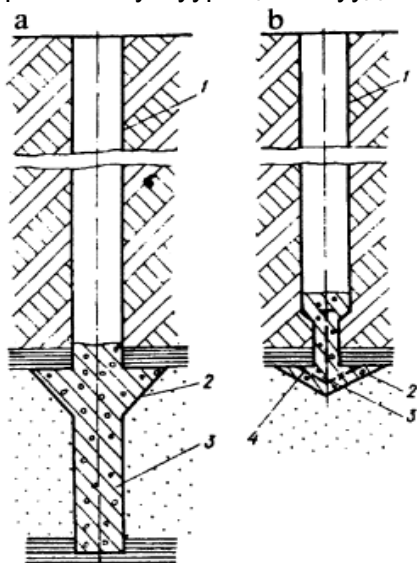
9.3.5. Тулгуур цооногийн загвар

ГДУО-д тулгуур цооногуудыг заримдаа шүүлтүүргүй олборлолтын цооногийн хөндийн дээврийн тулгуурт хэрэглэдэг. Тулгуур нүхнүүдийг хөндийн гүйцэтгэлийн өмнө болон дараа аль алинд нь өрөмдөж болно. Үйлдвэрлэлийн давхаргын гүн 150 метрээс их болвол тулгуур цооногийг олборлолтын цооногийн өмнө өрөмддөг. Мөн цооногийн хазайлт зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс илүү хазайвал тулгуур цооногийн ёроолд хүрч хөндий орхигдох болон цооногтой нэгдэх болно.

Үйлдвэрлэлийн давхарга гүехэн бол тулгуур цооногийг үндсэн цооногийн дараа гэхдээ хөндийн малталтын өмнө өрөмдөж болно. Тулгуур цооногийн чиглэл болон шулуун байдлын тэсвэр маш нарийн чанга байдаг.

Туслах тулгуур цооногуудыг шүүлтүүргүй олборлолтын цооногийн хөндийн дээврийн тулгуурыг 2 хувилбараар хийхэд хэрэглэдэг. Үүнд: тулгуур цутгах, тулгуур шон цутгах (зураг 9.6.). Цутгамал тулгуурыг тогтвортой бөгөөд хатуу үйлдвэрлэлийн давхаргын дээд хэсгийн чулуулгийг хамт холбох дахиад хийдэг. Цутгамал тулгуур шон нь дээд хэсгийн чулуулгийн массын даралтыг даах хөндийн дээвэр болон ёроолын давхаргуудын хооронд суурилагддаг.

Нэг ашиглалтын цооногт шаардлагатай тулгуур цооногийн тоо нь геологийн нөхцөл болон шүүлтүүргүй цооногийн загварын эдийн засгийн боломжоос хамаардаг. Дээврийн байдал илүү тогтворгүй, камерын хэмжээ том байхад их тооны тулгуур цооног шаардагддаг. Ихэнхдээ 3-8 цооногууд хангалтай хүрэлцээтэй байдаг. Мөн сүүлийн тооноос хамаараад эдгээр нь үндсэн цооногийг тойроод 120, 90, 72, 60 болон 45° -ын өнцөгөөр симметр байрлана. Тулгуур цооногууд болон цооног хоорондын зай нь хөндийн хэмжээнээс хамаардаг. Ихэвчлэн хөндийн радиусын хагасыг авдаг.



9.3.6. Уусгалтын уусмалын хажуугийн хазайлтыг хянах цооногийн загвар

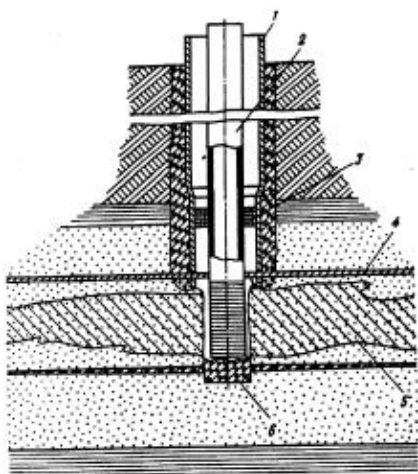
Уусгалтын уусмалыг хадгалах нэг сайн арга бол хүдрийн биетийн хилээс гадна үйлдвэрлэлийн давхаргад тархах уусмалын тархалтыг хязгаарлах болон тархалтаас урьдчилан сэргийлэх юм. Үүнд ус нэвтрүүлдэггүй хаалт хийх, эсвэл түр зуурын гидравлик хаалт хийх гэсэн хоёр арга зам байна.

Зур 9.6. Тулгуур цооног. 1-цооногийн гол, 2-үйлдвэрлэлийн бүс дэх өргөссөн хэсэг, 3-бетонон цутгамал, 4-металл саваа.

Уусгалтын уусмалыг хянах ус нэвтрүүлдэггүй механик хаалт нь үйлдвэрлэлийн давхарга дахь хөндийн малталтаар үүсэх ба уусгалтын уусмал орж ирэх үед царцдаг ус үл нэвтрүүлэх материалаар хөндийг дүүргэдэг.

Гидравлик хаалт хийхэд дараах шаардлагуудыг хангасан байна:

- Шахалтын шингэний харимхай чанар нь давхрага руу нэвтрэх боломж олгодог ба цооногоос бүх чиглэлийн дагуу хэдэн метр үргэлжилдэг ан цав/завсрыг бүрэн дүүргэдэг;
- Шингэн нь тогтоц эсвэл уусгалтын уусмалтай урвалд орохгүй байх;
- Үйлдвэрлэлийн давхарга усан давхаргаас тусгаарлагдсан үед ан цав/завсар үргэлжилж байх.



Механик хаалтад зориулагдсан цооногууд нь ашиглалтын цооногуудтай ойролцоо эсвэл тэдний дунд байдаг. Хэрэв цооногийн талбайд хийгдсэн бол өрөмдлөгийн зардлыг хэмнэх үүднээс ашиглалтын цооног шиг хаалтын дараа суурилагдана(зураг 9.7.).

Зур 9.7. гидрофракцын дагуу ус үл нэвтрүүлэх хаалт оруулснаар хүдрийн биетийг хязгаарласан цооног. 1-бүрхүүл, 2-үйлдвэрлэлийн цооног, 3-савлагч, 4-гидрофракцаар үүссэн хагарал, 5-хүдрийн биет, 6-цементэн суурь.

9-Р БҮЛГИЙН НОМЗҮЙ

- ARENS, V.Z., Minerals Recovery from Boreholes, M.: Nedra (1986).
- BASHKATOV, D.N., BRONNIKOV, I.D., Drilling of Horizontal and Inclined Wells.
- Razvedka i Okhrana nedr **2**, p (1980) 28–31.
- SERGIENKO, I.A., MOSEV, A.F., BOCHKO, E.A., et al., Drilling and Equipment of
- Technological Wells, M. Nedra (1985).
- GAVRILKO, V.M., ALEKSEEV, V.S., Borehole Filters, M. Nedra (1985).
- MAMILOV, V.A., PETROV, V.A., SHUSHANIJA, G.R., et al., Uranium Recovery by ISL,
- M. Atomizdat (1980).
- KOSJUTIN, Y.S., Improvement, Present and Future of directed Drilling, Izvstija vuzov.
- Geology and Exploration: 3: Technology of Geological Exploration (1985) 77–97.
- LUNEV, L.I., Mine Systems for Working Uranium Deposits by ISL. M.: Energoizdat (1982).

БҮЛЭГ 10. ГДУО-Д АШИГЛАХ ЦООНОГУУДЫН ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

10.1. ГДУО уусмалыг гадаргуу руу шахах аргууд

ГДУО-д үйлдвэрлэлийн уусмалыг агаарын өргөгч эсвэл гүний цахилгаан насосоор дээш өргөдөг. Уусмалыг өргөх аргыг сонгохдоо ордын гидрогеологийн нөхцөл (статик болон динамик усны түвшин, урсгалын шинж чанар, хүдэр агуулагч чулуулгийн шинж чанар), уусгалтад хэрэглэсэн урвалжийн төрөл (хүчил, шүлт), түүнчлэн инженерчлэл болон нэгж куб метр дэх олборлолтын уусмалын үйлдвэрлэлийн зардлын эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг харгалзан үзэж сонгодог.

АНУ-д ердийн практикт гүний цахилгаан насосыг хэрэглэдэг. Их хэмжээний хатуу биеттэй уусмалыг шахах чадвартай, хүчилд тээвэрлэдэг, өндөр температурт ажиллах ба засвар үйлчилгээ харьцангуй хялбар зэрэг хэд хэдэн давуу талаас болоод Төв Ази болон Европт ГДУО байгууламжид агаарын өргөгчийг өргөн ашигладаг. Агаарын өргөгч нь иж бүрэн хоолойнуудаас бүрддэг, нэг хоолойгоор нь агаарыг оруулж, нөгөө хоолойгоор нь уусмалыг өргөдөг, түүнчлэн гаргагч болон компрессороос бүрддэг байна.

Агаар болон олборлолтын уусмалын хоолойд ерөнхий төвтөй ба параллель угсралттай гэсэн хоёр хоолойн суурилуулалтын систем байдаг. Үүнд: агаар болон шахалтын уусмалын хоолойд зориулсан ерөнхий төвтөй систем, параллель угсралттай систем байна. Ерөнхий төвтөй системд цооногийн ажиллагааны багана нь (гэрийн багана) уусмалыг өргөхөд ашиглагддаг. Харин өргөн диаметртай цооногт параллель хоолойтой агаарын өргөгч ашигладаг. Ажлын гүн, агаар болон уусмалын хоолойн диаметр, шахалтын хурд, ажлын даралтыг хүснэгт 10.1-д үзүүлэв. Уусмалыг шахах үед агаарын өргөгчийн бүтээмжийг цооног руу шахаж байгаа агаарыг ихэсгэх бууруулахаар хянадаг.

ГДУО-д хэрэглэгддэг гүний цахилгаан насос нь агаарын өргөгчтэй харьцуулахад хэд хэдэн давуу талтай. Уусгалтын талбай дахь агаарын тусгаарлагч хоолой, компрессор байхгүй, илүү энгийн ажлын нөхцөлтөй. ГДУО-ын гүний насостой баригдсан олборлолтын цооногийн тогтвортой ажиллагаа нь цооногийн барилгаас маш их хамаардаг. Насостой олборлолтын цооногт дараах шаардлагууд тавигдана. Үүнд:

- хоолой болон цооногийн гэр нь 0.1-10%-ийн хүхрийн хүчлийн уусмалд зэврэлтэд тэсвэртэй байх;
 - шахах уусмалын температур $(+25^{\circ}\text{C}) - (+35^{\circ}\text{C})$ -аас хэтрэхгүй байх;
 - уусмал дахь нийт ууссан бодисын хэмжээ 70 – 80 г/л-ээс хэтрэхгүй байх;
 - цооногийн тэнхлэг шулуун байх буюу шулуунаас хазайлтгүй байх;
 - цооногийн бүтээмж нь насосын ажиллах хүчин чадалтай уялдаатай байх. Уусмал дахь хатуу бодисын хэмжээ 0.1 г/л-ээс хэтэрч болохгүй зарим нөхцөлд 1 г/л хүрч болно.
-

Хүснэгт 10.1. Агаарын өргөгчөөр уусмалыг гарган авах үзүүлэлтүүд

Агаарын өргөгчийн ажлын нөхцлүүд	Холигчийн дүүргэгч болон динамик түвшний гүний харьцаа													Хоолойн диаметр агаарын урсгалын чадлаас хамаарах нь			
	1:2.5			1:2				1:1.66									
	Динамик түвшин, м (цооногийн дээд хэсгээс доош)													Ерөнхий төвтөй		Параллель	
	10	20	30	40	50	20	30	40	50	60	45	55	70	Уусмал	Агаар	Уусмал	Агаар
Урсгал гадагшлах түвшнээс доош гүн(м), уусмалын хоолой дахь холигч	25 28	50 53	75 278	100 103	125 128	40 43	60 63	80 83	100 103	120 123	74.7 77.7	91.3 94.3	116. 2 119. 2				
Холигч дахь агаарын хоолойн ажлын даралт, МПа	0.15	0.3	0.45	0.6	0.75	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.36	0.46				
Тусгай агаарын урсгалын хурд, м³/мин	3	3.81	4.66	5.41	6.15	5.43	6.46	7.5	8.35	9.15	11.7 5	13.2	14.6 1				
Ус өргөгчийн м³/цаг, агаарын урсгалын хурд, м³/мин																	
-5	0.25	0.32	0.38	0.42	0.5	0.43	0.53	0.63	0.68	0.7	0.97	1.1	1.25	40	15	32	15
-10	0.5	0.63	0.75	0.84	1	0.86	1.1	1.26	1.36	1.6	1.95	2.16	2.5	50	20	40	20
-20	1	1.26	1.5	1.7	2	1.72	2.12	2.52	2.7	3.35	3.9	4.32	5	80	23	70	20
-30	1.5	1.9	2.3	2.25	3	2.6	3.2	3.8	4	4.2	5.84	6.48	7.5	100	25	70	20

Гүний насосны гол дутагдалтай тал нь механик бохирдлын үрэлтээс болоод зарим эд анги нь хурдан элэгддэг ба цахилгаан мотор нь өндөр температурт ажиллах боломжгүй байдаг.

Насосыг цооногт кранаар /ган хоолойд/ эсвэл тусгай өргөгч төхөөрөмж /пластик хоолойд/ ашиглан суурилуулдаг.

Хүснэгт 10.2. Гүний насос болон агаарын өргөгчөөр уусмалыг шахах үзүүлэлтүүд

Системийн элементүүд	Системийн үзүүлэлтүүд	
	Гүний насосын систем	Агаарын өргөгчийн систем
Олборлолтын комплекс	Олборлолтын цооногийн гүн Олборлолтын цооногийн бүтээмж Статик түвшин Шахах үед (динамик түвшин) шингэний статик түвшний доод хэмжээ Ажиллаж байгаа олборлолтын цооногийн нийт тоо хэмжээ Цооногийн бүтцийн үзүүлэлтүүд (дотор тал болон цооног хоорондын зай, дотоод шугамын зай, савааны дундаж урт, савааны нийт тоо) Хүдрийн биет болон компрессорын хэсгийн хоорондын зай	
Уусмалыг шахах арга	Гүний цахилгаан насос: хэлбэр хүчин чадал ажлын даралт эрчим хүчний зарцуулалт үйлчилгээний хугацаа засвар хоорондын хугацаа суурилуулах насосын цооногийн диаметр, суурилуулалтын интервал	Агаарын өргөгч: хэлбэр ажиллах горим агаар болон уусмалын багтаамж цооногийн дээд хэсэг дэх агаарын даралт цооногийн диаметр, агаар (уусмал) тусгаарлагч холигчийн доошлох гүн
Эрчим хүчний эх үүсвэр		Компрессорын хэсэг: компрессорын төрөл хүчин чадал ажлын даралт эрчим хүчний зарцуулалт компрессорын тоо ажиллах хүчний тоо
Эрчим хүч дамжуулах систем	Эрчим хүчний шугам: ердийн хүчдэл цахилгаан утасны хөндлөн огтлол урт Дамжуулагч дэд хэсэг: хэлбэр тоо Кабель: хөндлөн огтлол сунгалт	Гол, салаа болон паралель агаарын шугам: диаметр урт

И.Ступиний “олборлолтын уусмалын инженерчлэл болон эдийн засгийн анализ”-ын дагуу зөвхөн гүний ба агаарын өргөгчтөй насосын үнэлгээгээр зогсохгүй эрчим хүчний систем, олборлолтын элементийн бүрэлдэхүүн зэрэг бүх системийг үнэлэх хэрэгтэй.

Насосын системийн оновчтой хэрэглээ нь эдийн засгийн хэмнэлт юм. Гүний насос болон агаарын өргөгчтөй системийн техникийн параметрууд болон бүтцийг Хүснэгт 10.2.-т үзүүлэв. Уусмалыг өргөх системийн үнэлгээг тусгайлан боловсруулсан загвар ашиглан гүйцэтгэдэг. Энэ нь техникийн хувьсах хэмжигдэхүүний функциональ хамаарлаар тодорхойлогддог. Эдгээр харилцан хамаарал нь тухайн системийн эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлдог.

Шахах системийн загвар нь цахилгаан насосуудтай байх бөгөөд хоёр төрлийн агаарын өргөгч системтэй байна.Үүнд:

- Төв хоолойгоор дамжих агааржуулагчтай, хоолой болон цооногийн гэр хоорондох цагирагаар дамжин уусмал нь дээшилнэ
- Төв хоолой, гэр хоорондын цагирагаар дамжих агааржуулагчтай, уусмал нь төв хоолойгоор дээш өгсдөг.

Компрессоруудын ажиллах горим нь мөн хоёр янз байна. Үүнд:

- Агаарын өргөгч ажиллаж эхлэх болон хэвийн ачаалалтай үед нэг компрессор нь ажиллана.
- Өндөр даралтын компрессор ашиглан ажиллуулж эхлэх тохиолдолд хэвийн ажиллагааг бага даралтын хоёрдогч компрессороор хангана.

Дээрх загвар дотор гүйцэтгэсэн тооцооллууд нь:

- (a) Дараах техникийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох:
 - Тухайн уурхайн цогцолборын өгөгдсөн параметруудад үндэслэн уусмалын насосны хэлбэрийг;
 - Шахалтын хэлбэр болон уурхайн цогцолборын параметруудад үндэслэн давуу эрчим хүчний эх үүсвэрийг;
 - Тохирох шахалтын системтэй давуу эрчим хүчний эх үүсвэр бүхий шаардлагатай эрчим хүчний дамжуулах системийг холбох зэрэг болно.
- (b) Тооцоолсон параметруудийн дагуу системийн эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон (шахалтын систем – уусмалын жилийн зардал – эцсийн үр дүн) байна.

Уурхайн цогцолборын зураг төслийн параметруудийг ашиглан гүний болон агаарын өргөгч насосны системийн параметруудийг тодорхойлсноор ашиглах боломжтой загварыг авч үздэг. Хамгийн эдийн засгийн үр ашигтай системийг үр дүнгүүдийг харьцуулсны үндсэн дээр сонгосон байна. Агаарын өргөгчийн шаардлагуудыг тооцоолсон параметруудад үндэслэн гаргасан байна. Үүнд: хэлбэр, гэр болон агаарын сувгийн (уусмал) стандарт хэмжээ, агаар өргөгчийн толгой доорх уусмал, цооногийн толгой дахь агаарын даралт зэрэг болно.

Ялангуяа агаарын өргөгч системд загварыг ашиглан гарган авсан мэдээллийг хэрэглэхэд оновчтой тооцооллыг шаарддаг. Энэ нь зарим нэг тогтмол параметрууд нь хувьсдаг байх зарчмаар зохицуулагддаг байхыг агаарын өргөгч систем шаарддагтай холбоотой. Сонгосон агаарын өргөгчийн параметрууд болон тэдгээрийн хамгийн ашигтайг сонгож хэд хэдэн хосолмол аргаар туршсанаар асуудлыг шийдэх боломж, нөхцөлийг гарган авна. Энэхүү арга нь олон ажиллагааг шаарддаг боловч тооцооллыг компьютерын анализаар түргэвчилж болно. Техник, эдийн засгийн үзүүлэлтийн судалгаагаар жижиг орд дээр хийсэн уусмалын насосын нэгэн аргыг ашиглан амжилттай уусгасан туршилтыг харуулсан болно. Томоохон талбайг хамарсан ордуудыг магадгүй гүний болон агаарын өргөгчтэй насосууд гэх мэт 2 шахалтын аргыг ашиглан олборлосон байж болно.

10.2. Уусгалтын талбайн цооногийн үзүүлэлт

Шахалтын болон олборлолтын цооногийн үзүүлэлтийг ашиглалтын фактор (C_u) болон бат бөхийн коэффициент (C_r) гэсэн 2 коэффициентээр тодорхойлдог.

Ашиглалтын фактор $/C_u/$ -оор үйл ажиллагааны нийт хугацаан дахь цооногийн ашиглалт буюу хэрэглээг хэмждэг. Энэ нь цооногийн зохион байгуулалтын бат бөх чанарыг илэрхийлэх бөгөөд орд эсвэл хүдрийн биетийн олборлолтын үйл ажиллагааны зардалд нөлөөлдөг. Ашиглалтын факторыг блокын уусгалтын хугацаа (T_6)-г цооногийн ажилласан нийт хугацаа (T_u)-нд харьцуулж олно. $C_u = T_6/T_u$. Блокын уусгалтын хугацаа 1-5 жил, цооног нь **металл** болон хуванцар хоолойгоор тоноглогдсон зэрэг олон янзын нөхцөлд ашиглалтын фактор нь өргөн мужийг хамарсан өөр өөр хувилбартай байж болно. Иймд блокын уусгалтын хугацааг 1, 2 болон 3 жилээр тооцож, шахалтын болон олборлолтын цооногийн үйлчилгээний хугацааг 8 жил байхаар сонговол C_u утга харгалзан 0.125, 0.25, 0.375 байна. Уусгасан үйлдвэрлэлийн давхаргыг сэргээснээр C_u -ийн утга зохих хэмжээгээр өсдөг.

Ажиглалтын цооногуудын хувьд ашиглалтын фактор 0.6–0.8-д хүрдэг. Уусгасан блокод ажиглалт үргэлжилж хийгддэг учраас ажиглалтын цооногууд нь шахалтын болон олборлолтын цооногтой харьцуулахад илүү урт хугацаанд ажилладаг байна.

ГДУО үйл ажиллагааны хамгийн тохиромжтой зохион байгуулалт бол цооногийн үйлчилгээний хугацаа болон нийт ажиллах хугацаа тэнцүү байхад оршдог. Энэ нөхцөлд $C_u=1$ байна.

Уусмалын хүчлийн уусгалтыг ашиглах ГДУО байгууламжид шахалтын болон олборлолтын цооногууд нь ерөнхийдөө полиэтилен хоолойгоор тоноглогдсон байх бөгөөд цооногуудын үйлчилгээний хугацаа нь 1-3 жил байдаг. Цооногийн нас болон блокын уусгалтын хугацааны харьцаагаар цооногийн бат бөхийн коэффициент $C_r = T_u/T_6$ тодорхойлогддог бөгөөд утга нь 1-ээс их байна. Ердийн практикт, блокын үйл ажиллагааны эхний болон 2 дахь жилд цооногууд эвдэрч эхэлдэг учраас тэдгээрийн бат бөхийн

коэффициент 0.5-0.8 байдаг. ГДУО ажиллагааны туршид байгууламжуудыг шахалтын болон олборлолтын цооногуудын олон төрлийн ололттойгоор олон янзаар шалгасан. Цооногуудын бүтцийн хэрэгслүүдийг зэвэрдэггүй ган, полиэтилен, полипропилен, фанер, шилэн хөвөн, металлпластик хоолойгоор хийсэн байсан. Цооногуудыг мөн олон янзын загвартай хаалтуудаар тоноглогсон (нүхтэй, өрөмдсөн, торлосон, төмөр тороос, хайрган цагирагтай болон цагираггүй диск гэх мэт).

ГДУО байгууламжийн шахалтын болон олборлолтын цооногийн үзүүлэлтийг эвдэрсэн цооногууд холбогдоогүй нөхцөлд судалж шинжилсэн байсан. Судалгаанд тэдгээрийн хийц загвар, ажиллах хугацаа, зориулалт, гидравлик битүүмжлэлийн хэлбэр, хөрс, цаг уурын асуудлууд зэргийг анхаарч үзсэн. Цооног эвдэрч гэмтэх гол шалтгаанууд нь: гэрний бүрэн бүтэн байдал алдагдах, хаалтын эвдрэл, засварын дараа цооногийн хүчин чадал алдагдах, уусгалтын уусмалын сулруулалт болон чулуулгийн массын бохирдлын үр дүнд гидравлик битүүмжлэл хангалтгүй болох зэрэг юм.

Янз бүрийн байгууламжуудын 220-250 метрийн гүнтэй цооногуудад хийсэн шалгалтаар маш олон тооны шахалтын цооногууд эвдэрсэн байсныг илрүүлсэн. Тэдгээрийн эвдрэх болсон гол шалтгаан нь гэрний бүрэн бүтэн байдал алдагдах эсвэл бүтээмж бүхэлдээ буурсан байсан. Үндсэндээ шахалтын цооногуудын ашиглалтын 3 жилийн явцад 50% нь эвдэрсэн байсан. Олборлолтын цооногийн хувьд дунджаар 20% нь эвдэрсэн байсан.

Цооногийн эвдрэл нь уусгалтын нөхцөл (олборлох эсвэл шахах горим, бүтээмж), цооногийн загвар, гүйцэтгэлтэй холбоотой. Цооногууд нь олборлолтын болон шахалтын уусмалыг дахин эргэлтэд оруулахад ашиглагддаг, түүнчлэн шахалтын цооногууд нь хэт их даралтад ажилладаг учраас ашиглалтын эхний болон 2 дахь жилийн явцад эвдэрдэг байна.

Цооногийг гель/цементэн зуурмаг эсвэл полиакриламидын шингэлсэн шаварлаг уусмалаар зуурсан бол агаарын өргөгч насосын ёроол дахь гэрний бүрэн бүтэн байдал алдагдсаны үр дүнд ашиглалтын эхэн үеэс эвдрэл гарсан байх боломжтой. Хаалт болон гэр хоорондын холболтын эргэн тойрны цагаригийг дүүргэхэд шаварлаг зуурмаг ашигласан үед болон мөн гидравлик битүүмжлэл алдагдахад гэр гэмтэж, ялангуяа элс болон элсэн-шаварлаг чулуулгийн доод биед холболт алдагдсан байж болно.

Гэрний хэлхээг гадарга руу цементэлсэн үед цооногуудын үзүүлэлт хамгийн баталгаатай байна. Сайн чанарын зуурмаг нь цооногийн үйлчилгээний хугацааг зохих хэмжээгээр нэмэгдүүлдэг. Түүнчлэн 7 жилийн үйл ажиллагааны дараа цооногуудад хийсэн геофизикийн судалгаагаар гэрний холболтод ямар ч эвдрэл цоорол гараагүйг илрүүлсэн байна. Хоолойн үлдэгдэл дулааны үйлчлэл нь гэрний хэлхээ болон цооногийн үзүүлэлтэд ямар нэг нөлөө үзүүлээгүй байсан.

10.3. Шахалтын цооногийн бүтээмж буурах шалтгаанууд

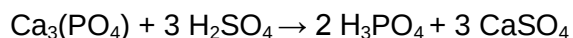
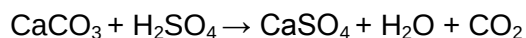
Олон тохиолдолд ГДУО үйл ажиллагааны бүтээмж нь шингэнийг хүлээн авах чадварыг хянадаг шахалтын цооногийн хаалтын нөхцөлөөс шалтгаалдаг. Тогтвортой нөхцөлд байгаа уусгалтын уусмалын урсгалын хурдыг өөрчлөхөд аль нэг нь нэмэлт даралт хэрэглэх эсвэл цооногийг цэвэрлэх үйл ажиллагааг түр зогсоодог. Цэвэрлэсний дараа цооногийн бүтээмж нь анхны хийц загварын утгадаа хүрдэг хэдий ч эргээд хурдан буурч эхэлдэг.

Шахалтын цооногоор сорогдон орж байгаа уусмалын хэмжээ буурсан шалтгаан нь хаалтын бүсийн нэвчилт багассан явдал юм. Энэхүү нэвчилт буурах нь тухайн тогтоц руу уусгалтын уусмалыг шахах үед бий болдог олон янзын физик, химийн үзэгдлээс шалтгаалдаг. Уусгалтын уусмал үйлдвэрлэлийн бүсийн хатуу, шингэн фазуудтай харилцан үйлчлэлд ороход химийн үлдэгдэл нүх сүвүүдэд хэлбэршиж тогтсон байдаг. Ингэснээр тухайн давхарга дахь уусмалын физик шинж чанар (нягт, наалдамхай чанар) өөрчлөгддөг.

Тогтцын ус нь огт өөр найрлага, агуулгатай байж болно. Молекулууд нь диссоциацилагдаагүй төлөвт байгаа тогтцын усанд бараг бүх химийн элементүүд байдаг. Мөн физик химийн нөхцөл өөрчлөгдөхөд уусмалаас амархан ялгардаг гүний усанд уусдаггүй хийнүүд (O_2 , CO_2 , H_2 , CH_4 гэх мэт) байна.

Тогтцын усан дахь маш олон нэгдлүүд нь тогтворгүй байдаг бөгөөд pH болон Eh-аас хамааран уусаагүй төлөвт эсвэл тунадасжиж үлдэнэ. Жишээлбэл хөнгөн цагааны гидроксид нь pH=4–9 байхад уусдаггүй, тунадас болдог. Хоёр валенттай төмөр нь pH>7 байхад уусахгүй болдог, гурван валенттай төмөр нь pH>3–4 байхад тунадасаждаг. Хүчилтөрөгчийн уусах чанар хүчилтэй болон шүлттэй усанд мэдэгдэхүйц өсдөг. Цахиурт шорооны бүлгийн эрдсүүд, хөнгөнцагаан болон төмрийн гидроксид нь чулуулгийн нүх сүвшилт, нэвчих чанарыг бууруулах магадлалтай гель хэлбэрийн коллойд хэсгүүдэд уусмалаас тунадасжина.

Үйлдвэрлэлийн давхаргад байгаа чулуулгийн зарим карбонатууд нь чулуулгийн нэвчих чанарын өөрчлөлтөд нөлөөлөх магадлалтай. Кальцийн карбонат нь сулруулсан хүхрийн хүчилтэй харилцан үйлчлэлд орж кальцийн сульфат хэлбэртэй болдог.



Шохой төлөвт байхад энэ нь магадгүй тунадасжиж, чулуулгийн нүх сүв болон жижиг ан цавыг бөглөдөг.

Үлдэгдэл давсууд хуримтлагдах нь чулуулгийн эрдэсжилтийн найрлага, уусгалтын уусмалын концентраци болон шинж чанар, түүнчлэн шахсан

уусмал, байгалийн ус, чулуулаг хоорондын харилцан үйлчлэлийн эрчим зэргээс хамаардаг. С.Б.Маркелов, М.А.Каше, И.Ё.Осмоловски нар ашиглалтын явцад шахалтын цооногийн хаалтын бүсэд үйлдвэрлэлийн чулуулгийн давхарга дахь нэвчих чанарт гарсан өөрчлөлтөд тоон үнэлгээ хийж судалсан. Тэд тогтоцыг хүчилшүүлэх явцад уусгалтын эхэнд л нэвчих чанар буурч байгааг тогтоосон. рН нэмэгдэхэд ($\text{pH} > 3$) хатуу фаз нь уусдаггүй нэгдлийн төлөвт орох боломжтой их хэмжээний хөнгөнцагаан болон төмрийн ионыг уусмалд ихэсгэдэг. Эдгээр нэгдлүүд нь үйлдвэрлэлийн тогтцын нүх, ан цавыг бөглөх магадлалтай.

Уусмал болон тойрон хүрээлж байгаа чулуулаг хоорондын химийн харилцан үйлчлэлийн процесс нь хүчилшилтийн өмнөд заагт болоход хий ялгарснаар (CO_2) дагалдан явагдсан байна. Энэ нь уст давхаргын пизометрийн түвшинг 10 метрээс дээш хэмжээгээр дээшлүүлдэг. Энэ төрлийн хийн бөглөрөл нь түр зуурынх байх бөгөөд уусгалтын процессын сүүлийн үе шатуудад тохиолддоггүй.

Туршилтын үйл ажиллагааны явцад тогтцын пизометрийн түвшний ажиглалтаар динамик түвшин 10–26 метрээр дээшилснийг харуулсан. Энэ үед шахалтын цооногийн урсгалын хурд бага байсан ($1\text{ м}^3/\text{цаг}$ -аас бага). Гэвч цооногоос 3–4 метр зайд түвшин зөвхөн 1 метрээр нэмэгдсэн байв. Энэхүү даралтын зөрүү нь цооногийн хаалтын бүсийн хажууд зэргэлдээ орших тогтоцыг бөглөрлөөр тайлбарлагдаж болох юм. Уусгалтын өмнө болон уусгалтын үед шахалтын цооногийн усны эсэргүүцэлд орсон өөрчлөлтийг тооцоход 89 метрээс 410–706 метр болж нэмэгдсэн байсан. Давхаргын нэвчих чанар мөн буурсан байсан нь нүх сүвийг бөглөхүйц олон төрлийн хатуу хольцууд шахагдан орсноос болсон. Энэхүү хатуулгууд нь голдуу уусгалтын уусмалыг дахин эргэлтэд оруулахад зөөвөрлөгдөн ирсэн байдаг. Тэдгээр нь заримдаа тунгаах санд хог шороо унаснаас үүдэн бий болж улмаар боловсруулах байгууламжийн бүтээгдэхүүн уусмалд нэвтэрдэг байна.

Эдгээр жижиг хэсгүүдийн үүсгэсэн бөглөрөл нь цооногоос тогтоц руу урт зайнд ч нэвтэрч болно. Энэ нь давхаргын нэвчих чанарыг сэргээхэд хүндрэл үүсгэдэг. Нүх сүв бөглөрөх нь цооногийн динамик түвшинг нэмэгдүүлж, зарим тохиолдолд гадарга руу уусгалтын уусмалын түвшин нэмэгдэхэд нөлөөлдөг.

Цооногийн хаалтын бүсийн ойр орчмын нөхцөлийг шалгахад нэг анхаарах зүйл бол бөглөрлийн зэргийг дотоод нүх сүвийн сувгаар хянасан байх юм. Энэ нь тунамал ордын хувьд 0.0001–0.25 мм хооронд хэлбэлздэг. Үүнийг үйлдвэрлэлийн бүсийн нүх сүвийн дундаж диаметр D_i , хэмжсэн хэсгүүдийн диаметр d_i -ийг ашиглан олно.

$$\eta_i = D_i/d_i$$

$\eta_i < 5-6$, $\eta_i > 5-6$ байхад бөглөрөл үүснэ. Жижиг хэсгүүд ихэвчлэн нүх сүвийн дундуур өнгөрсөн байдаг. Суспензийн хурд нь ойролцоогоор уусмалын урсгалын хурдтай тэнцүү байна.

Урт хугацааны туршлагаас харахад ГДҮО-ын уусгалтын уусмалд агуулагдах суспензын жижиг хэсгүүдийн агуулга 30–80 мг/л-ийн хооронд хэлбэлзэж байдгийг харуулсан байна. Шахалтын урсгалын хурд $0.0007\text{м}^3/\text{цаг}$ байхад хаалттай давхарга руу нэвтэрсэн суспензын хэмжээ 1 сард 90 кг хүрч болно. Энэ нь 74мм дотоод диаметртай 10м өндөр уусгалтын баганын эзлэхүүнтэй тэнцүү юм.

Хүснэгт 10.3-т уусгалтын уусмалд суспензийн давсууд агуулагдаж бөглөрөл үүсгэсэн шахалтын цооногийн мэдээллийг харуулав. 1 сар ажилласан, дискэн хаалтаар тоноглогдсон цооногийн хувьд бөглөрлийн уртыг тооцоолж гаргасан. Хүснэгтээс харахад ашиглалтын эхний 15 өдрийн дараагаар цооногийн соролт буурч, бөглөрөл үүссэн нь тодоорхой байна. Энэ нь талбайд хийсэн судалгаа, шинжилгээгээр батлагдсан. Олон тооны цооногуудын нэгэн зэрэг үйл ажиллагаа нь шахах/олборлох процессын зохистой тогтвортой байдал болон үйл ажиллагааны ийм богино хугацаанд шахах цооногуудын засвар үйлчилгээ явуулахад операторт боломж олгодоггүй (урсгалын хурдны загварыг нөхөн сэргээх) зэрэг болно. Ийм байгууламж нь ихээхэн засвар үйлчилгээг зохион байгуулах шаардлагатай болдог ба хаагдахад хүрсэн хэд хэдэн цооногуудыг уусгалтын явцад ашигладаггүй.

Хүснэгт 10.3. Олон янзын урсгалын хурдуудад цооногт хуримтлагдсан суспенз давснуудын хэмжээ

Тунадасны тоо хэмжээ, мг/л	Шахалтын үе дэх Q, $\text{м}^3/\text{цаг}$, тунгаах бүсийн бөглөрлийн урт, см,			
	2	3	4	5
10	163	245	327	409
20	326	490	654	918
30	489	735	981	1227
40	652	980	1208	1636
50	815	1225	1535	2045
60	978	1470	1962	2454
70	1141	1715	2289	2863
80	1304	1960	2616	3272

Хүчилшүүлэлтийн эргэлтийн дараа эсвэл шингэнийг дахин оруулахын өмнө уусгалтын уусмалыг урьдчилан цэвэршүүлэх (шүүх) ажил хийгдсэн байна. Энэ нь ГДҮО процессыг тогтворжуулах ба эцсийн үр дүнд үйлдвэрлэлийн зардлыг бууруулна.

Хаалтыг тойрон хүрээлж байгаа чулуулгийн гидростатик даралт нэмэгдсэнээс болж хаалтын эргэн тойрны давхаргын нэвтрэлт бага болох магадлалтай. Энэхүү нэмэлт даралт нь шахаж оруулсан уусгалтын уусмалаас шалтгаалдаг. Үүссэн даралт нь давхаргын шинж чанар, шахалтын урсгалын хурд, уусгалтын уусмалын нягт зэргээс хамааран байгалийн пизометрийн түвшинг хэдэн арван метрээр ч давуулж чадна. Ийм дээд оройн нөлөөнд

чулуулгийн суурь нь хэлбэргүй болон гажиж, эцэстээ нүх сүв нь багасч нягтарч шахагдсан байдаг. Түүнчлэн нэвчих чанар нь хурдацтай буурдаг. Энэ нь чулуулаг доторх шаварлаг хэсгүүдийг хөөж (монтмориллонит) эхэлдэгтэй холбоотой. Шаварлагийг хөөх үзэгдэл нь уусмалын шилжилт хөдөлгөөнөөс сэргийлж, ус үл нэвтрэх хаалт саадыг бий болгодог. Дараа нь чулуулгийн тодоорхой хэсгүүд сулруулсан хүхрийн хүчлээр уусамтгай болдог ба заримдаа коллоидууд үүснэ. Коллойд уусмал болон гель бүтцүүд нь шахсан уусмалын урсгалд нэмэлт эсэргүүцэл болж, чулуулгийн нэвчих чанар эрчимтэй буурахад хүргэдэг (заримдаа үндсэн хэмжээ нь 10-20 фактороор буурдаг).

Шахаж байгаа бодисын хэмжээ буурсан өөр нэг шалтгаан бол чулуулгийн нүх сүвийн зайд болон ялангуяа хаалтын ойр орчмын бүсэд агаар, хий байгаа явдал юм. Энэ тохиолдолд уусмалын урсгалын эсэргүүцэл нэмэгдэж, ашиглалтын баганын түвшин цооногийн ам руу дээшилж, цооногийн бүтээмж сарын дотор 4–6 дахин буурахад ийм нөхцөл нь уст давхаргын шахсан уснаас шалтгаалдаг. Хүчлийн уусгалтын уусмал, чулуулгийн карбонатын бүрэлдэхүүнтэй урвалд ороход нүүрстөрөгчийн давхар исэл, устөрөгчийн сульфид ангижирсны үр дүнд уурхайн олборлолтын эхний үе шат болох үйлдвэрлэлийн давхаргыг хүчилшүүлэхэд хийн бөглөрөл үүсэх нь хязгаарлагдсан байдаг.

Хийн бөглөрлийн гол шалтгаан бол уусгалтын уусмал уусдаггүй агаар агуулдагт байгаа юм. Хамгийн их ханалт хүчилтөрөгчөөс ирдэг, хүчилтөрөгч нь дан ганц агаараас ялгардаггүй боловч хүчтэй исэлдүүлэгчид хувирсан байдаг. Хүчилтөрөгч нь хүчилшүүлэлтэд нөлөөлөх уусмалтай хамт үйлдвэрлэлийн давхаргад ирснээр эрчимтэй зэврэлт болоход нөхцөл болон бөглөрөл үүсгэж, олборлолтын хурд буурахад хүргэх хаалттай бүсийн тунадасжилтыг үүсгэдэг.

Ханалт дуусахад агаар болон хийн зэрэгцээ жижиг хөөсүүд байна. Эдгээр нь богино шугам хоолойд уусмалын урсгалын хурд өндөр байхад уусдаггүй. Түүнчлэн үйлдвэрлэлийн давхаргад орж ирдэг. Хөөсүүд нь их тогтоцтой усны дээд хэсэгт үүсэж болох ч шинэ хөөсүүд уусмалд хүрч эсэргүүцэл үүсгэдэг. Ялангуяа агаарын хөөснүүдийн эрчимтэй урсгал нь гадаргуу дахь цооног руу уусмалыг хязгаарлалтгүйгээр цутгахад бий болдог.

Хаалтад шигдсэн элс нь цооногийн шахалтад нөлөөлсөн байж болно. Энэ нь тогтцын хүчилшүүлэлтийн үед нэмэгдэх хандлагатай байдаг. Элсний зарим хэсэг ашиглалтын эхний үеийн шахалтын дараа хаалтан дотор үлдэж болно.

Хэрвээ уусмалын шахалтын урсгалын хурд бага (секундэд 0.5-1.2 литр), хаалтын урт болон түүний урсгалын хүчин чадал жинхэнэ урсгалаас 2 дахин их бол, эсвэл хаалтын төрөл болон түүний параметрууд (нүх эсвэл ан цавын хэмжээ, хэлбэр хэтэрхий том) буруу бол элсэн тогтоц нь шахалтын цооногийн хаалтын бүс рүү орж болно. Хаалт элсээр бөглөрөх нь уусгалтын уусмал

давхарга руу орсон эсвэл хаалт орчмын элсний зарим эрдэс, цементүүд уусаагүй байх зэргээр тайлбарлагдана. Угаагдсан, цэвэр, нарийн ширхэгтэй элс нь хаалтын урсгалын даралтаас эсэргүүцэх эсэргүүцэл болохгүй. Хаалтын жижиг хэсгүүдийг бөглөхөд уусгалтын уусмал хаалтын дээд хэсгээр орж болно. Хүдрийн биетийн нэгэн жигд биш урсгалын үр дүнд шахах цооногийн бүсийн шүлтийн уусмал хүрээгүй хэсэг үлддэг.

Практикт шахалтын цооног руу хий орж бөглөрөхөөс, ялангуяа шингэнээс урьдчилан сэргийлнэ гэдэг хэцүү. Доорх арга хэмжээнүүдийг авснаар бөглөрлийг бууруулж, цооногийн бүтээмжийг нэмэгдүүлэх боломжтой. Үүнд:

- Вакуум орчинд уусмалыг хийгүйжүүлж уусмалд байгаа агаар (хий)-ыг багасгах;

- Центрфугийн насосоор уусмалыг шахахад хамгийн бага соролтын өндөр болон хамгийн бага хоосон зайтай насосыг сонгосон байна;

- Хэрвээ шахалтын цооног цооногийн толгой дахь даралтаар ажиллаж байгаа бол цооног дахь хий гаргадаг автомат хавхлагыг хэрэглэх асуудлыг авч үзсэн байх;

- Цутгагчаар цооногийг дүүргэхдээ гэр рүү оруулсан нэмэлт багана (хоолой, жижиг хоолой)-ын замаар чулуулагтай уусмалын харилцан үйлчлэлээс үүдэн хий ялгарах, уусмалыг агаартай хамт ханасан байхаас урьдчилан сэргийлж болно. Энэхүү нэмэлт баганын доод төгсгөл нь дээд хэсгийн хаалтын бүс рүү орсон байдаг. Энэ нь хаалт болон дотоод хоолойн дээд хэсгээр нэвтэрсэн хийг ялгаруулдаг. Хий/шингэний холимог гоожиж буй эсэхийг агаар болон уусмалыг ялгадаг огтлогчийг ашиглан шалгасан байх ёстой. Огтлогчийг динамик түвшнээс арай өндөрт байрласан уусмал оруулах нэмэлт багананд суурилуулсан байдаг. Нэмэлт баганын диаметрийг уусмалыг тасралтгүй оруулж чадах хэмжээтэйгээр сонгосон байна. Цооногийн урсгалын хурд 1.4л/сек байхад нэмэлт баганын хамгийн тохиромжтой хэмжээ нь 32мм диаметртэй полиэтилен хоолойг хэрэглэхэд байсан;

- Хаалтаас элсийг арилгах, устай цооногийн хамгаалагдсан бүсээс механик суспензыг зайлуулах эсвэл суспензийн давсуудыг хоолойнуудын хоорондын завсар зайнаас авч цуглуулсан байна.

- Цооногоос бөглөрсөн бүтээгдэхүүнийг цэвэрлэх хамгийн үр дүнтэй арга бол богино олборлолтын горимтой хувьсах шахалт юм. Дахин суурилуулахад хугацаа хэмнэхийн тулд нэмэлт хоолой нь гогцоо цоргуудаас бүрдсэн агаарын өргөгчөөр тоноглогдсон байна. Цооногоос уусмалыг шахахад хоолойг гол шугамнаас салгасан байдаг бөгөөд цооногийн толгой нь битүүмжилсэн дээд бүтцээр тоноглогдсон байна. Уусмал болон бөглөрсөн материалыг уусмал оруулдаг хоолойгоор татан авч, хатуу бодисуудыг цуглуулан зайлуулсан байна.

10.4. Олборлолтын цооногийн бүтээмжийг бууруулдаг хүчин зүйлс

Олборлолтын цооногийн хүчин чадал буурах гол шалтгаан бол цооногуудын хаалт болон хаалтын бүс дэх механикийн болон химийн

бөглөрөл юм. Бөглөрөл үүсгэдэг нийтлэг материалууд нь элс болон зэврэлт юм. Хаалт нь цооногийн ашиглалтын бүхий л хугацааны туршид ууссан хатуу бодисоор бөглөрсөн байдаг. Хатуу бодистой уусмалын хэсгүүд нь уусгалтын уусмал болон үлдэгдлүүдийн хамт дээш өргөгддөг боловч том хэсгүүд нь суурь хэсэг болоод хаалтын бүсэд тунадасжиж хуримтлагддаг. Үүнийг шахалтын урсгалын хурдтай холбон тайлбарладаг. Хаалт доторх шингэний хурд хаалтын уртын дагуу нэгэн жигд байдаггүй, ёроол хэсгээр нь бага байх жишээтэй. Хурд нь чөлөөт уналтын хурдаас бага хэмжээтэй байхад хаалтын бүсийн тодоорхой хэсгийг бүрсэн элсэн бөглөрөл нь суурь болж хэлбэржинэ.

Олборлолтын цооногт хуримтлагдах элс нь нэгэн хэвийн биш байх бөгөөд энэ нь цооногийн бүтээмж, насосын төрөл, хаалтын загвар, түүний параметрууд, үйлдвэрлэлийн давхарга дахь элсний тархалтын хэмжээ, чулуулгийн эрдсийн найрлага, уусгалтын уусмалын төрөл, концентраци, төлөвлөсөн уусгалтын үе шат зэргээс хамаардаг.

Тогтоцоос сорогдсон элсний хэмжээ цооногоор гарч байгаа олборлолтын гаралт тогтмол байхад хамгийн бага байна. Тэнд элсний нүүдэл бараг байхгүй, насосны олон төрөлд тохирох хэмжээгээр шахсан уусмалд байж болно. Хаалттай зурвасын гадна элс нь барьцалдалтын хүч болон геометрийнхээ хэлбэрээс болж хөдөлгөөнгүй хүрээнд хэлбэршдэг. Өчүүхэн жижиг хоосон зайнууд ч хаалтын ан цав бүрт тогтсон байдаг. Жижиг хэсгүүдийн шилжилт хөдөлгөөн, урсгалын үр дүнд хамгийн хол орших чулуулгийн давхаргаас зөөгдсөн хамгийн жижиг хэсгүүд хаалтын хоосон зайд цуглардаг.

Гүний цахилгаан насосоор тоногдсон цооногууд нь хамгийн найдвартай, тогтвортой гүйцэтгэлтэй байдаг. Олборлолтын цооногууд нь олон нэр төрлийн насосуудтай хамт ажилладаг. Цооног дахь усны түвшин, хаалтын урсгалын хурд өөрчлөгдөж байдгийн улмаас агаарын өргөгч насос нь тогтмол гаралттай байдаггүй. Элс хуримтлагдах нь агаарын өргөгчийн гүйцэтгэлд нэг их нөлөөлдөггүй. Уусмал 30%-ийн хатуу бодис агуулж байсан ч агаарын өргөгч ажиллаж болдог.

Уусмалыг шахах хурд хэлбэлзэх нь хаалтын эргэн тойрны элсний хүрээнд нөлөөлдөг. Ер нь олборлолтын хурдын багахан хэмжээний өөрчлөлт нь жижиг зай завсар үүсэх, элсний хүрээ устах зэргээс шалтгаалдаг. Энэ нь хаалтын хоосон зай руу элс зөөгдөх, дахин тархах зэрэгтэй дагалдан явагддаг. Хэсэг хугацааны дараа, хаалтын бүсийн дээд хэсэгт хөндий нүх тогтсон байдаг. Хэрвээ шахалтын хурд их биш бол уусмалын ихэнх нь хөндий бүс доторх хаалтын хэсгээс ирдэг. Тэр үед хаалтын доод хэсэг нь элсээр дүүрдэг.

Усанд шумбадаг цахилгаан насос ашигласан туршлагаас харахад шахаж эхэлсний дараахан элсэн тогтцын хамгийн том шилжилт хөдөлгөөн болсон байдаг. Шахалт эхлэхэд гэрний хэлхээний усны түвшин эрс (30-55сек) багасч, дараа нь тэр даруйдаа хаалтын бүсийн анхны даралтын бууралтаас цооног

руу элсний урсгал бий болдог. Энэ мөчид уусмалын шахалтын хоолойн дүүргэлт, мөн насосны хүчин чадал хамгийн их байдаг. Гэр дэх шингэний түвшиний гэнэтийн уналт нь цооног руу нарийн ширхэгтэй элс орсны үр дүнд хаалт руу орж ирэх шингэний урсгалын хурдыг нэмэгдүүлдэг. Туршилтаар уусмал нь шахаж эхэлснээс 1–3 минутийн дараа цооног руу орж эхэлсэн ба шингэн газрын гадаргад гарч ирдгийг харуулсан. Энэ нь шахалт эхэлснээс 1–3 минутийн дараа элс цооногт хуримтлагддаг гэсэн утгатай.

Олборлолтын цооногийн гүйцэтгэлийн анализ нь усанд гүний цооногийн эвдрэл нь ихэнхдээ цооногийн барилгын чанар, насосын төрөл, тэдгээрийн зохисгүй тээвэрлэлт зэргээс болдгийг харуулсан. Ихэнх тохиолдолд насосууд нь цооног дахь уусмал байж боломгүй их агуулгатай элсийг агуулж байдгаас болж эвдэрсэн байдаг. Энэ нь хаалтын загварыг тохиромжгүй сонгосноос болж цооног 100м тутмын гүндээ 1°-аас илүүгээр муруйж тахийсан эсвэл өргөссөн байдагтай холбоотой.

Усанд гүний насосын гол эвдрэл нь цахилгаан моторын асаагуурын голоос хамаардаг. Асаагуурын голын эвдрэлт, асаагуур голын цахилгаан нумын эвдрэл, хамгаалалтын системийн хуурамч хариу, асаагуурын голын сэнс гацсан, цахилгаан моторт фазын доголдол үүсэх зэрэг болно.

10.5. Уусгалтын талбайн цооногт эвдрэл гарах шалтгаанууд

Уусгалтын талбайн цооногууд нь доорх шалтгаанаар барилгын явцад болон ашиглалтын үед аль алинд нь эвдрэх магадлалтай. Үүнд:

(1)Өрөмдлөгийн туршлага муу, үйлдвэрлэлийн давхаргын урсац тохиромжгүй: осол аваар, өрөмдлөгийн цооногийн диаметр бага байх, эсвэл хаалт болон гэрний эвдрэл доголдлоос болж цооногийн гол (тэнхлэг)-ыг хөндлөнгөөр хэт их өрөмдөх зэргийн үр дүнд цооног эвдэрдэг. Хүдрийн биетийн байршилд голомтын дээж авалгүйгээр, геофизикийн судалгаа хийлгүйгээр үйлдвэрлэлийн давхаргыг урсах нь үйлдвэрлэлийн давхарга дахь хаалтыг буруу байрлуулах, холбогч голыг буруу байрлуулахад хүргэдэг.

(2)Гидрологийн тусгаарлагч материалыг (гэрний цемент) буруу сонгох, материалыг тогтоох (бэхлэх, суурилуулах) арга нь тохиромжгүй байх: уусгалтын уусмал алдагдсанаас үүдэн тусгаарлах материал нурдаг (эвдэрдэг). Энэ асуудал нь дээд, доод усан давхарга бохирдоход хүргэдэг.

(3)Цооногийг угсрах, цементлэх явцад гэр болон хаалтад эвдрэл гарах, эсвэл хаалтын завсрын хэмжээ, тогтцын жижиг хэсгийн хэмжээ хоорондоо нийцэхгүй байх.

(4)Цооногийг барих, ажиллуулж эхлэх хоорондын урт хугацааны сул зогсолт. Магадгүй энэ нь цаг хугацааны явцад хатуурсан шаварлаг хөрсийг холдуулах боломжгүй болгодог. Жишээлбэл, шахалтын цооног нь хананы зузаан нь 11.5мм, гадаад диаметр нь 110мм байх бага нягттай полиэтиленээр хийгдсэн гэрээр тоноглогдсон бол өрөмдөж суурилуулсан цооногуудын 20% нь тэдгээрийг ажиллуулж эхлэх үед хоолойн шахалтаас болж голдуу эвдэрсэн байдаг. Хэрвээ цооногууд нь агаарын өргөгчөөр ажилладаг бол

үйлдвэрлэлийн давхаргын бөглөрлийг арилгахад багана дахь түвшин бага байх шаардлагатай. Ийм байхад уусмалын тогтцын даралт нь шаварлаг хөрсийг бутлах/нураах/ болно. Баганын дотор тал болон гаднах түвшний зөрүү нь гидравликийн гадаад хүчээр гэр шахагдсанаас шалтгаалан 60-100м хүрдэг.

Цооног эвдрэх хамгийн нийтлэг шалтгаан нь гэрийн бүрэн бүтэн байдал алдагдах юм. Барилгын болон ашиглалтын туршлагад металл биш гэргий эвдрэл нийт эвдрэл доголдлын 60%-ийг эзэлдэг болохыг тэмдэглэсэн байдаг.

Цооногийн урт хугацааны ашиглалтын үед металл биш гэргий хэлхээ эсвэл цооног ашиглалтын хугацаа болон энгийн ашиглалтаас эвдэрч болдог. Цэвэрлэх явцад гэргий хэлхээнд элэгдэл, цоорхой бий болдог бөгөөд багаж хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжийг өргөж, буулгахад шугам хоолой элэгдэхэд өөрчилж засдаг. Гэргий хэлхээг шахаж дарж, тэлж цооногт нь хамгийн их гулзайлтын стрессээр сорьж туршдаг. Уусмалд агуулагдсан хатуу бодисууд нь материалын сонголтоос хамаарахгүйгээр гэргий хэлхээг үрж элэгдүүлдэг байна.

Цооног дахь уусмалын рН-ийн хэмжээ бага байх нь шугам хоолойн ашиглалтын хугацааг багасгадаг, тухайлбал зэврэлт эсэргүүцэх чадваргүй шугам хоолойнууд. Хүчилтөрөгч, нүүрстөрөгчийн давхар исэл, усанд уусдаг бусад хийнүүд нь металлын зэврэлтийн хурдыг хүчтэй нэмэгдүүлдэг. Эдгээрээс хамгийн идэвхтэй, аюултай нь хүчилтөрөгч, учир нь бага агуулгатай ч зэврэлт үүсгэдэг. Мөн өндөр температур нь металлын зэврэлтийг хурдасгадаг.

Зэврэлтийн улмаас элэгдэх нь цооног дахь уусмалын урсгалын хурдаас мөн хамаардаг. Шингэний урсгалын хурд их, хэрэв шингэн нь элс, хий зэргийг агуулж байвал хурд нь нэмэгдэх хандлагатай болж зэврэлтийн идэвхжил өснө.

Дараах дүрмүүдийг мөрдлөг болгоно. Эдгээрийг гэргий хэлхээний элэгдэл, цоорхойг бууруулахын тулд боловсруулсан болно. Үүнд:

- Цооногийн гэргий хэлхээнд ямар ч муруйлт байж болохгүй, цооногийн тахир, муруйлт нь урьдчилж тохируулсан хэмжээнээс хэтэрч болохгүй, гэргий хэлхээ нь төвлөрүүлэгчтэй байх хэрэгтэй. Гэргий хэлхээ болон цооногийн хананы хооронд зөвшөөрөгдсөн тохирох зайтай байх хэрэгтэй. Хэт их зай нь шугам хоолой муруйхад хүргэдэг бол хэт бага зай нь цооногийн хоолойг доошоо явуулахад хэцүү байдлыг үүсгэдэг.

- Гэргий хэлхээг өргөх болон доош буулгах үйл ажиллагаа нь бага хурдтайгаар хийгдсэн байх ёстой, багаж хэрэгсэл, тоног төхөөрөмжүүд нь гэрнээс зөөлөн материалаар хийгдсэн төвлөрүүлэгчтэй байна (хангинаж жингэнэхээс хамгаалах).

- Металл биш хоолойгоор бэхжүүлсэн цооногоор үйлдвэрлэлийн давхарга руу уусмалыг цутгахад металл биш гэрний хэлхээ рүү оруулсан хамгаалалтын металл багана хэрэглэхийг шаарддаг.

- Уусмал дахь нарийн ширхэгтэй хатуу бодисуудыг ялгасан байх хэрэгтэй, лаг (шавар)–ийг тунагч, циклон зэрэг орчин үеийн тоног төхөөрөмж ашиглан өрөмдлөгийн уусмалаас ялгасан байх хэрэгтэй.

- Орж байгаа уусмалын урсгалын хурдыг нэвчүүлэх чадвар багатай хаалтаар бууруулсан байх хэрэгтэй.

Цооногийн гэрэнд ашигласан давхар хуванцар хоолойд хийсэн шалгалтаар доорх шалтгаануудаас болж эвдэрснийг илрүүлсэн байна. Үүнд:

- Полиэтилен болон шилэн хөвөн гэрний эвдрэл, түүнчлэн үйлдвэрээсээ хоолойнууд нь гажилттай бөгөөд гэрийг суурилуулахад гажилт үүссэн байсан.

- Гэрний хэлхээг суурилуулах явцад хоолойн гол болон толгойг холбоогүй байсан.

- Шилэн хөвөн хоолой дахь нүхийг тайрахад шилэн хөвөнгийн үртэс нь хаалтын нүхийг бөглөсөн байсан.

Полиэтилен гэртэй цооногт эвдрэл гарах нь гэрний хэлхээ болон ашиглалтын багануудыг угсрах, цементлэх үед эсвэл ажиллуулж эхлэх үед ихэнхдээ гэрний эвдрэл, гэрний цууралт, ан цав, холболтын гагнаас алдагдах, гэр эвдэрч хэмхэрснээс болдог. Гэр нь гол төлөв зай бөглөх ажиллагааны үед хана болон гэрний хэлхээний хооронд оруулсан өрөмдлөгийн тоног төхөөрөмжөөс болж эвдэрсэн байдаг. Металл руу хоолой руу полиэтилен баганыг оруулахад доош буулгах явцад полиэтилен гэрийг гэмтээж болзошгүй тул хурц ирмэггүй байх хэрэгтэй. Полиэтилен баганыг гадаргад тогтоосон саваагаар буулгадаг. Гэрний муруйлтын радиус нь анх үйлдвэрлэгчээс өгсөн хэмжээнээс хэтэрч болохгүй гэдгийг анхаарах хэрэгтэй.

Полиэтилен гэр болон хаалт нь ихэнхдээ гэрний хэлхээг цементлэх үед эвдэрдэг. Ажиллуулж эхлэх үед гэдгийг өмнө нь дурдсан. Полиэтилен баганын цементлэлт нь цементэн уусмалын нягт болон хоолой доторх шингэнээс хамаардаг. Уусмалын нягтын зөрүү нь их, доод түвшний хил заагт хоолой дахь шахалтын хүч их байдаг. Туршлагаас харахад хоолой доголдолтой (тойргийн хөндлөн огтлолын гажилт, хананы зузаан бага байх, жижиг ан цав гэх мэт) байхад полиэтилен багана нь голдуу талбайдаа хэмхэрсэн байдаг. Гагнаастай полиэтилен хоолой нь холболтынхоо орчимд гагнуурынхаа ормоор хэмхэрдэггүй.

Полиэтилен гэртэй цооног нь температурын нөлөөнд нэлээд мэдрэмтгий байдаг. Гэр болон түүнийг тусгаарлагч нь улирлын температурын өөрчлөлтөд тэсвэртэй байх ёстой. Мөн уусгалтын урвалын дулааны нөлөөг тэсвэрлэдэг байх хэрэгтэй. Хэрвээ агаар, шахсан уусгалтын уусмал, шингэн тогтцын температур хурдан өөрчлөгдвөл гэр нь уртынхаа дагуу гажих болно. Температурын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр бий болсон гажилт нь хагаралт,

цууралт, цооролт үүсгэдэг. Полиэтилен гэр эвдрэх ихэнх тохиолдол өвлийн улиралд болдог.

Дулааны гажилтаар гэрэнд үүссэн эвдрэлийн төрөл болон тоо нь гэрийг цооногт хэрхэн суурилуулснаас хамаардаг. Хэрвээ гэрийг гадуур нь металл бүрээсээр хамгаалсан бол бат тогтохгүй, хоолой хоорондох зайг ус юмуу шаварлаг (шохой) уусмалаар дүүргэдэг. Ингээд түүний бүрэн бүтэн байдал алдагдахгүйгээр гэрний урт гаждаг байна.

Дан гэрийн загварт, хэрэв цагираг биетийг гадаргад цементлэсэн бол материалыг бүхэлд нь хязгаарлах болдог. Энэ нөхцөлд гэр нь даралтын дор байдаг. Ийм үед хамгийн түгээмэл гэмтэл холболт болон полиэтилений хагарлын хоорондох уртад полиэтилен эвдэрч хэмхэрнэ.

Цагирагийн цементлэлт муу эсвэл дутуу байхад гэр хамгийн их даралтын цэг дээрээ эвдэрнэ. Хэрвээ зөвхөн ашиглалтын цооногийн цагирагийн хэсгийг цементлэсэн бол гэрэнд тогтоосон хэсэг хавчуулагдаж, үлдсэн нь чөлөөтэй байна. Дулааны гажилтын үр дүнд гэр эвдрэх, гажих, эрчимтэй хагарал үүсэж болно.

Металл пластик гэртэй цооног мөн адил дулааны гажилтын улмаас эвдэрдэг. Эхний эвдрэл нь гэрний хагарал, муруйлт байдаг. Эдгээр нь хоолойн материалын шугаман тэлэлтийн өөрчлөлтөөс үүсдэг (ган, полиэтилен).

10.6. Цооногийг сольж засах

Сольж засах гол үйл ажиллагаанууд нь хаалтыг өөрчлөх, гэрийг бэлтгэх, цооногийн цагирагийг тусгаарлах зэрэг болно.

Дараах тохиолдлуудад хаалтыг солих, цооногийн гэр эсвэл бие даасан хэсгүүдийг засна. Үүнд:

- (a) Хаалтын гадаргуу эсвэл түүний хүрээ эвдэрсэн үед
- (b) Хаалт бүхэлдээ бөглөрсөн, ашиглалтад оруулах бүхий л оролдлого амжилтгүй болсон үед
- (c) Хаалт болон гэрийн материал уусгалтын уусмалаар зэврэлтэд идэгдсэн болсон үед
- (d) Тусгайлан заасан хэмжээнээс хэтэрсэн хэмжээтэй элс цооног руу орж байгаа үед
- (e) Гэрний хэлхээ болон өргөгч шугам хоолойнуудад үүссэн янз бүрийн доголдлоос (гэр хагарсан, гагнаас тасалдсан, гэр хэмхэрч, хагарсан зэрэгт) болж гидравлик битүүмжлэл алдагдсан үед

Хаалтыг дахин байрлуулна гэдэг нь хуучин хаалт эвдэрч, түүнийг үйлдвэрлэлийн давхаргаас холдуулж, шинийг суурилуулна гэсэн утгатай. Хөдөлгөөнгүй бэхэлж тогтоогоогүй хаалт бүхий цооногийн хийц нь түүнийг холдуулж хөдөлгөж болохоор байдаг. Үүнийг өргөгч цамхаг, хөшүүрэг, өрөмдөгч зэргийг ашиглан хийдэг. Гэвч пластик материалын хэврэг байдлын

улмаас хаалт чулуулгаар дүүрч, бөглөрөл үүсгэсэн байхнь түүнийг дээш өргөж гүйцэд цэвэрлэх боломжийг бууруулдаг. Хаалтын дээд хэсгийн ихэнх нь эвдэрсэн байдаг бөгөөд үлдэгдэл нь хэдэн хэсэг бутарч, бүрэн хэмхэрсэн байдаг.

Заримдаа цооногт чөлөөтэй суурилуулсан хаалт нь баганан өрөмдлөгийн төхөөрөмжөөр ажилладаг. Хаалтыг өрөмдлөгийн төхөөрөмжийн эргүүлэг дээш өргөдөг.

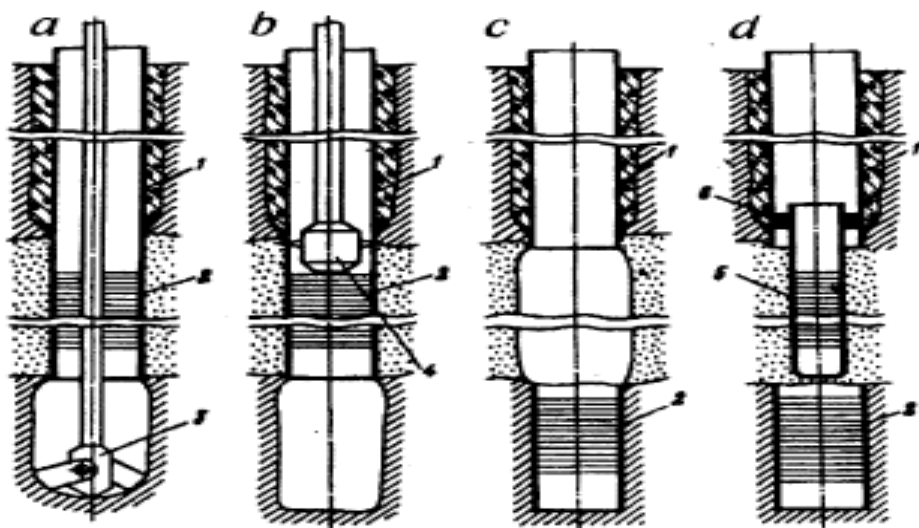
Хэрвээ хаалтыг бүхэлд нь холдуулж чадаагүй бол үүнийг тэсэлгээгээр нурааж болно. Бутарсан хэсгүүдийг хоолой тогтоогч, хаягдлын насос зэргээр гарган авна. Хаалтыг гадаргуу дахь гэрийг дээш өргөлгүйгээр сольж болно. Хаалтыг сольж тавих энэ аргын хамгийн дутагдалтай тал нь тэсэлсэн хуучин хаалт нь овоорч хаалтын бүсийг дүүргэж бөглөдөг, улмаар шинэ хаалтын бүтээмжийг бууруулж, хаалттай бүсэд бөглөрөл үүсэх нөхцөлийг бий болгодог.

Ганц интеграл хийцтэй хаалт бүхий цооногт хаалтыг сольж байрлуулахад хүндрэлтэй байдаг. Тухайлбал металл бус гэр, хаалттай бол. Цооногийг өргөсгөж гэр, хаалтыг холдуулахад маш их цаг хугацаа, хөрөнгө мөнгө ордог. Мөн нарийн нягт холбогдсон хаалт болон гэрэнд өргөгч ашиглах боломжгүй болдог. Энэ тохиолдолд хаалтыг сольж тавих дараах аргыг хэрэглэж болно. Илүү гүн рүү гэр болон хаалтыг доошлуулахаар цооногийг өрөмдөх ба хуучин хаалтын урттай тэнцүү байна. Энэ нь хуучин хаалтыг холдуулах зайг үүсгэнэ (зураг.10.1-ийг үзнэ үү). Хоолой огтлогч, элс цохигч цоолтуур, зарим бусад аргаар ашиглалтын баганаас хаалтыг зүсэж авна. Зүссэн хаалтаа хаалтын дор үүссэн зай руу доош түлхэнэ. Арай жижиг диаметртэй шинэ хаалтыг гэрийн зайгаар хоосон цооног руу буулгана. Хэрвээ хуучин хаалт нь урт бол зүсэлт болон доош буулгалтыг хэсэг хэсгээр нь (ширхэг ширхгээр) хийнэ.

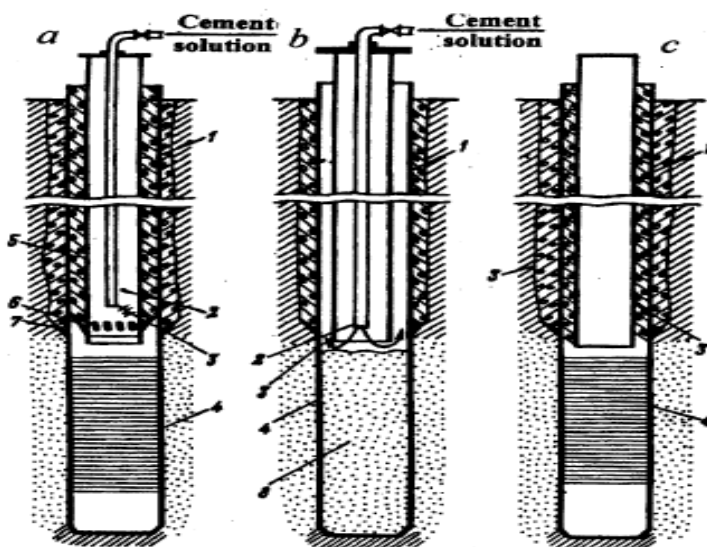
Гэрийг засах, солих ажиллагаа нь уусгалтын уусмал шүүрч, алдагдах, усан давхарга бохирдсон үед шаардлагатай болдог. Зарим тохиолдолд энэ нь уусгалтын уусмал бохирдоход хүргэдэг. Гэрийг сольж тавихдаа олон төрлийн аргаар хийж гүйцэтгэж болно. Тодоорхойлох хүчин зүйлүүд нь цооногийн загвар, гэрийн хэлхээний материал юм. Хэрвээ гэр нь металл, тэнд цагираг биет байхгүй бол, хоолойнуудыг ачаа өргөгч хэрэгслүүд (өргөгч, хөшүүрэг, чичиргээ үүсгэгч, г.м.)-ээр дээш өргөж болно. Хэрвээ цооног нь металл биш материалаар (полиэтилен, полипропилен гэх мэт) хийгдсэн гэртэй бол хамгийн нийтлэг арга бол өргөсгөх, тусгай хэсэг рүү гэрийг зүсэх, тэдгээрийг хэсэг хэсгээр нь цооногоос гаргах юм.

Уусгах, ашигт уусмалууд хагарал ан цав болж гадагшилж байгаа нөхцөлд гэрийг засахдаа гэмтсэн нэгийн дотор гэрийг нэмж суулгахад өргөн тархаж буй арга юм. Эдгээр аргууд нь металл бус гэрийг ашигласан тохиолдолд илүү үр дүнтэй байдаг. Хамгийн энгийн завсрын гэртэй засах аргуудыг доор дурдсан.

Эхний аргын дагуу завсрын гэрийг гэмтсэн газрын орчим цементэн сагстай цуг тоноглоно. Тусгай цементлэх хоолойнуудыг завсрын (шинэ) гэрийн дотор байрлуулж угсарна (Зураг 10.2)



Зур 10.1. Дан баганатай цооног дахь хаалтын орлуулалт: а/ хаалтын хийн бууралтын хуримтлал, б/ гэрээс хаалт хүртэлх зүсэлт, с/ хийн бууралтын дотор хуучин хаалтыг байрлуулж угсрах, д/ шинэ хаалтын угсралт, 1-цооногийн гэр, 2- хаалт, 3-өргөсөж буй толгойн хуваарилалт, 4-зүсэлтийн багаж, 5-шинэ хаалт, 6-баглагч



Зур 10.2. Нэмэлт ажиллах багананы угсралтаар цооногийг засварлах: а- цементэн сагс ашиглаж тусгаарлах; б- хаалтын эргэн тойроны элсийг байрлуулж тусгаарлах; 1- цооногийн багана засварлагдсан; 2- оруулж буй цементийн хоолой; 3- шинэ ашиглах багана; 4- хаалт; 5- цементэн бөгж; 6, 7- цементэн сагс; 8- элс

Хоёр дахь аргад цооногийн хэсгийн орчим гэмтсэн газрын доор зарим идэвхгүй материал (элс нь илүү дээр)-ын хамт дүүргэгдсэн. Шинэ гэрийг дараа нь дотор тавина. Шинэ гэрийг дээд талын холбоосын хамт тоноглож шингэний хамт дүүргэсэн. Цементлэж буй хоолойнуудыг гидравлик материалаар тусгаарлаж шахаж гаргахдаа дотор талд тавина. Гэрүүдийн хооронд зуурмаг хийсний дараа цементэн хоолойнуудыг зайлуулна. Идэвхгүй дүүргэлтийг цооногоос тэгээд зайлуулна.

Полиэтилен хоолойнуудын дотоод диаметр нь стандартад заасан загвараас арай жижиг байсны улмаас уусмал шахах тоног төхөөрөмжийг тогтоож чадахгүй. Гэрний дотор талд зүсэлт хийж байгаа нөхцөлд гэмтлүүд бий болдог. Тийм ажиллагааг зөвхөн нэн шаардлагатай нөхцөлд хэрэглэхэд тохиромжтой. Засах ажиллагаа дууссаны дараа гэрийн бүтэн байдлыг доор дурдсан гаралт, оролтын туршилтын геофизикийн аргуудаар хянагдана.

10.7. ГДУО процессын уусгалтын талбайн параметруудийн хяналт

Үйлдвэрлэлийн зардлыг багасгах нь уусмалыг шахах болон шахах хамгийн тохиромжтой горимыг ашиглах, хяналтжуулсан цооногийг ажиллуулах боломж, цооногийг асаах, унтраах сонголт, удирдлагын зохицуулалт зэргээс хамаардаг. Дээрх нөхцөлүүд нь ГДУО процессын автоматжуулалтаар уусгалтын анхны параметруудийг тогтмол хянаснаар бүрдэнэ.

Уусгалтын параметруудийн хяналт нь шахалт болон олборлолт, ажиглалт, ажиглалтын гол нүхнүүдийн дагуу хийгдэнэ. Цооногийн шахалт, олборлолтын хяналт дараах үйл ажиллагаануудыг багтаадаг. Үүнд:

- Олборлолтын цооногийн динамик түвшнийг тогтмол шалгах
- Загварын урсгалын хурдыг хадгалах, шахалтын цооног дахь урсгалын хурдыг хянах
 - Шахалтын болон олборлолтын цооногийн ажиллах хугацааг бүртгэх
 - Гэртэй цооногийн урсгалын хурдыг тогтмол хянах
 - Цахилгаан гүний насосын ажиллагааг автоматжуулах болон алсаас удирдах, тэдгээрийн ажиллах хугацааг бүртгэх
 - Хяналтын цооногийн усны түвшинг тогтмол хэмжих, тэдгээрээс усны дээж авах

ГДУО байгууламж дараах үйл ажиллагаатай байна.

- Шахалтын болон олборлолтын цооногийн эгнээн дэх уусгалтын уусмалын урсгалын хурдыг бүртгэх, тогтмол хэмжиж байх
 - Уусгалтын уусмалын хүчлийн хэмжээг автоматаар хянах, бүртгэн тэмдэглэх
 - Талбайд орж гарч байгаа уусмалын тоо хэмжээг бүртгэж авах, тогтмол хянах
 - Үйлдвэрлэлийн уусмалын хүчлийн агуулга, үндсэн бүрэлдэхүүнийг тогтмол хянах
-

-
- Шахалтын салаа хоолойнууд дахь төлөвлөсөн даралтын техник үйлчилгээ
 - Насос дахь станцуудын автоматжуулалт болон алсын удирдлага
 - Байгууламжийн ерөнхий төлөвлөгөө, хяналтын төлөвлөгөөний дагуу дээж авдаг хэдий ч уусгалтын уусмалын үндсэн бүрэлдэхүүн, дагалдах элемент, хүчлийн агуулгыг хянах
 - Бүх цуглуулагч болон даралттай савнуудад чанарын хяналтыг тогтмол хийх
 - Газрын гадарга дээрх болон газрын доорх байгууламжуудын эрчим хүчний хэрэглээг бүртгэж тэмдэглэх, байнга хянах

10 ДУГААР БҮЛГИЙН НОМ ЗҮЙ

GRABOVINKOV,V.A., Geotechnological Investigation in Exploration for Metals. M.; Nedra, (1983)

LISOVSKI,G.D., LOBANOV, D.P., NAZARKIN V.P., et al.,Heap and In-situ leching of Metals, M.: Nedra (1982)

PETROV, RP., DOLGIKH, P.F., SHUMILIN, I.P., ET., et al., Heap Leaching in Uranium Deposits Working, M.Energoatomizdat, (1988)

LUTSENKO, I.K., BELETSKI, V.I., DAVYDOVA, L.G., No-mine Working of minerals. M.:Nedra (1986)

MOSINETS, V.N., LOBANOV, D.P., TEDEEV, M.N.,et al., Construction and Operation of In-Situ Leaching Mines.: Nedra (1987)

БҮЛЭГ 11. БАЙГАЛЬ ОРЧНЫ СУДАЛГАА, ХАМГААЛАХ АРГА ХЭМЖЭЭ

11.1 ерөнхий зүйл

ГДУО-ыг дэлхийн газрын гадаргын доор болоод гадаргуу дээрх байгалийн нөхцөлд хамгийн бага асуудалтай (саад тотгор) ордоос эрдсийн хүдрийг ялган авахад ашигладаг. Уламжлалт далд уурхай болон ил уурхайн олборлолттой харьцуулахад ГДУО-д чулуун овоолго байхгүй, олборлолтын хаягдлыг хадгалахгүй, усархаг давхаргуудыг усгүй болгох арга хэмжээ авахгүй, газрын гадарга, агаар, усны эх үүсвэрүүдийг бохирдуулах гидрометаллургийн болон олборлолтын хаягдал өчүүхэн бага хэмжээтэй байдаг. Түүнчлэн маш зөв төлөвлөсөн, хамгийн сайн аргыг ашиглан ажиллуулж, хаасан бусад олборлолтын аргуудтай харьцуулахад ГДУО-ын байгаль орчинд нөлөөлөх нөлөөлөл маш бага байдаг.

ГДУО-ын бохирдуулагчийн үндсэн эх үүсвэр нь хүчлийн уусгалтын уусмал юм. Ажлын чулуулагт байгаа олон төрлийн металлын уусалтын дүнд шингэний pH буурдаг.

Бага pH-тай (хүчиллэг) уусмал, түүнд ууссан металлууд, түүнчлэн цацраг идэвхт цөмүүд нь гадаргын ус болон хөрсөнд бохирдол үүсгэх, ойролцоох газрын доорх уст үеийг бохирдуулах эрсдэлтэй.

Хэдийгээр энэ мэт бохирдол нь хэсэг газрыг хамардаг ч, тухайн газар нутгийн эдийн засаг, амьтан ургамалд нөлөөлдөг. Тиймээс хүчлийн ГДУО үйл ажиллагаанд ГДУО процессын үед болон талбайг ашиглалтаас гаргах, нөхөн сэргээлт хийх үед аль алинд нь нарийн ажиглалт, засвар арчилгаа хийнэ. Зарим тохиолдолд (ялангуяа суурин газарт) бохирдсон гүний усыг нөхөн сэргээх шаардлага гардаг. Хэрвээ талбайд хөрс, гүний усны бохирдол үлдэх юм бол хяналтаас гадна байгаа усан давхарга эсвэл тухайн газарт бохирдлыг цааш тараахгүйн тулд урт хугацааны хяналт-шинжилгээ, арчилалт тордолтын хөтөлбөрүүдийг бий болгосон байх ёстой.

11.2. Гадаргын бохирдол ба газрын үржил шимийг сэргээх

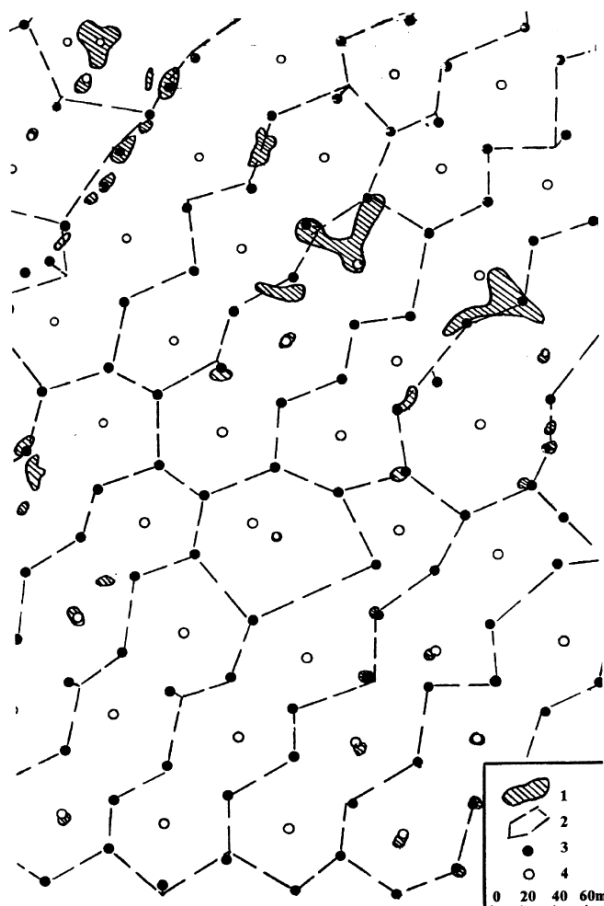
ГДУО-д хүрээлэн буй орчны хамгийн ноцтой эрсдэл нь гадаргын бохирдол болон хөрсний гэмтэл юм. Энэ нь тухайн орон нутгийн ургамал, амьтан болон хөдөө аж ахуйд ихээр нөлөөлдөг. Гадаргын бохирдол нь уусгалтын уусмалын дамжуулах хоолой гэмтсэн, нээлттэй шахалтын цооногоос асгарсан, цэвэрлэгээ болон дээж авах үеийн цооногийн шахалт, эсвэл үйлдвэрлэлийн уусмалыг тусгай хадгалах саванд хадгалахгүйгээр хөрсөнд хаясан зэргээс үүснэ. Байгаль орчны хяналтыг сайн хийснээр бохирдлыг багасгаж болно. Гэсэн ч газрын гадарга (ялангуяа шахалтын цооногт ойролцоох) бохирдох магадлалтай бөгөөд бохирдлыг цэвэрлэх төлөвлөгөөтэй байна.

Уусмал нь гадаргад хүхрийн хүчил болон түүний давс, нитрат болон цацраг идэвхт цөмүүд (уран, тори, ради, полони гэх мэт)-ийг зөөж авчирдаг. Үүний үр дүнд хөрс нь түр зуур ургамлыг тэтгэх боломжгүй болох эсвэл хүн, амьтныг хордуулах шинж тэмдгийг үзүүлж болзошгүй юм. Цацраг идэвхт цөмүүд дотроос хамгийн хортой нь 22.3 жилийн хагас задралын үетэй хар тугалга ^{210}Pb юм; уран-238 (^{238}U)(хагас задралын үе $4.49 \cdot 10^9$ жил)-ыг арай бага аюултай; ^{210}Po –ийн хагас задралын үе нь 138 өдөр, харин тори-230 (^{230}Th)-ын хагас задралын үе нь $7,7 \cdot 10^4$ жил. [7].

Хөрсөнд агуулагдах ион болон цацраг идэвхт цөмүүд нь хамгийн ихдээ ерөнхийдөө 40-60 см хүртэл нэвтэрч, ховор тохиолдолд 1 метр хүрдэг. Хөрсний бохирдолтын гүн нь түүний шүүлтээр, түүнчлэн физик, хими шинж чанараар тодорхойлогддог. Зураг 11.1-т үйлдвэрлэлийн талбайн хөрсний бохирдлын жишээг харуулав. Хамгийн их бохирдолтой түвшнүүд нь уусгалтын цооногууд, уусмалын шугам хоолойнуудад байдаг.

Чийглэг уур амьсгалтай нөхцөлд хур тунадас ихтэй үед хөрсний өөрөө цэвэрших явцыг хурдасган борооны усаар угаагдан бохирдуулагч бодисыг хөрсний гүн давхарга руу зөөвөрлөдөг.

Хэдийгээр хамгийн тохиромжтой нөхцөлд (нэвчимхий хөрстэй, хур тунадастай ихтэй байх) ч байгаль дээр өөрөө цэвэрлэгдэх явц хэдэн арван удаа жилээр үргэлжилдэг. [5]. Хуурай уур амьсгалтай нөхцөлд хөрсний нөхөн сэргэх үйл явц илүү урт хугацаатай. хугацаа шаарддаг. Мөн бохирдолт нь хүчтэй салхиар их талбайг хамран тархах боломжтой.



Зур 11.1 Радиометрийн хэмжилтийн өгөгдлөөр бохирдлыг тодорхойлсон ГДУО талбайн гадаргын зураг. 1- Ариутгаж цэвэрлэсэн болон нөхөн сэргээсэн талбай (зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс ихэссэн бохирдолтой гэх мэт), 2- цооногийн талбайн блок, 3- шахалтын цооног, 4- олборлолтын цооног.

Цөл, цөл хээрийн хуурай уур амьсгалтай газарт агаар дахь тархалт нэмэгддэг байна.

Дээрх нөхцөлөөс шалтгаалж ГДУО-д дараах арга хэмжээг хэрэгжүүлэх нь зүйтэй. Үйл ажиллагаа эхлэхээс өмнө сонгогдсон талбайгаас хөрсний дээд үе~0.5м зузаан хэмжээтэй зааглаж, талбайн хилээс гаргана. Энэ хөрсний дээд үеийг зохих талбайд хадгалан ургамалжуулна. Ашиглалтаа зогсоох үедээ бохирдсон хөрс эсвэл хүрэн хөрсийг заавал шохойгоор саармагжуулсан байна.

Бохирдол ихтэй хөрсийг тогтоосон газар булшлах болон саармагжуулалт хийж зайлуулна. Овоолгосон өнгөн хэсгийн хөрсөө анх байсан талбайд буцаан аваачиж шинээр дахин ургамалжуулна. Газрыг нөхөн сэргээх хоёрдахь арга бол цахилгаан шингээлтийн технологид суурилсан арга бөгөөд ус үл нэвчүүлэх шаварлаг чулуулагтай нөхцөлд газар дор цэвэрлэдэг юм. Энэхүү арга нь электродоор тоноглогдсон тусгай цооног гарган өрөмдлөгийн болон усны өргөлтийн төхөөрөмж хэрэглэдэг. Талбайн дотрыг цэвэрлэн чулуулгийг 1-3 нүхний эзлэхүүнтэй тогтмол гүйдлийн дор угаана (хүчдэл ~ 50V, гүйдлийн хэмжээ нь 5-45A, тухайн нөхцлөөс хамааран). Анодууд нь гадаргуугийн үеүдэд, катодууд нь усны торлосон үеүдэд очиж суудаг. ГДУО талбай дахь үйл ажиллагаа нь үйлдвэрлэлийн болон уусгалтын шингэн талбайд алдагдал, шүүрэлт зэргээс сэргийлж хянах хатуу хяналтад явагдана. Гаралтын цооногоос сэргээгдэн гарсан уусмалыг зөөврийн сав руу цуглуулан авч, дахин ашиглах системд буцаан оруулна.

Уусгах ажиллагаанаас өмнө талбайн суурь судалгааг хийсэн байна. Уусгах үйл ажиллагааны турштүүнчлэн уусгаж дууссаны дараагаар гадаад орчны цацрагийн хяналт, эрүүл ахуйн судалгааг хийж гүйцэтгэсэн байна. Эдгээр судалгаа шинжилгээний дүнг үлдэгдэл бохирдолтыг устгах, нөхөн сэргээх талбайн төлөвлөгөөнд боловсруулан оруулсан байна.Төлөвлөгөөг хэрэгжүүлэхийн өмнө орон нутгийн болон холбогдох төрийн байгууллагаар хянан баталгаажуулсан байна. Нөхөн сэргээсэн талбайг урт хугацааны арчилалт, тордолт хийх зорилгоор холбогдох төрийн байгууллагад шилжүүлэн өгч болно.

11.3 ГДУО процесс дахь гүний усны бохирдолтын тухай ерөнхий ойлголт

ГДУО–д ихэвчлэн исэлдүүлэгч агуулсан сул рН-тай уусмал ашигт уст давхарга руу ордог. Тиймээс ашиглалтын цооногийн орчимд энэ нь гүний усыг бохирдуулах хил болж өгдөг. Энэ нь хүхрийн хүчил шингэний рН-ийн хэмжээнээс хамаарч огцом буурахын (7-8 аас 1-2) зэрэгцээ ураны хүдэр, бусад эрдсүүдийг цааш уусгадаг.Хамгийн эхлээд чулуун нүүрс хэлбэрт байх эрдсүүд (гол төлөв кальц агуулсан), цөөн хэдэн хувь шаварлаг эрдэс, сульфид, гялтгануур, жонш гэх мэтэд нөлөөлдөг.Карбонатууд болон сульфидууд нь маш хурдан урвалд ордог ч жоншыг уусгахад жилээс хэдэн арван жил үргэлжилдэг.Цагаан чулуу нь уусгалтад маш тэсвэртэй.Хүхрийн хүчлийг гүний ус руу илүүдлээр уусгахад дараах нэгдлүүд уусдаггүй.Үүнд: SO_4^{2-} , NO^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ , K^+ , SiO_2 , цацраг идэвхт

цөмүүд, бусад зөөгч металлууд болох Zn, Cu, Ni, Se, Be, V, Co, Cr, Ti гэх мэт орно. Хүхрийн хүчил нь чулуулагт агуулагдах их, бага хэмжээтэй бүх элементүүдийг уусмалд уусгаснаар хүн амын ундны усан хангамжийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрдэг.

Дээрхтэй харьцуулбал, биокарбонатын урвалжийг сонгомолор авч ураны хүдрийг уусгахад гүний усан дахь бүтээгдэхүүний бохирдолт нь харьцангуй бага байдаг. Ураны нэгдлүүдийн зэрэгцээ шүлтжүүлэх уусмал нь Na^+ , Mg^{+2} , NH_4^+ , K^+ гэсэн катион бүхий карбонат болон бикарбонатыг концентрацийг нэмэгдүүлдэг. Хязгаарлагдмал хортой хольцыг тооцоолохгүйгээр шүлтээр уусгах уусмал нь хортой элементүүд болох ради, селени бүхий нэгдлүүдийг агуулах ба эдгээр нь шүлтлэг орчинд удаан хугацааны туршид цааш тархаж байдаг.

Тогтворжуулсан нөхцөлд ГДУО-ын туршилтыг явуулах үед бохирдолтын галогийн хил нь уусмалын урсгалын гадаад заагаар тодоорхойлогдох бөгөөд энэ нь шахуургын цооногоос гарч, сэргээсэн цооногт хүрч хажуу захаар нь тархдаг. (6 дугаар бүлгийг харах).

Түүнчлэн туршилтын томоохон талбай нь бага хэмжээний өвөрмөц бохирдол үүсгэдэг. Урсгалыг тогтворжуулсан тогтвортой нөхцөлд үлдэгдэл шингэний нэвчилт хэмжээ, агаарт тархах хүрээ үйл ажиллагааны турш тогтмол хадгалагддаг.

Хүхрийн хүчлийн уусгалтын процесс нь төрөл бүрийн бохирдолтын талбай, бүсийг үүсгэдэг болох нь ажиглагдаж байсан. Уусах шинж чанараас хамааран pH ингэж өөрчлөгддөг. Саармаг болон сул хүчиллэг шинж чанартай байгалийн pH нь галогийн төв хэсэгт 1-2 болж өөрчлөгддөг. pH нь 2.5-аас бага байх дотоод болон жижиг галод Fe, Al, U-ны концентраци нэмэгдүүлэн ялгаж болдог. Энэ тохиолдолд Fe^{+3} (pH~3), Al^{+3} (pH=4-5), Fe^{+2} (pH~6) бүхий галогийн тархалт нийт галогийн хэмжээгээр уусмалд уусч гидроксид болон хүчлээр саармагжин бүхэлдээ тунадасаждаг.

Кальци ионууд нь цааш багаар шилжин тархан гөлтөгөнө-буюу шохой ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)-ийн уусах чанараар хянагдана. Ионууд голдуу ион-солилцооны процессын дүнд карбонат, шаварлаг эрдсээр үүсгэгддэг. Сульфатын ионууд нь хүхрийн хүчлийн уусмалаар илүүдэн ангижирдаг.

Сульфатын ион (ховор тохиолдолд NO-3) нь усархаг давхаргын галод хол зайд тархдаг. Гэсэн ч NO-3 –ын тархах чадвар SO4-2-ийнхоос их байх ба ГДУО-ын үед уусдаггүй нитратууд үүсдэггүй. Уусгалтад ашиглаж байгаа уусмал дахь SO4 2+ -ийн концентраци NO3-2 –оос их байдаг учраас хамгийн бага хэмжиж болох сульфатын ионы концентраци урсгалын дагуу нэлээд хол зайд илэрдэг. Тэдгээр нь ГДУО-д уусдаггүй нитрат байхгүй хэлбэрт шилжин, сульфатуудын хамгийн бага хэмжигдэж болох концентраци цаашдын урсгалд ажиглагдана. Учир нь уусгах уусмалд байгаагаас маш их байдаг байна.

Үүнээс үзэхэд хүхрийн хүчилд уусгах явцад бохирдолтын макро нэгдлүүдийн бүсжилт дараах байдлаар харагдана. Үүнд:



Цацраг идэвхт цөм бүхий макро болон микро нэгдлийн үлдэгдэл нь сульфатын гало хэмжээндтархдаг.

Уст давхаргын гало төв хэсэгт нийт уусаагүй жинлэгдэх бодис (total dissolved solid-TDS) эсвэл уусмалын тогтвортой ионууд нь ихэвчлэн оруулсан урвалж (бодис)-ын ба хүхрийн хүчлийн уусгалтад 15-25г/дм³ хэмжээтэй урвалжийг ашигласан анхны концентрациар тодоорхойлогддог. Галогийн хязгаарт нийт жинлэгдэх бодис буурч удалгүй фоны хэмжээтэй болдог. Үйлдвэрлэлийн уусмал ба байгалийн гүний усны химийн найрлагыг харьцуулсан хүснэгтийг -11.1, 11.2-т үзүүлэв.

Эрдэс чулуулагтай химийн завсрын саармагжих, ион-солилцох, адсорбцлох, диффузлэх, шүүх харилцан үйлчлэлийн нөлөөгөөр гүний бохирдлын концентраци багасдаг. Бүх бохирдолт нь байгалийн гүний усны урсгалын нөлөөгөөр шингэрч концентраци нь буурдаг.(макро-болон микро тархалтын шүүлт). Зөвхөн тодоорхой төрөлд (кальци) нь цэвэр чулуулаг (карбонат) –аар үлдэгдэл хүчлийн уусмал эргэн уусч концентраци нь нэмэгдэх боломжтой. Бохирдолтын гало хил, геометрийн зурагчилсан заагийн стандарт туршилтын талбайн хэмжээ 25X50м-ээс ихдээ 50-80м (ховор тохиолдолд 100м хүртэл)хэмжээтэй байдаг. Их хэмжээний талбайн уст давхаргын бохирдолтын галон нийт хэмжээ нь уусгагдах хүдрийн биетийн бүрэлдэхүүнээс хамаардаг (зураг 11.2). Хэдий тийм ч бохирдолтын эргэн тойроны зай цооногийн зураглалийн заагаас хэтрэн ойролцоогоор 50-100 м болон ихэсдэг.

Хүснэгт 11.1 Үйлдвэрлэлийн уусмал ба байгалийн гүний усанд байх макро нэгдлийн химийн найрлага

№		pH	TDS	Na ⁺ +K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe _{нийт}	U	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SiO ₂
1	Ус	8	2	0.2	0.3	0.2	-	зөөгч	-	1	0.2	0.1	0.01	-
2	Уусмал	1.5	22	1	0.6	0.5	0.6	1.6	0.3	17	0.2	0.1	0.3	0.1

Хүснэгт 11.2. Ураны хүдрийг хүхрийн хүчлээр ГДУО үеийн үйлдвэрийн уусмалын зөөгч металлын найрлага, мг/дм³

Элемент	Агуулга	Элемент	Агуулга
Be	0.36	Ag	n/f
As	n/f	Zn	n/f
Zr	1.21	Co	3.6
Mn	6.05	Cr	1.21
Pb	0.726	V	202
Sn	n/f	Ba	1.20
Ni	1.21	Se	n/f
Ti	1.20	Y	1.21
Mo	n/f	La	n/f
Cu	1.20	Nb	n/f

n/f- илрээгүй (not found)

Зохиомол тэнцвэрт чанарын алдагдлаар бохирдолтын галог зориудаар багасгах нь сайн арга биш гэдгийг анхаарах хэрэгтэй (их дүнтэй ямар ч тохиолдолд).

Учир нь уусмалын алдагдсан хэмжээ нь байгалийн гүний усаар нөхөгдсөнөөр үйлдвэрлэлийн уусмал шингэрч сулардаг.

Түүнчлэн үүнээс болж үүссэн илүүдэл уусгах шингэнийг устгахын өмнө цэвэршүүлэх шаардлагатай байдаг. ГДУО-оор уст давхаргад бохирдож буй бүрэлдэхүүний тархалтын хоёр тодоорхой ялгагдахуйц мөчлөг байдаг (Зураг 11.3).

1/ Гало тархалт нь цооногийн талбайн гидродинамик тогтворжилтоор хязгаарлагдсан үеийн зөв уусгалтын хугацаа. Энэ нөхцөлд уусгалтын цооногийн ойролцоох гидравлик нөлөөллийн харьцангуй бага бүсэд гүний усны бохирдолт явагдах бөгөөд үе давхаргын дагуу явагдахгүй.

2/ Ураны гаралт дуусаж, зохиомол гидрологик конус бууралтын цооног хаагдсан үед гүний усны байгалын урсацын гидрологик хяналт сэргээх. Энэ бохирдолтыг ГДУО талбайгаас хол шилжүүлэх боломжийг бий болгодог.

Уусдаггүй бохирдлууд чулуулагтай харилцан үйлчлэлцсэнээр (химийн харилцан үйлчлэл, шингээлт, шингэрүүлэх гэх мэт)уусмал дахь эдгээр бүрэлдэхүүний концентраци буурах ба гүний ус өөрөө өөрийгөө цэвэрлэж байгалийн фон хэмжээндээ аажмаар хүрдэг. Энэ байдлаар геохимийн процессын дүнд ашигтай уст давхаргын чулуулагт аюултай нэгдлүүдэн дахин хуваарилалт болно.

Материал (уран гэх мэт)-ын хэсгүүд гадаргууд гарч ирнэ. Түүнчлэн байгалийн нэгдлүүдийн хажуугаар TDS-ийг нэмэгдүүлдэг (нитрат, сульфатын хувьд) зарим урвалжийн уусмал (голдуу хүхрийн хүчлийг азотын хүчилтэй хольсон) газрын гүнд нэвтэрч ордог. Урсгалын чиглэл дэх гало хэмжээ, урсгалын хурд болон бохирдуулж буй бүрэлдэхүүн ба чулуулаг минералын харилцан үйлчлэлцэх орчин нөхцөлөөс хамаарч бохирдсон жим болон гүний усны өөрийгөө цэвэршүүлэх хугацаа харилцан адилгүй байдаг. Энэ нь жижиг туршилтын талбайд хэдэн жилд хэдэн зуун метр, том хэмжээний ГДУО талбайд хэдэн арван жилд хэдэн километр хүртэл өргөн хүрээнд өөрчлөгддөг.

Сүүлийн үеийн судалгаагаар [4,8], эрдэсжээгүй, уусаагүй чулуулгийн дундуур явагдах бохирдолтын гало процесс нь хэмжээний хувьд багасдаггүй харин шингэний гидравлик тархалт болон таталцлын дифференциалын нөлөөгөөр улам тархдаг. Хэдий тийм боловч галогийн хүрээний хамгийн их бохирдол тасралтгүй буурч байдаг (чулуулаг минералтай химийн харилцан урвалд ордоггүй нэгдлүүд үүнд бас хамаарна).

11.4 Гүний усны бохирдолтын үнэлгээ

11.4.1 Ерөнхий агуулга

ГДУО процессын үед уст давхаргын өргөн тархалттай бохирдолтын асуудалд анхаарал хандуулах нь бага байдаг бөгөөд учир нь ГДУО талбайн хил хягаараас 50-100м зайтай байх уусгах цооногуудын гидравлик нөлөөгөөр галогийн хязгаарын бүс нь ерөнхийдөө тогтвортой болж байдаг. Гэхдээ үүнд ашигт уст давхаргын урсацын нөлөөнд өртөж буй хийгээд усны оролт, гаралтын эх үүсвэрийн нөлөөллийн бүст оршиж буй цооногууд хамаарахгүй (уурхай, ил уурхай).

Гэсэн ч энэ бүх нөхцөлд тусгайлан өрөмдсөн ажиглалтын цооногуудыг ашиглан гүний усны химийн нэгдлүүдийг байнга хянаж (мониторинг) байх ёстой.

Ашигт уст давхаргын гүний усыг нийтийн хэрэглээнд хэрэглэгдэхээр бол заавал шинжилгээ үнэлгээ хийж байх ёстой. Энэхүү шинжилгээг усны чанар болон цацрагийн аюулгүй ажиллагааны батлагдсан дүрэм, журмын дагуу тогтмол хийж гүйцэтгэнэ. [7]

Хүснэгт 11.3-т нэгдүгээр ангилалд багтах усанд /өндөр чанар/ тавигдах шаардлагыг үзүүлэв. pH хэмжээ 6-8 хооронд байхад TDS 1г/дм^3 –ээс ихгүй байх ёстой. Хоёрдугаар ангиллын газар тариалангийн усалгаанд ашиглагдах ус хамаардаг. Стандартад заасны дагуу усалгаанд ашиглагдах гүний усны чанар нь хлорид, сульфат, натрийн агуулгын харьцаагаар тооцоологдох усалгааны коэффициентийн утгаар тодорхойлогдоно.

Усалгааны үйлдвэрлэлд нийт эрдэсжилтийн хэмжээ 3г/дм^3 ээс бага эрдэсжилттэй цэвэр болон бохир усыг ашиглана. Зайлшгүй хязгаарлах шаардлагатай нь борын ионы агуулга ба энэ нь 4мг/дм^3 -ээс ихгүй байна.

Хүснэгт 11.3. Бохирдолтын зөвшөөрөгдөх хамгийн их (MAC-Maximum admissible concentration) концентрацийн хэмжээ

Бохирдуулж буй бүрэлдэхүүн хэсэг	MAC , мг/л
Сульфат ион	500
Хлорид ион	350
Нитрат ион	45
Төмөр	0.3
Зэс	1
Цайр	1
Хар тугалга	0.03
Никел	0.1
Цагаан тугалга	2
Хром (⁺⁶)	0.1
Титан	0.1
Стронци	7
Кобальт	0.1

Кадми	0.001
Молибеден	0.25
Селен	0.001
Брелли	0.0002
Мышьяк	0.05
Хөнгөнцагаан	0.05
Ради-226	2.0 Бк/л
Хар тугалга -219 (ради D)	2.9 Бк/л
Полони-210	15.0 Бк/л
Тори-230	0.8 Бк/л
Нийт идэвх	15.0 Бк/л
Суспензлэгдсэн жижиг хэсэг	30
Нийт минералжилт –(TDS)	1000

Мал ундлах ус энэ ангилалд багтана. Хэдий тийм ч хонь болон бусад нас бие гүйцсэн амьтдын хувьд нийт минералжилтын хэмжээ хамгийн ихдээ 5г/дм³ байхыг зөвшөөрнө. Бусад бүх амьтдын хувьд 3г/дм³ гэж хязгаарласан байдаг. Эндээс үзэхэд хоёрдугаар ангилалд эрдэсжилтийн хэмжээ 3г/дм³ хүртэлх ус хамаарах бөгөөд зөвхөн хонь бэлчих бүсэд энэ хэмжээ нь 5г/дм³ ээс ихгүй байна.

Гуравдугаар ангилалд 3г/дм³ (5г/дм³)-ээс их минералжсан нийтийн хэрэглээнд тохиромжгүй ус хамаарна. Нэг ба хоёрдугаар ангилалд хамаарах гүний усыг уусгалт хийхээс өмнө байсан түвшинд түвшинд хүртэл нөхөн сэргээж, нутгийн удирдах болон хяналтын байгууллагад хүлээлгэн өгөх ёстой. Гуравдугаар **ангилалын** усыг газрын гүнд ГДУО-д үлдсэн үлдэгдэл минералжсан уусмалын тусгайлан бэлтгэсэн газар булшилж хадгална.

11.4.2 ГДУО дууссаны дараах бохирдсон гүний усны галог тооцоолох

Хүдрийн биетийн хил хязгаараас цааших бохирдсон усны галогийн хамгийн их тархалтыг доорхи томъёогоор олно. Энэхүү томъёо нэг төрлийн орчины хувьд хэрэглэгдэх ба макро тархалтын мэдээлэл байхгүй, уусмалын нягт бага, нийт түгэлтийн коэффициентийг тодорхойлоход бэрхшээлтэй байдаг гэх мэт шалтгаануудаас болж уст давхаргын үелсэн массын хувьд бодоход тохиромжгүй юм.[2]

$$L = X_{sp} + 0.5 (X_d + X_b) \pm X_f$$

L- т хугацаанд үлдэгдэл уусмалын хүдрийн биетийн хилээс цааш тархах хамгийн их уртын хэмжээ, м

X_{sp} – уусгах хугацааны туршид хүдрийн биетийн хилээс цааших уусмалын хамгийн их тархалт, м

X_d - тархалтын бүсийн хэмжээ, м

X_b - бохирдсон болон цэвэр гадаргуугийн усны хоорондох нягтын өөрчлөлтөөр хэлбэрээ алдах хилийн хэмжээ, m

X_f - гадаргуугийн усны өөрийнх нь урсгалаар эсвэл усны хэрэглээний байгууламжийн ажиллагаар чиглэгдсэний дагуу бохирдсон усны хөдлөх зай, м

Тархалтын бүсийн(X_d) хэмжээг физик, химийн харилцан үйлчлэлийг тооцоололын хамт доорхи томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$X_d = \frac{6.6}{A} \sqrt{\frac{D \cdot t}{P_a}}$$

D- молекулын тархалт, гидродиффузлэлт, химийн харилцан үйлчлэл, шингээлтийн нийт коэффициент,

t- ажиллаж дуусах хүртэл хугацаа, өдөр

P_a - идэвхтэй нүх сүв, бүхэл хэсэг

A- саарах агууламж, бүхэл хэсэг

Энэ нөхцөлд: [5]

$$A = \frac{1+\beta}{\beta} \quad [5,9] \quad \beta = \frac{C \cdot P_a}{10 C c \cdot \sigma}$$

β – уусмал/усан систем дэх материалын тархалтын коэффициент, бүхэл хэсэг

C- уусмал дах бохирдолтын концентраци, г/дм³

C_c – судалгааны бүрэлдэхүүний чулуулгийн нэвтрэх чадвар, %

σ -чулуулагын массын эзлэхүүн, г/дм³

X_f - ийн хэмжээг дараах томъёогоор тодорхойлно. [1;2]

$$X_f = \frac{2.2}{A} \sqrt{\frac{K T \Delta \gamma \cdot \cos \varphi \cdot t}{n}}$$

K- чулуулгийн ус нэвтрүүлэх чадвар, м/ өдөр

T- усархаг давхаргын зузаан, м

φ - хэвтээгүний усны хэвтээ хазайлтын өнцөг (хэвтээ, бага хазайлттай давхаргад $\cos \varphi = 1$)

$$\Delta \gamma = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_2}$$

γ_1, γ_2 –үлдэгдэл уусмал, байгалийн гүний усны тус тусын хувийн жин

Бохирдолтын тархалтын хэлбэрийг нарийвчлан тодоорхойлж чаддаггүйгээс тоо хэмжээг тодоорхойлоход төвөгтэй байдаг. Нэгдлүүд тархалтын хэд хэдэн хэлбэрт шилжих чадвартай байдаг нь туршилтын үр дүнг тайлбарлахад илүү төвөг учруулдаг. Тиймээс ГДУО практикт нэг идэвхгүй нэгдлийг индикатор болгон сонгож авч тооцоонд ашиглагдахад хангалттай байдаг ба учир нь бусад бохирдуулагчдын галонууд үндсэндээ индикаторын хилийн дотор оршдог. Хүхрийн хүчлийн уусгалтад гол индикаторын үүргийг голдуу сульфат ион SO_4^{2-} -оор гүйцэтгэнэ.

Тархалтыг урьдчилсан тооцоолох аналитик арга нь газрын гүний цогц процессуудыг бүрэн илэрхийлж чаддаггүй. Ялангуяа лабораторийн нөхцөлд олон давхаргат уст үеийн орчныг тодоорхойлон гаргахад бэрхшээлтэй байдагаас тархалтын параметрууд нь өндөр нарийвчлалтай тодоорхойлогддоггүй. Талбай дээрх туршилтын үед ч гидродинамик тогтолцооны өөрчлөлт, гидрологийн нөхцөлийг баттай тогтоогүйгээс жинхэнэ нөхцөл байдлыг алдаж тооцоолох тохиолдол байдаг.

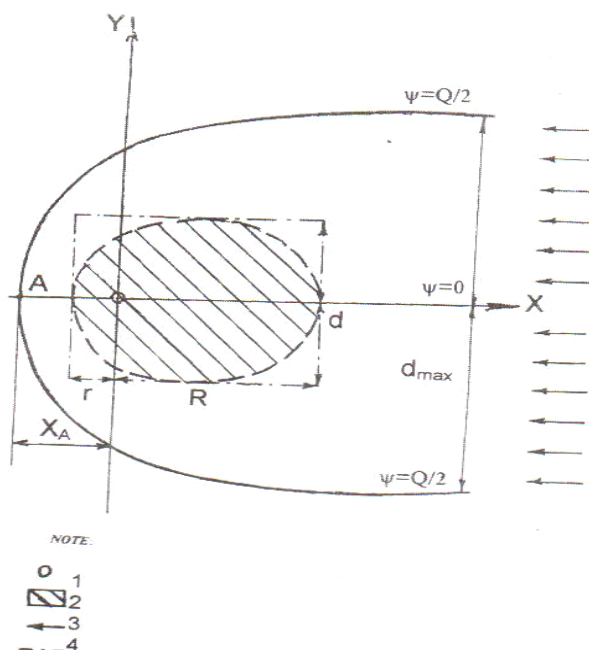
Үүнтэй холбоотойгоор зарим судлаачид [4] урсацийн чиглэлийн дагуу галогийн өөрөө өөрийгөө цэвэрлэх процесст гол шаардлагатай гидрологийн хэмжээг л авч үзэхийг зөвлөдөг. Ерөнхийдөө тухайн нүхний эзлэхүүний 3-5 өөрчлөлтийг авч үзэхэд хангалттай байдаг. Талбайн туршилтын дүн тооцоологдсон өгөгдлүүдтэй таарч байна. Газрын гүн дэх уусмалын өөрөө өөрийгөө цэвэрлэх процесс нь гурван үндсэн хүчин зүйлд захирагддаг: гүний усны урсгалын хурд болон чиглэл; бохирдуулагчдын анхны химийн бүтэц; чулуулаг давхаргын эрдсийн бүрэлдэхүүн болон гадаргуугын өөрчлөлт. Зарим ордуудад бохирдолтын гало хөдөлгөөнгүй болж цэвэршихгүй болохоос авахуулаад урсгалтай болон урсгалгүй гүний усны эрчимтэй нөхөн сэргээлтийн үед гарах асуудлууд хүртэлх янз бүрийн онцгой нөхцөл байдлууд тохиолдож болно. Тиймээс газрын гүний уусмалын өөрөө өөрийгөө цэвэршүүлэхтэй холбоотой бүх тохиолдолд хэрэглэгдэхүйц нийтлэг тооцооллын арга гараагүй байна.

11.4.3 Усан хангамж бохирдох магадлал

Хэрэв ус хангамжийн станц ГДУО талбайн уст давхаргуудаас ус авах тохиолдолд усан хангамжийн цоонуудийн үйлчлэлээр бохирдолтын гало хөдөлгөөний хурд үндсэндээ нэмэгддэг. Усан хангамжийн станцын хэрэглээний бүсийг дотоод (усаар дахин цэнэглэгдэх хэсэг) болон гадаад гэж 2 хэсэг болгон хуваадаг. Хэсгүүдийг завсрын урсгалын шугамаар тусгаарлана. Урсгалын доод талын дахин цэнэглэгдэх талбай нь тусгаарлах хэсэг А-р хязгаарлагдана, энэ доод талын урсгал хязгааргүйгээр түгэж чаддаг (зураг 11.4). Ус дахин цэнэглэх талбайд усан хангамжийн станцын ус авах бүс байх ба усыг t хугацаанд авна. Энэ бүсэд ариун цэврийн хяналтын бүс (SCZ) - ийн гурав дахь бүсжилтэд хамаарна.

Усан хангамжийн станц болон ГДУО төхөөрөмж нэгэн зэрэг ажиллах тохиолдолд ГДУО төхөөрөмжийн ажиллагаа нь ус дахин цэнэглэх бүсэд саад

болж буй эсэхэд урьдчилан үнэлгээ хийх шаардлагатай. Зэрэг ажиллаж болно гэж дүгнэсэн тохиолдолд ГДОУ шингэн ус хангамжийн бүсэд нэвтрэх магадлалд үнэлгээ хийх шаардлагатай. Ер нь ГДОУ ажиллагаанаас усны ариун цэврийн онцгой хамгаалалтын бүсд очих бохирдуулагчдыг бүрэн саармагжуулах нөхцөлийг хангасан тохиолдолд л ГДОУ төхөөрөмж болон ус хангамжийн станц хоёрыг зэрэг ажиллахыг зөвшөөрдөг



Зур11.4. тодоорхой бус үеүдэд гаралтын цооногийн урсгалын чиглэлийн диаграмм: 1- усны үүсвэр; 2- тогтоох хэсэг; 3- байгалийн урсгалын чиглэл; 4- бүсийн зааг.

Хязгаарлагдаагүй усан бүрхүүлтэй давхарга, дан усны цооног байх нөхцөлд (эсвэл бага оврын цооногууд) ус дахин цэнэглэгдэх бүсийн үндсэн элементүүдийг дараах томъёогоор томъёолбол: [3]

$$X_A = \frac{Q}{2\pi r}; \quad Y_0 = \frac{Q}{4MV_e}; \quad Y_\infty = \frac{Q}{2MV_e}$$

X_A – усан байгууламжаас усны хагалбарын цэг хүртэлх зай

Q - усан байгууламжийн гарц, м³/ өдөр

q - байгалийн усан давхаргын тусгай гарц, м²/ өдөр

Y_0 ; Y_∞ - ус дахин цэнэглэгдэх талбайн нэг талын урт зайн дахь дээд урсгалын, усны хэрэглээний шугамын урсгалын доод талын зайнууд, м

V_e – гүний усны урсгалын байгалийн давтамж, м/ өдөр

Дахин цэнэглэх талбайн хувьд гол параметруудийг маш хялбар аргаар тооцоолохын тулд тэгш өнцөгтийг аван доорх томьёоны дагуу тодорхойлно. [6,7]

Нийт уртын хэмжээ: $L = R + r$, газрын гүний усны дээд талын урсгал :

$$\underline{I} = \underline{R} - \ln(1+R), \quad (11.1)$$

$$\text{Гүний усны доод талын урсгал: } T = - [\ln(1-r) + r] \quad (11.2)$$

$$\text{Зузаан } \underline{t} = 1 - \underline{d} \operatorname{ctg} \underline{d} - \ln(\sin \underline{d}/\underline{d}) \quad (11.3)$$

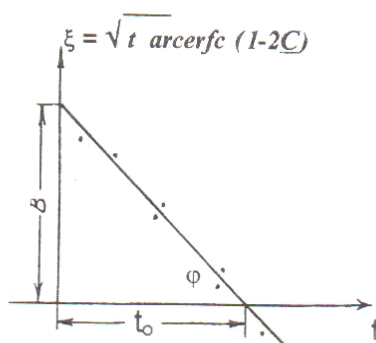
болон

$$T = qT/mnX_A \quad (11.4)$$

$$\underline{d} = d/X_A; \underline{R} = R/X_A, \quad \underline{r} = r/X_A$$

T = усан байгууламж ажиллах үе, өдөр

T хэмжээнээс хамаарсан R , r , d функцуудын хэмжээг хүснэгт 11.4 өгсөн. (шулуун урсах усны хэрэглээг 11.5-д тодорхойлсон).



Зур 11.5. t гэсэн хугацаанд ξ гэсэн хувьсах хэмжигдэхүүнээс үл хамаарах C гэсэн функцээс хамаарах диаграммыг харуулав.

Жишээ бодолт: усыг станцаас авахад ажиллах цооног $2000 \text{ м}^3/\text{өдөр}$ чадалтай байдаг. Ус үл нэвчүүлэх үеийн зузаан $M=40 \text{ м}$, ус дамжуулах чадвар $K=50 \text{ м}/\text{өдөр}$, дамжин гарах нүхний хэмжээ $p_a=0.2$ байна. Байгалийн уст давхаргын усны хазайлт $I=0.001$ ($q=KMI=2 \text{ м}^2/\text{өдөр}$). Даалгавар нь (SCZ)-д ($T=10^4$) үед гурав дахь бүсийн хэмжээг олох

Олох нь:

$$X_A = Q/(2\pi q) = (200/2 \cdot 3.14 \cdot 2) = 160 \text{ м}.$$

$$(11.4) \text{ гэсэн томьёоноос } \underline{I} = 2 \cdot 10^4 / (40 \cdot 0.2 \cdot 160) = 15.6$$

Хүснэгт 11.4-ээс $R = 18.6$; $r = 1$; $d = 2.9$.

$R = 18.6 \cdot 160 = 2980\text{м}$; $r = 1 \cdot 160 = 160\text{м}$; $d = 2.9 \cdot 160 = 470\text{м}$ гэсэн хэмжээнүүд гарна.

Бохирдсон усны заагаас усан байгууламж руу X -тэнхлэгийн (гол урсгалын шугам) – дагуу бохирдсон усны шилжилт хөдөлгөөний хугацааг дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$t = \pm \frac{A_{pe}}{V_e} \cdot [X_1 - X_a \ln (X_1 X_a + 1)]$$

$$X_a = Q / 2\pi K M I$$

X_1 = бохирдсон усны хилээс усан хангамжийн станц руу хамгийн ойр байрлах зай, м

I = газрын гүний усны даралтын хазайлт эсвэл усны гидравлик хазайлт

“+”, “-” тэмдэг нь гадаргуугийн гүний усны доошоо эсвэл дээш урсах чиглэлийг тус тус заана.

Хүснэгт 11.4. Т хугацаанд харьцуулж тооцоолсон R , r , d хэмжээ

T	R	R	d
0.01	0.149	0.135	0.142
0.02	0.213	0.187	0.200
0.05	0.351	0.284	0.315
0.1	0.517	0.384	0.445
0.2	0.773	0.507	0.626
0.3	0.987	0.589	0.762
0.5	1.385	0.699	0.973
1	2.147	0.842	1.338
2	3.505	0.948	1.789
3	4.750	0.982	2.074
4	5.937	0.994	2.271
5	7.091	0.998	2.415
6	8.222	0.999	2.522
7	9.336	1	2.605
8	10.437	1	2.670
9	11.528	1	2.722
10	12.611	1	2.765
15	17.942	1	2.895
20	23.186	1	2.961
39	33.543	1	3.025
50	54.008	1	3.074
100	104.661	1	3.109

Өөрөөр шатанд ордыг уусгах болон түүний дууссаны дараах гүний усны бохирдолтын талбай болон усан байгууламжаас (хангамжаас) татан авахаар

төлөвлөсөн, одоо орж байгааг тооцоолж, гүний усны уст давхаргын үлдэгдэл уусмалын шилжилт хөдөлгөөнийг дээрх харилцан холбоогоор тодоорхойлж болох юм.

11.5. Гүний усны орчны хамгаалалтын судалгаа

11.5.1. Ерөнхий зүйл

Газрын дор уусган олборлолт хийхэд орчныг хамгаалах арга хэмжээнүүдийн боломжит судалгаануудыг хийж, гүний усан дахь үлдэгдэл уусмалын уусан шилжих параметруудийг олохын тулд бохирдуулагч хэсгүүд уусаж болзошгүй давхарга бүрийн ус нэвчилт болон шингээлтийн шинж чанарыг байнга тодоорхойлох ёстой.

Нөгөө талаас ашигтай давхаргын пьезодамжуулах чанар (түгэлтийн даралтын чадвар), түгэлт, тархалтын коэффициент, бодит эргэлтийн урсгалын ус дамжуулах чанар, чулууны нүхний идэвхжил, ус нэвтрүүлэх чанаруудыг тооцоолно.

Одоогийн аргачлалаар авч болох нэвчилт уусгалтын шинж чанарын мэдээлэл нь туршилтын явцад геологийн болон гидргеологийн бодит нөхцөлүүд, галогийн химийн найрлага, хэмжээ төдийгүй гидрдинамик нөхцөлүүдээс ч хамааралтай гэсэн урьдчилсан шинжүүдийг агуулдаг. Уусгалт явагдаж байгаа давхаргын уусмал дахь концентрацийн хэмжээ буурах, шингэрүүлэлтийг тодоорхойлох макро тархалтын бодит параметруудийг лабораторийн туршилт тодоорхойлж чаддаггүй. Тиймээс лабораторид (статик, динамик хоёулаа) элс-шаварлаг чулуулгийн харилцан үйлчлэлцэх параметруудийн тоо хэмжээг тодоорхойлох аргачлалыг энэ техникийн зохицуулалтад оруулаагүй.

11.5.2 Талбай дээр харилцан үйлчилж буй параметруудийн тоо хэмжээг тооцоолох аргачлал

Талбайн туршилт нь 2 төлөвлөгөөний дагуу хийгдэнэ:

а/ Дан цооногт ГДУО-ын үлдэгдэл уусмалыг шахах

б/ “давхардуулах (хосолмол)” туршилт нь сэргээх болон цооногт шахах ажиллагааг зэрэг хийх замаар урсацыг бий болгох

Эхний туршилтын төлөвлөгөөгөөр хагас тогтвортой нэвтрэх боломж бүхий дунд зэргийн хурдтай урсгалаар давхаргын усыг дүүртэл эхлэх цооногт шахна.

Дараа нь өмнөх урсгалын хурдтайгаар ГДУО-оос гарсан үлдэгдэл уусмалаар цооног дүүрэх ба цооногт амархан шингэдэггүй индикатор хийнэ. Гуравдугаарт уусгалт явагдаж байгаа давхаргыг угаахын тулд шахалтыг зогсоохгүйгээр адил хурдаар давхаргын усыг дүүртэл шахна. Ажиглалтын цооногийн систем нь уусмалын индикаторын өсөлтийг хянахад ашиглагдана.

Судалгаа, шинжилгээний явцад бодисуудын концентраци суурь хэмжээ хүрэхэд туршилт зогсоно. Ажиглалтын шугам хоолойноос дээжийг химийн шинжилгээ хийхээр өдөрт нэг удаа авч байна. Индикаторт өөрчлөлт үүсэх үес бодисуудын концентраци тогтворжтол дээжийг өдөрт 1-3 удаа авч байх нь зүйтэй. “Зэрэгцүүлэн хэмжих” арга нь дээр дурдсан схемтэй үндсэндээ ижил.

Индикатор, бохирдуулагч бодисуудын концентрацийн хугацааны $C = f(t)$ харьцангуй өөрчлөлтийн хамаарлын сан муруйг байгуулахад туршилтын үр дүнгүүдийг ашигладаг. Муруй бүр дээрх цаашдын боловсруулалтыг нь F.M Бочэвэр болон А.Е. Орадовская аргын дагуу хийгдэнэ.

$$\text{Илэрхийлэл: } C_{(x,t)} = ca.0.5 \operatorname{erfc} \left(\frac{1-P_e F_o}{\sqrt{F_o}} \right)$$

$$\text{Хувиргавал: } \xi = \sqrt{t \operatorname{arccerfc} (1 - 2C)} = \left(\frac{r-v \cdot t / P_a}{\sqrt{D} / P_a} \right),$$

t-д ξ шугаман хамаарлыг харуулж байна.

Дээрхийг томъёогоор илэрхийлбэл:

P_e – Пеклетийн хэмжүүр, $P_e = V_x/D$;

D= бууралтын коэффициент;

V- шүүгдэх хурд,

F_o –хэмжигдэхгүй хэмжигдэхүүн, $F_o = Dt/x^2$;

P_a - идэвхтэй нүхний хэмжээ,

r- ажиглалтын шугам хоолойн урт, м

ξ хэмжээ гэдэг бол бүх туршилтын мэдээлэл C , t тооцоолох, t –д ξ хамаарлыг хүснэгтээс (Хүснэгт 11.5) олно.

Тархалтын коэффициент нь доорх тэгшитгэлээр тодоорхойлогдоно. $D = v^2/4P_a \operatorname{tg}^2 \varphi$,

$\operatorname{tg} \varphi - t = f(\xi)$, эсвэл $D = n \cdot x^2/4B^2$ гэсэн шулуун шугамын өнцгийн хэмжээ

B- хөндлөн огтлолд шулуунаар огтлох хэрчим

Тархалтын коэффициент нь φ -ийн тангас өнцөг тэнхлэгт t_0 хэрчим, t тэнхлэгийн хугацаа хэлбийснээр тодоорхойлно. $\beta = 1/(t_0 v - n l)$.

Шингээлтийн хурдны параметр: $\alpha = \operatorname{tg}^2 \varphi / \beta$.

$C = f(t)$ гэсэн гарах муруйг ашиглаж индикаторыг чулууллаг хүртэл аажмаар шүүн гаргаж идэвхтэй нүхний хэмжээг тооцоолдог: $P_a = v/L \cdot C = 0.5$

v- шүүх хурд (илэрхүйц урсгалын хурд);

L- оролтын, ажиглалтын цооног хоорондын зай;

$C=0.5$ шүүр дэх индикатор концентрацийн хэмжээ $c=0.5$ болох үеийнхугацаа

Үнэн зөв давтамжийн хэмжээг шингээдэггүй индикатор хүртэлх харьцаагаар тогтоосон $C=0.5$ концентрацийн нэг хагас хугацаагаар тооцоолдог.

Алдааны засварыг цэвэр усыг цооногоос гаргах хугацааны тооцоололтуудад ашиглана. $t = \pi r_c^2 c \Delta H_c / Q_h$

ΔH_c – r_c гэсэн радиус, Q_h гэсэн урсгалын хурдтай цооногын усны түвшингийн өндөр.

Тархалтын коэффициент β нь шингээдэг, шингээдэггүй бүрэлдэхүүний гарах муруйн харьцуулалтаар тодорхойлогддог.

Cl^- ионы бүхий газрын гүний усны усан давхаргын бодит урсгалын хурд:

$$V_{cl} = 1/\Delta t_{c=0.5}^{CL}$$

А гэсэн бүрэлдэхүүний $C=0.5$ цэг шингээгдэх үеийн урсгалын хурд:

$$V_A^* = 1/\Delta t_{c=0.5}^*$$

Гарах муруйн Δt өөрчлөлт А бүрэлдэхүүнд β тархалтын коэффициентээр тодорхойлогдоно.

$$\Delta t = 1/(1/V_A^* - 1/V_{cl}^*); \quad V_A^* = V_c^* (\beta/1 + \beta); \quad \beta = (n_a \cdot 1)/(V \cdot \Delta t)$$

Муруйн өөрчлөлтийг $C=0.5$ г хэмжээтэй үед гарах муруйн диаграммаас тодорхойлдог.

β тооцоолохдоо гарах муруйн зөвхөн нэг, хоёр цэгийг ашиглаж β тооцоолсоноор маш их алдаа гарах болохоор дээрх графикийн анализийн бүх муруйг ашиглах нь илүү тохиромжтой.

11.6. Гүний усыг сэргээх арга

Гүний усыг сэргээх аргуудыг 2 бүлэг болгон хувааж болно (хүснэгт 11.5). Шууд цэвэрлэгээний аргууд эхний хэсэгт багтдаг. Хоёр дахь арга нь өөрөөр нь цэвэрлэж сэргээх арга багтана.

Хүснэгт 11.5 Гүний усыг сэргээх аргууд

Сэргээх арга	Сэргээх газар	Аргууд	Тусгай нөхцөл
Үлдэгдэл уусмалыг химийн болон физикийн аргаар цэвэрлэх	Газрын гадарга дээр	Урвалжаар тунадасжуулах	Тусгай тоног төхөөрөмж шаардана
	Уст давхаргад	Цахилгаан шингээлтийн	Хүдрийн биет эсвэл цулыг

		технологи	ашигласны дараа
		Шахсан агаараар уусмалыг түрэх (түрэх арга)	Шинээр ашиглах хүдрийн цулыг бэлтгэсэн байх
Үлдэгдэл уусмалыг саармагжуулах	Уст давхаргад	Давхаргын усаар угаах (угаах арга)	Ижил
		Байгалийн аргаар эрдэсгүйжих	Хүдрийн биет эсвэл цулын ашиглалт дууссаны дараа
		Урсгалын хурдыг нэмэх замаар эрдэсгүйжих процессыг түргэсгэх (албадах арга)	Ижил

11.6.1. Урвалжаар тунадасжуулж цэвэрлэх арга

Шахаж гаргасан уусмалыг шууд цэвэрлэх гэдэг нь тусгай тоноглогдсон тоног төхөөрөмжид урвалж ашиглан уусмалаас хүсээгүй (хортой) хольцыг тунадасжуулахыг хэлнэ. Гүний усны байгалийн концентраци нь уусгалт явагдаж байгаа цулаас гарах уусмалын 5-10 сүвийн эзлэхүүнийг сэргээхийг шаарддаг. Цэвэрлэгээ нь олон шатлалтай химийн схемээр явагдах бөгөөд үүнд ураны адсорбц болон десорбц, шохойн зутангаас тунадасжих процесс, шинжилгээ зэрэг орно. Давслаг үлдэгдлийг булшлах шаардлагатай. Цэвэрлэсэн усны чанар нь үйлдвэрлэлд ашиглах усны шаардлагыг хангана. Урвалжаар тунадасжуулах аргын зардал нь 1 м^3 усцэвэрлэхэд 2 ам.доллар хүртэл байна. Энэ аргын дутагдалтай тал нь их хэмжээний хатуу болон суспенз хэлбэрийн хог хаягдлыг булшлах шаардлагатай болдог. Иймээс өөр бусад арга боломжгүй тохиодолд л энэ аргыг ашиглахыг зөвлөж болно.

11.6.2 Цахилгаан шингээлтийн технологиор цэвэрлэх

Газрын доорх үлдэгдэл уусмалыг цахилгаан адсорбцийн технологиор цэвэрлэх арга нь уусгалт явагдаж байгаа усан орчны хүдрийн биетэд цахилгаан орон үүсгэхэд үндэслэдэг.

Цооног эсвэл цооногийн системээр дамжуулан катодыг шаварлаг хурдаст суулгана. Ус үл нэвчүүлэх дээд эсвэл доод үе, шаварлаг ан цав, хүнхээл тогтцод үүссэн шаварлаг үеийн аль нэгийг ашиглаж болно. Цооногоор дамжуулан нэмэх анодыг хүдрийн биед суулгана. Электродуудыг тэдгээрийн хооронд уусмал цэвэрлэгдэж байхаар байрлуулна.

Электродуудад хүчдэл өгөхөд тогтмол гүйдэл үйлдэгдэл уусмал дундуур гүйнэ. Уусмал дахь катионууд катод руу чиглэж хөдөлнө. Шавар дундуур

гарахдаа төмөр, хөнгөн цагаан, хүнд болон бусад металлууд шаварт адсорбцлогдон кальцийн ионоор солигдож, тэр нь сульфатын болон хүнцэлийн ионтой холбогдож тэдгээрийг уусдаггүй нэгдэлд шилжүүлнэ. Ийм маягаар гүний ус анионоосоо ч цэвэрлэгдэнэ. Уусалт явагдаж байгаа хүдрийн цулаас гарч байгаа үлдэгдэл уусмалын хүнхээлийг цэвэрлэхэд энэ аргыг ашиглах нь электродын бүтээмжийг тохируулах техникийн боломжоос хамаарна. 10 метрийн гүн дэх уусмал дээр хийсэн туршилтын мэдээллээр цацраг идэвхт цөм ба сульфатын анхны концентраци хүртэл цэвэрлэх үнэ 1м^3 уусмалд 0.1 ам.доллар гэж бүртгэгджээ. Цооногийн гүн нэмэгдэх хэрээр цэвэрлэх үнэ илэрхий нэмэгдэнэ.

11.6.3 Шахсан агаараар уусмалыг цэвэрлэх арга

Энэхүү аргын мөн чанарыг дараах байдлаар тайлбарлана. Хүдрийн цул болон бүлэг цулд уусгалт явуулж дууссаны дараа уусгалт явагдсан үеийн гидростастик даралтаас их даралттай хийгээр үлээнэ. Илүүдэл даралт нь үлдэгдэл уусмалыг сэргээх худгуудаар шахна. Тусгай хоолойгоор шахагдсан уусмал үлдэгдэл ураныг салгах адсорбци руу өгөгдөх ба дараа нь тогтворжуулсны дараа газрын доорх уусган олборлох шинэ цулын уусгалтад өгөгдөнө. Гүний усыг шахсан агаараар сэргээх үед нэг эргэлтэд уусгалтын хүрээний сүвийн эзлэхүүний 70-80%-ийг сэргээх чадвартай.

Шахсан агаарын даралт буурахад сэргээгдэж байгаа цулын чулуулаг усаар дүүрч, тэр нь бохирдлын түвшинг анх эхэлсэн түвшнээс 20-30%-иар бууруулна. Эргэлтийг дахин хийхэд газрын гүний усны анхны найрлагад бараг хүрэх бололцоотой болдог. Ураныг дахин салгах зардал нь өмнөх ажиллагааныхаас 5-7 дахин бага байдаг. Ийм арга хэмжээ нь гүний усыг сэргээх үйл ажиллагааны үр ашгийг нэмэгдүүлнэ. Нэг эргэлтэнд үлдэгдэл уусмалын 80%-ийг сэргээх нөхцөлд гүний усыг сэргээх зардал 1м^3 усанд 0.2 ам.доллараас хэтрэхгүй. Энэ аргын нэг дутагдалтай тал нь усан давхаргын дээд үеэр агаар үлээснээс уст давхаргыг хийгээр хэсэгчлэн бөглөж болох юм.

11.6.4 Давхаргын усаар угаах арга

Ашиглалт хийхээр бэлдсэн шинэ цул дахь ууссан ураныг салгаж, тогтворжуулсны дараа үлдэгдэл уусмалыг ашигладаг уусгалтын цулд энэ аргыг өргөн хэрэглэдэг.

Газрын дор уусгалт явуулдаг олон ордод уусмалыг эргүүлэн ашиглах технологи нэвтэрсэн байдаг. Энэ нь 5-10 (уусгалт явагдах давхаргын нэвтрэх чадавх өөр өөр байдгаас хамаарна) сүвийн эзлэхүүн уусгалтын цулаас газрын гадаргуу руу гарсан байхыг шаарддаг. Суларсан эзлэхүүн зэргэлдээх хэсгээс нэвчсэн байгалийн гүний усаар сэргээгдэнэ. Цэвэрлэх зардал зардал 1м^3 усанд 0.3-1 ам.доллар байдаг байна. Энэхүү аргыг уусгалтын цулын хилийн доторх нийт усны эрдэсжилтийг урьдчилан бууруулдаг бусад аргатай хавсарч хэрэглэхийг зөвлөмж болгодог.

11.6.5 Байгалийн аргаар нөхөн сэргээх арга

Уусгаж дууссаны дараагаар хүнхээл дэх үлдэгдэл уусмал байгалийн гүний усны урсгалын хамт урсдаг. Эрдэсжилт нь гидродинамикийн дисперс болон агуулагдаж байгаа чулуулагтай физик-химийн үйлчлэлд орж багасдаг. Энэ аргын хэр үр дүнтэй байх нь чулуулгийн хүчил эсэргүүцэх чадвар, тэдгээрийн шингээх чанар, уст давхаргын байгалийн урсгалын хурд зэргээс хамаарна. Үлдэгдэл уусмалын саармагжилт ерөнхийдөө 10 заримдаа хэдэн зуун жил ч болдог.

Үлдэгдэл карбонат байгаа тохиолдолд хүхрийн хүчлийн уусмал ашиглаж байгалийн саармагжилтийг түргэсгэдэг бөгөөд зарим тохиолдолд 10 жил хүртэл багасгаж чаддаг. Нөгөө талаас урсгалын хурд удаан (ойролцоогоор 1-3м/жил ба түүнээс бага), уусгалтад тэсвэртэй чулуулагтай бол (карбонат болон бусад хүчлээр шингээгдэж байгаа материал байхгүй кварц-жонш хэлбэрийн элс) бохирдуулагч материалын агууламж олон жилийн туршид өөрчлөгдөхгүй байж болно.

Гүний усны нөхөн сэргээлт байгалийн эрдэсгүйжих үзэгдлийн жамаар уурхайн үйл ажиллагаа явагдсан талбайн тогтоож өгсөн хэсэгт явагдана. Үлдэгдэл уусмалын хөдөлгөөн, тэдгээрийн химийн бүтцийг ажиглалтын нүхээр хянана. Ажиллагааг зогсоох хугацааг нөхөн сэргээсэн уст давхарга, ажиглалтын нүхийг орон нутгийн эрүүл мэндийн хяналтын байгууллагад хүлээлгэж өгөх өдрөөр тогтооно. Дээрх нөхөн сэргээх аргыг уухад тохиромжгүй ус агуулж буй давхаргад хамгийн түрүүнд хэрэглэхийг зөвлөдөг. Ундны усны давхаргад ашиглах нөхцөлд холбогдох эрүүл мэндийн стандарт (зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ)-ыг хангах шаардлагатай юм. Эрдэсгүйжих явцыг сульфатын ионоор тооцоолдог.

ГДУО байгууламжийн уурхайн хувиарлалтын параметруудийг ажиллах хугацаа, хэмжээгээр нь тодоорхойлно. Эдгээр параметруудийг доорх томъёогоор тооцоолно.

$$L = \frac{Vt\beta}{P_a(1+\beta)};$$
$$\underline{C} = 0.5\text{erfc} \frac{P_a L - Vt(1+\beta)}{v D P_a t \beta(1+\beta)}$$

V- гүний усны урсгалын хурд

t-үлдэгдэл уусмалуудын галоны хөдөлгөөн

P_a- чулуулгийн сийрэг байдал

β- тархалтын ерөнхий коэффициент

D- гидродисперсийн ерөнхий коэффициент

C- тооцоолсон бохирдуулагч бодисын харьцангуй агууламж

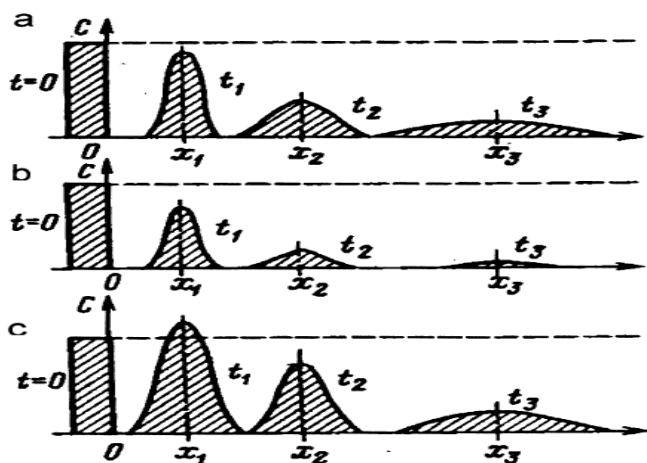
Уурхайн ажиллах хугацааг тооцоолохын тулд бохирдуулагч бодисуудын суурь хэмжээ буюу харьцангуй агууламжийг эсхүл үлдэгдэл уусмалд агуулагдаж буй бодисуудын анхны агууламж зөвшөөрөх дээд хэмжээтэй харьцуулахад ямар байгааг урьдчилан тогтоох шаардлагатай. Үүний дараа дээрх тэгшитгэлүүдийг ашиглан тооцоолно.

11.6.6. Байгалийн жамаар нөхөн сэргээх аргыг хурдасгах

Сүүлийн жилүүдэд уст давхаргын эрдэсгүйжих явцыг урсгалын хурдыг нэмэх замаар эрчимжүүлэх туршилтыг амжилттайгаар туршсаар байна. Гүний усыг хүдэр агуулж буй үеийг дайруулан нэвт өрөмдөж соруулна. Үүнтэй нэгэн зэрэг эсрэг талын галогоас ч мөн ус соруулна (цаашид үүсэх галог хэсэг хэсгээр нь цэвэрлэж болно). Энэ арга нь уусмалыг уусгалтад өртөөгүй чулуулгуудаар урсгаж цэвэрлэх талбайгаасаа хамаарч харьцангуй богино хугацаанд (хэдэн сараас 2-3 жил) бохирдлыг цэвэрлэх боломжтой болгодог. Гарах зардал нь илүү олон нүх өрөмдөх, насос ашиглах зэрэгт зарцуулагдана. Цэвэрлэгээний зардал ойролцоогоор 1.0 ам.доллар/м³ (1990 оны байдлаар).

Уусмалын урсгалын процесст бохирдуулагч бодисуудын агууламж өөрчлөгдөх байдлыг 3 нөхцөлөөр Зураг 11.6-д үзүүлэв.

1/ Чулуулагт шингээгч материал байхгүй бол бохирдуулагч бодисын нийт хэмжээ өөрчлөгдөхгүй: дисперс, таталцлын өөрчлөлт, диффузийн нөлөөгөөр гало хүрээгээ тэлснээр концентраци багасдаг. Энэ нь NO_3^- , Cl^- ионуудад хамаарна.



Зур 11.6.Бохирдолтын концентрацийн өөрчлөлт (C), урсгалын чиглэлийн урт (X), хугацаа (t), оролтын уусмалын "баглалт": а- чулуулаг материалын шингэлт болохгүй; б- шингээлттэй; с-үлдэгдэл хүчлээр чулуулгийг илүүдлээр уусгахад

2/ Материал чулуулагт шингээгдсэн бол концентраци, уусмал дахь бохирдолтын нийт тоо хэмжээ хоёулаа буурдаг. Энэ шалтгаан нь голдуу уусдаггүй давс уусгах явцад үүссэн.

3/ Уусмал дахь материалын нийт тоо хэмжээ, концентраци аажмаар нэмэгдэхийн хамт үлдэгдэл хүчлээр чулуулгийг илүүдлээр уусгахад маш хурдан багасдаг. Энэ шалтгаан нь голдуу карбонатууд нь үлдэгдэл хүчил, хүдрийн гаднах урантай идэвхтэй урвалд орж Ca^{2+} ионыг үүсгэдэг шинж чанар юм.

Дээрх 3 нөхцөлд үлдэгдэл уусмал гадаргуугийн усыг бохирдуулсныг арилгах, сулруулах физикийн процессууд нүхний орчинд (гидравлик түгэлт, таталцлын ялгаа, түгэлт) шингэний урсгалын хамт хавсарч явагддаг. Энэ процесс ашигт уст давхаргын өөр өөр ус нэвчих үед илүү идэвхтэй болж эхэлдэг.

Эндээс харахад уусмалын урсгал бохирдолтын концентраци фоны хэмжээ хүртэл багасахад бүх нөхцөлийн үр дүнд уусгагдаагүй чулуулагт очдог. Урсгалын хурд нэмэгдэхэд уст давхаргын нөхөн сэргээлтийн хугацаа 10-100 фактораар багасдаг. [5;8]

Нөхөн сэргээлтийн хамгийн сүүлийн үеийн судалгаагаар ус цэвэршүүлэлтийн биологийн аргуудыг хэрэглэдэг. Түүнчлэн лабораторийн нөхцөлд сульфат-ангижруулагч бактери хэрэглэх зарим судалгаа ч байна.

Уусгагдаж гарсан ГДУО талбайд туршилтын багажуудыг туршихад үр дүнгүүд амжилттай болж эхэлсэн.

БҮЛЭГ 11-Т АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] BELITSKY, A.S., Preservation of Natural Reserves while Burying liquid Wastes Underground, M. Nedra (1996).
- [2] BOCHEVER, F.M., ORADOVSKAJA, A.E., Hydrogeological Ground for Preservation of Underground Water and Water Intake from Contamination, M. Nedra (1972)
- [3] GOLDBERG, V.M., Hydrogeological Prognostication of Underground Water Quality in Water Intake, M. Nedra (1979).
- [4] KOCHETKOV, V.I., SPESHILOV, S.L., Migration of Contaminating Components in Underground Water of worked-out ISL Facilities, Engineering Progress in Atomic Industry. Series Industrial Technology and Radioecology 1 (1992) 19-24
- [5] LUTSENKO, I.K., BELETSKY, V.I., DAVYDOVA, L.G., Mineless Working of Ore Deposits, M.Nedra (1986)
- [6] MIRONENKO, V.A., RUMYNIN, V.G., UCHAEV, V.K., Preservation of Underground Water In Mining Areas. L. Nedra (1980)
- [7] Standards of Radiation Safety and Main Saitary Regulations in Handling Radioactive Materials and Ionizing Source OSP-72. Third publication, M6 Energoatomizdat (1998)
- [8] SKOROVAROV, J.I., BELETSKY, V.I., Safeguarding Underground Water in ISL of Minerals and Restoration after Decommissioning ISL Fields, Coll. Chemical Methods of Mining and Progressing. Pshibram (1990) 365-373

БҮЛЭГ 11-Т АШИГЛАСАН НОМ ЗҮЙ

BOCHEVER, F.M., ORADOVSKAJA, A.E., LAPSHIN, N.N., Preservation of Underground Water from Contamination, M. Nedra (1979)

GOST (State standards) 2874 82. Potable water, M. Standards Publication (1984)

Addendum to Maximum Admissible Concentration List of Harmful Impurities In Reservoirs of Domestic Utilization, M, Minzdrav of USSR (1991)

ORADOVSKAJA, A.E., LAPSHIN, N.N., Saitary Preservation of Underground Water Intakes, M. Nedra (1987)

БҮЛЭГ 12. ГАЗРЫН ДОР УУСГАХ БАЙГУУЛАМЖИЙН ЗУРАГ ТӨСӨЛ ЗОХИОХ

Газрын дор уусган олборлох зураг төсөл нь олборлолтын цогцолбор /тодоорхой загвараар байрлуулсан бүлэг цооногууд/, ажлын уусмалыг дамжуулах хоолойнуудын систем, уусмалыг боловсруулах байгууламж болон нэмэлт үйлчилгээ үзүүлэх байгууламжуудаас бүрдэнэ

Олборлолтын цогцолбор нь ураны хүдрийг урьдчилан бэлтгэх /pre-conditioning/ ба уусгах, уусгах уусмалыг хүдрийн биет рүү шахах, ажлын уусмалыг гадаргууд буцааж гаргаж ирэх зориулалттай юм. Энэхүү цогцолбор нь шахах, соруулах болон хяналтын цооногууд, соруулах цооногуудын гүнийн насоснууд юм уу шингэн соруулж авах агаарын систем, холбогдох хяналтын, дамжуулах хоолойнууд болон тэжээлийн системүүд болон эдгээрт засвар үйлчилгээ үзүүлэх замуудаас бүрдэнэ.

Уусмал боловсруулах байгууламж нь ажлын уусмалаас уран болон дагалдах бүтээгдэхүүнийг гарган авах болон уусгах уусмалын дахин сэргээх зориулалттай юм. Энэхүү байгууламж нь давирхайд наалдуулах, давирхайг нөхөн сэргээх болон химийн бодисууд нэмэгдүүлэх сулжээнүүдээс бүрдэнэ.

Уусмалыг тээвэрлэх систем нь олборлох цооногууд болон боловсруулах байгууламжуудын хооронд шахах уумалыг шахалтын цооногуудад, ажлын уусмалыг эргүүлэн боловсруулах байгууламжид дамжуулах зориулалттай юм. Хэрэв өндөр даралттай агаараар шингэн соруулж авах агаарын системүүд ашиглагдаж байгаа бол уусмал тээвэрлэх систем нь өндөр даралттай агаар дамжуулах хоолойнууд болон компрессорын станц агуулсан байна. Газар дор уусган олборлох төсөл нь засвар үйлчилгээ хийх байр, бүтээгдэхүүнээ хадгалах агуулах, оффис, гараж зэрэг нэмэлт байгууламжуудаас бүрддэг.

Газар дор уусган байгууламжийн зураг/дизайн болон угсралтын ажлын техник, эдийн засгийн болон инженерчлэлийн төлөвлөгөө/төсөл нь дараах хэсгүүдээс бүрдэнэ.

12.1 ТЭЗҮ-ийн дүгнэлт/товчлол

Судалгааны ажил болон тайлан нь барилга угсралтын ажил, ашиглалт, хаалтын ажиллагаа зэрэг төслийн гол асуудлуудыг тусгасан байх шаардалагатай бөгөөд энэхүү баримт бичиг нь дараах зүйлүүдийг агуулсан байна:

- - Ураны нөөцийн талаарх мэдээлэл
- - Нөөцийг нэмэгдүүлэх талаар мэдээлэл
- - Нөөцийн талаарх үнэн зөв тооцоо
- - Гарах боломжтой дагалдах бүтээгдэхүүнүүд
- - Уусган авахад шаардлагатай туршилтын болон хэмжилтийн дүн болон барилгын зураг төслийг хийхэд шаардлагатай параметрууд

Түүнчлэн эдийн засгийн үзүүлэлтүүд багтсан байх бөгөөд энд зүйлүүдийг агуулсан байна:

- Шаардлагатай хөрөнгө оруулалт
- Ашиглалтын явцад гарах зардлын урьдчилсан тооцоо
- Нийт ашиглалтын хугацаанд борлуулах бүтээгдэхүүний зах зээлийн ханшийн талаарх судалгаа
- Төслийн эдийн засгийн үнэлгээ
- Эдийн засгийн үндсэн үзүүлэлтүүдэд өөрчлөлт орох тохиолдолд судалсан байдал

Үндсэн хэмжигдэхүүнүүд тусгагдаж болох ба дор дурдсан хэмжигдэхүүнүүдээр хязгаарлагдахгүй:

- Валютын ханш
- Цахилгаан болон түлшний үнэ
- Ажилчдын цалин
- Зах зээлд худалдах үнэ (тухайн үеийн эрэлт хэрэгцээ)
- Дагалдах бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэл (дагалдах бүтээгдэхүүнийг тооцох)
- Байгаль орчны нөхөн сэргээлтийн зардал
- Бүтээгдэхүүний эрэлтийн хэлбэлзэл

Эдгээр мэдрэмтгий хэмжигдэхүүнүүдийг болон эдийн засгийн үнэлгээнүүдийг зураг /график/ хэлбэрээр баталгаажин тусгасан байвал зохино. Үүнд:

- Тоног төхөөрөмжийн үнэ болон зардал
- Жил бүрийн өрөмдлөгийн ажлын хэмжээ болон зардал
- Жил бүр шаардагдах эрчим хүчний хэмжээ ба зардал (түлш, цахилгаан)
- Цооногуудыг суурилуулах- материал, ажиллах хүч зардал
- Жил бүр шаардлагатай ажиллах хүч хүчний зардал
- Урвалжын хэрэглээний зардал
- Шаардлагатай үндсэн зардал
- Ашиглалтаас гаргахтай холбоотой зардал
- Нөхөн сэргээлттэй холбоотой зардал
- Гүний усыг нөхөн сэргээх/саармагжуулахтай холбоотой зардал

Энэ жагсаалт бүх зүйлийг багтаагүй ч үйл ажиллагаа эхлүүлэхэд шаардлагатай тухайн төслийн талаарх мэдээлэл агуулж байгаагаараа онцлог юм.

ТЭЗҮ-ийн дүгнэлт/товчлол нь тухайн төслийн үйлдвэрлэлийн хүчин чадал, ашиглах технологи, шаардагдах эрчим хүч, дулаан, усны нөөц, техник эдийн засгийн чухал үзүүлэлтүүд болон эдийн засгийн үр ашгийн талаарх мэдээллийг бүрэн мэдээллийг өгнө.

12.2. Технологийн үндсэн шийдлүүд

12.2.1. Уурхайн гео-технологии

Энэ хэсэгт ордын геологийн бүтэц (хэмжээ, хил, генетикийн болон морфологийн хэлбэр, хэсэгчилсэн тархалттай чулуулаг түүнээс гарах элемент, ашигтай байдлын үе давхаргын судалгаа болон литологи), нөөцийг тодоорхой үе давхаргын байдлаар тусгаарлах, хүдрийн гарган авах байрлалын шинж (хөрс, үндэс, гэх мэт), бэлтгэл (зай, чиглэл, өргөрөг) болон талбайн (доош орох өргөрөг, дунджилсан доошлох өнцөг, босоо шугам) дахь хүдрийн шинж чанаруудын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээллийг агуулсан болно.

Орд тус бүрт дараах параметрууд илэрхийлэгдсэн байх ёстой. Үүнд: гадаргуугаас хүдрийн биет хүртэлх гүн, хүдрийн биетийн зузаан өөрчлөлт, эрсдэлжилтийн тархалт, хүдрээс доошх тархалтыг төрх байдал, ашиггүй чулуулгийн үе давхаргын, ууршилтын хэмжээ, хүдрийн гадна талын элсний ерөнхий байдлын төрх зэрэг багтана.

Хүснэгт 12.1 ГДУО уурхайн төлөвлөөгөөний үндсэн параметрууд

Параметрууд	Нэгж	Параметрийн хэмжээ		
		Үндсэн боловсруулалт	Эхний шат	Тэмдэглэгээ
1	2	3	4	5
1. Гео-технологийн загварыг багтаасан Геологийн хүдрийн ангиллууд	Th*t			
2. Гео-технологийн загварыг багтаасан нөхөн ангиллын нөхцөл	Th*t			
3. Уусгалт хийх талбайн хэмжээ	Th*m ² M			
4. Дундаж хэмжээний зузаантай ашиглалтад хэрэглэх	Th*t			
5. Гео-технологийн загвар бүхий хүдрийн массны ашиглах нөөц	M ³ /t Mil*m ³			
6. Шингэн:хатуу харьцаа				
7. Уусгах уусмалын хэмжээ,				
8. -ашиглалт, -хэрэггүй хэсэг,- сэргээлт	Th*t			
9. Нийт хэрэглэгдэх урвалж, бодис	Kg/t			
10. Уусгалтад нөлөөлөх бодис, - исэлдүүлэгч				
11. 1тонн хүдрийн массад оногдох урвалж бодисын	g/dm ³			

хэрэглээ				
12. Ашиглалтын уусмалын уусгалтын концентрацийн нөлөө доорхийг батгаана:	өдөр			
13. исэлдэлтийн шат,	өдөр			
14. идэвхтэй уусгах шат,				
15. хамгийн сүүлийн уусгахшат				
16. Хүдрийг исэлдүүлэх төлөвлөгөөт хугацаа	м*м			
17. Хүдрийг уусгах төлөвлөгөөт хугацаа	м*м			
18. Ажиллах цооногийн сүлжээ	м ²			
19. -Гаралт (цооногийн хоорондох зай)	м ³ /h			
20. Оролт (цооногийн хоорондох зай),				
21. Үйлдвэрлэлийн талбай	цооногийн тоо			
14. Ажиллах цооногийн урсгалын хурдны дундаж төлөвлөлтийн хэмжээ				
15. Ажиллах цооногуудыг нэгэн зэрэг ажиллах үеийн тоо хэмжээ, - гаралтын цооног, - оролтын цооног	өдөр солигдох цаг			
16. Ажиллах үе шат:				
22. жилд ажиллах өдөр	жил			
23. өдрийн ээлж				
24. цаг/ээлжийн				
17. Төхөөрөмжийн ажиллах нийт шат:	м ³ /h			
25. боловсруулалт, - төлөвлөлтийн бүтээмж, - бүрэн төгс гүйцэтгэсэн	жил бүр сая м ³			
18. Байгууламжийн жилд ашиглах уусмалын хэмжээ	1000 t			
26. оролт,				
27. хагас боловсруулалт,	Нэгж/r.m			
28. гаралт				
19. Жилийн урвалж, бодисын хэмжээ (жилээр тооцоолсон дундаж):	Нэгж/r.m			
29. уусгалтын агент, - исэлдэлт				
20. Жилийн ажиллуулах цооногийг оролцуулсан нийт өрөмдлөг (жилээр тооцоолсон дундаж)	1000 тонн			
21. Ажиллах цооногийг үеийн боловсруулалтын шатны нийт өрөмдлөг (эхлүүлэх)	Мян. тонн			
22. Боловсруулалтад хэрэглэгдэх нийт урвалж, бодисын хэмжээ (эхлэх):				
30. уусгалтын агент				
31. - исэлдүүлэгч				

Мөн түүнчлэн мэдээлэл нь материал, чанарын агуулгын шинж чанарууд, хүдэр, агуулагч тогтцын гео-технологийн чанарууд, үндсэн, дагалдах (дагалдах бүтээгдэхүүн) чухал бүрэлдэхүүн, литологийн болон тунамалжилтын шинж чанараас хамаарсан хүдрийн бүлгийн ангилал, үндсэн бүрэлдэхүүний (уран) хордуулах хэмжээ, хүдэр, агуулагч тогтцын химийн найрлага, өөр өөр төрлийн чулуулгийн үндсэн литологийн тархалтын хэсгийн хэмжээ, ГДУО процессын геохимийн параметруудийн лабораторийн өгөгдлүүдийн гэх мэтийн талаарх талбайн судалгааг илэрхийлсэн байна.

Ордын гидрогеологийн нөхцлийн мэдээлэл нь хамгийн чухал юм. Уусмалын хөдөлгөөн нь газар дор гидродинамикийн зүй тогтлоор нэгэнт тайлбарлагддаг тул тухайн бүс нутаг дахь хүдрийн биеийн ерөнхий гидрогеологийн байрлал, усан ай сав, усан сангийн тэжээгдэл, бууралт, усан сангийн битүүмжлэл болон уст давхаргуудын талаарх мэдээллийг зайлшгүй тодоорхой болгох шаардлагатай. Энэ талаарх ихэнх мэдээллийг тухайн талбай дахь туршилтаас авч болно.

Пьезометрик түвшинд уусгах процессын загварчлал, гидродинамикийн тооцооны шаардагдах мэдээлэлд ашигтай ус агуулсан горизонт мөн түүнчлэн уст давхаргын зузаан (хэмжээ, дундаж), гарц, цооногийн тусгай гарц, ус нэвчилт (чулуулаг, хүдэрт оруулахад), ашигтай сүвний хэмжээ, ус дамжуулах чадвар, усны химийн найрлага, эрдэсжилт зэрэг болно.

Хэрвээ ахуйн хэрэглээ, хөдөө аж ахуйн цооногуудын ойролцоо байх нөөц дамжихаар бол тэдэнд тус бүрт тохирох мэдээлэл байх ёстой. Үүнд: нөөцийн зай, уст давхарга усны цооног руу нийлэх, жилийн дундаж усны хэрэглээ, ашигт уст давхаргын нөлөөлөл (бодит, тооцоолсон усны дуслын түвшин, дуслын түвшний эрчим гэх мэт).

Анхны өгөгдөл, төлөвлөгөөний загварт дараах зүйлийг анхаарах ёстой. Үүнд: бай хүдрийн нөөцийн гео-технологийн параметрууд (барилгын эхний шат багтана): уусгах уусмалын нийт хэмжээ (оролт, гаралт), уусмал оролт, гаралт), нийт урвалжын хэрэглээ, жилийн урвалжийн хэрэглээ, уусгалтын уусмалын уусгах бодисын дундаж концентраци, багц хүдэр исэлдүүлэх хугацаа, багц хүдэр уусгах хугацаа зэрэг төхөөрөмжийн хүчин чадал, нэгэн зэрэг ажиллах гаралтын цооногийн тоо зэрэг.

Сонгосон боловсруулалтын системээс хамаарч ордын боловсруулалт, ажиллах дарааллыг хийхдээ суурилуулж буй цооногийг төлөвлөх ажлын хуваарь, уусгах нөөцийг бэлтгэхэд шаардлагатай цооногийн оролт, гаралтын нийт тоо, хяналтын цооногийн заавар, шахах болон соруулах бүтцийн зохион байгуулалт, цооногуудын урьдчилсан гүйцэтгэлийн хоорондын зай болон төлөвлөгдсөн талбайг боловсруулна.

Уст давхаргын босоо бүтэн зүсэлтийн уусгалт эсвэл хүдрийн горизонты харьцааны сонгомол боловсруулах чадвар нь уст давхаргын бүтцийн морфологийн, литологийн шинж чанаруудыг сонгож авснаас хамаарахаас гадна гидрогеологийн параметруудийг хэрэглэнэ. Боловсруулах системийн

үндсэн параметруудийг тодоорхойлсон байна. Энэ нь оролт, гаралтын цооногуудын зураглал, тэдгээрийн хүчин чадал гэх мэтийг оролцуулна. Төслийг бүрэн хэрэгжүүлж эхлүүлэх үеийн чадварын тогтоохын зэрэгцээ цооногийн блокуудыг нэгэн зэрэг ажиллах гаралтын цооног, боловсруулалтад хуваарилна.

ГДУО төхөөрөмжүүд нь гадаад орчныг бохирдуулах боломжтой эх үүсвэр болж чаддаг. Энэ бүлэгт гадаад орчныг хамгаалахад чиглэсэн хөрсний өнгөн хэсгийн хураалт, бохирдсон газар, уст давхаргыг сэргээлт гэх мэт үйл ажиллагааны жагсаалтыг оруулсан.

12.3. Уусмалыг боловсруулах ажиллагаа

Хээрийн, лабораторийн шинжилгээнүүд нь химийн уусгалт, ажлын үйл явцыг тодоорхойлж буй үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэг юм. Илүү боловсронгуй, дэвшилтэт төлөвлөгөөний талаар зөвлөсөн хэд хэдэн хувьсах хэмжигдэхүүн байдаг. Энэ бүлэгт угсралтын төлөвлөлт эсвэл зураг төсөл, төхөөрөмжийн бүрэн боловсруулалт хийх хөтөлбөр, ашиглалтад оруулахад бэлтгэх хамгийн бага хугацааны санхүүжилтийн төлөвлөгөө, байгууламж барих шатны угсралтыг сонгон авах, тооцоолох процессын тоног төхөөрөмжүүдийг талаар орсон.

а/ Уурхайн бүтээгдэхүүний гарцын хурдан нэмэгдэх байдлаар ГДУО төхөөрөмжүүд нь уламжлалт олборлолтоос ялгаатай, тиймээс төлөвлөгөөг үйлдвэрийн ажиллагааг зогсоохгүйгээр ямар ч эргэлтийн процессын нэмэгдэх хүчин чадлыг урьдчилан мэдэх хэрэгтэй.

б/ Бага чадлын зарим төхөөрөмж, туршилтын багажууын амархан угсрагддаг, задлагддаг бүтэцтэй хэсгүүдийг нь ашиглаж илүү сайжруулах хэрэгтэй.

в/ Өвлийн улирал, халаалт багассан үед байгууламжын ажиллагааг хэвийн явуулахдаа тоног төхөөрөмжид сайтар туслах үйчилгээнүүд, үйлдвэрийн хэмжилтүүдийг хийн тооцож байрлуулсан байна.

г/ Төлөвлөгөөгөөр талбайд засвар үйлчилгээ хийх, механикжсан, автоматжсан ажиллагаануудыг зайлшгүй урьдчилан явуулах хэрэгтэй.

д/ Овор ихтэй дээжийг тээвэрлэх, хадгалах, бэлтгэх эсвэл аюултай бодисуудын төрх байдлаас хамаарч боловсруулах станц бүрийн төв талбайг тодоорхойлно. Урвалж бэлтгэлийн процесс нь урвалжын шинж чанарын дагуу явагдана.

е/ Боловсруулсан уусмалын хэмжээгээр боловсруулах станц бүрийн үндсэн процессын параметруудийг жилд сая метр куб, цагт куб метрээр бодож олно.

ё/ ГДУО цооногийн талбайгаас боловсруулалт хийхэд уусмалын дараах параметруудийг хянасан байна. Үүнд:

- - Үндсэн анион, катионыг агуулж буй химийн найрлага
- - Нягт, температур
- - Хатуу бохирдуулагчид, тэдгээрийн тархалтын хэмжээ

-
- Хүчиллэг, шүлтлэг чанар
 - Онцлог бохирдуулагчдын төрх байдал (органик, цацраг идэвхт материал гэх мэт)
 - Ураны концентраци

Оролт, гаралтын уусмалуудын уусгах уусмал, хатуу суспензүүд, түгээмэл тохиолдох ион, уусдаггүй уран, түүнчлэн рН, исэлдэлтийн потенциал буюу Eh хэмжээ зэргийн концентрацийн хэмжээнүүд хянадаг.

Материал, урвалжийн уусмалын жилийн хэрэгцээ нь уусгах бодисын цэвэр концентрацийг 1000тн-д үндэслэж тооцоолсон. Материал (шингээгч, хандлагч гэх мэт), анхны өндөр өртөгтэй хэрэглэх бодисуудыг жил бүр 1000м^3 , цаг бүр м^3 -д ноогдох усны хэрэглээ (онцлог чанар: цэвэр, дахин боловсруулагдах гэх мэт), жил бүр 1000тн-д ноогдох усны уурын хэрэгцээ(тусгай даралт, МПа, ба температур $^{\circ}\text{C}$), жил бүр MW h хүч, жил бүр сая м^3 , минутад м^3 дэх агаар (тусгай даралт, МПа) тооцоологдсон байна. Гаралтын уусмалын боловсруулалтаар автомажсан системүүдийг нэгтгэсэн хэмжилт, автомажсан хяналтад хэрэгтэй утгыг ашиглан хяналт шалгалтыг давхар хийж байх ёстой. Хэмжилтийн стандарт, техникийн шаардлагуудыг тодоорхой тусгагдсан байна.

Уусгах уусмалын боловсруулалтаар агаар мандал, усны эх үүсвэрийг бохирдуулж, хүрээлэн буй орчны бохирдолтыг бий болгодог. Төлөвлөгөөнд агаар мандлыг бохирдуулж байгаа төлөөлөгчдийн цацаргалтыг бууруулах, хяналт хийх бүдүүвчийг боловсруулахаас гадна аюултай материалуудыг халдваргүйжүүлэх, барихын тулд боловсруулалтын нэгжээс гарах хийнүүдийг ангижруулах тоног төхөөрөмж, аргуудыг төсөл боловсруулахад багтаасан байх хэрэгтэй.

Усны эх үүсвэрийг/ундаргыг зүй зохистой хадгалахдаа уусмалыг тогтворжсон хаалтын системээр шингэний урсгалын хэмжээг бууруулан, ариутгасан хаягдлын хэрэглээ буюу “зөөлөн” урвалж бодистой системийн хамт чиглэгдсэн байна.

12.4. Цооногууд болон насосны тоног төхөөрөмжүүд

Тухайн сонгосон газрын дор уусгах системээс шалтгаалан шаардлагатай цооногуудын тоо (гаралт, оролт, хүлээн авалт, ажиглалт, хайгуул хийх, хяналтын г.м)-г тооцоолсон байх хэрэгтэй. Төлөвлөлтийн үе шат дууссаны дараа ажиллуулах хуваарийг хийнэ.

Цооногийн ажиллах чадварыг ордын гидрогеологийн нөхцөлийн дагуу тодоорхойлно. Цооногийн төлөвлөгөө, байгууламж барих арга аргачлалыг тодоорхой болоход ГДУО аргад дараах зүйлүүдийг нарийвчлан тооцоолж өгнө. Үүнд:

- Элсэн чулууны ордны хатуураагүйг шинж чанарыг тодоорхойлохдоо бүсийн элс-шаварлагийн уст давхаргыг оролцуулна

- Цооногийн (гаралт, оролт, ажиглалт, хяналт гэх мэт) хэлбэр бүрийн тодоорхой шаардлагуудыг тус тусад нь авч үзэж болно.

- Цооногийн өнцөг, чиглэл нь өөр өөр байж болох; тунадасжилт үүссэн ордыг босоо, босоогоор хазайлгасан, хазайлгасан- хэвтээ шугамын дагуу хоолойг гаргах зэргээр уусгана.

- Уусгалтын төлөөлөгчид өөр өөр элэгдлийн чадвартай олон янзын уусгагчид (хүчил, бикарбонат, хүчилтөрөгч гэх мэт)-ыг агуулдаг учраас эргээд цооног барих байгууламжид элэгдэлд тэсвэртэй материалуудыг шаарддаг.

- Газрын доорх усны оройн цэгүүд ялгаатай байх ньбага хувийн жин (агааржуулах, сул идэвхтэй бодисоор боловсруулсан), их хувийн жинтэй уусмалууд хэрэглэснээс байж болно.

Төлөвлөгөөний шийдлүүдэд анхаарч үзэх үндсэн параметрууд Бүлэг 9 болон хүснэгт 12.2-т үзүүлэв.

Уусмалуудыг агаарын хий, гүний насосуудаар шахаж гаргана. Ордын геологийн, гидрогеологийн нөхцөлүүдээр (статик түвшин, урсгалын шинж чанар, ашигтай чулуулгийн гадаад байдал) тодоорхойлсон дээшлүүлэх аргыг сонголт нь уусгахад (хүчил, шүлт) урвалжыг ашиглах түүнчлэн оролцох факторуудын цооногоос 1метр куб уусмалын шилжилт хүртэлх хөрөнгө, ажиллах зардлыг багтаана.

Ордын хэсгийг уусгах, бэлтгэхэд геофизикийн, гидрогеологийн судалгаа, гидрохимийн шинжилгээг багтаасан цогц судалгаануудыг урьдчилан хийнэ.

Геофизикийн судалгаанд төрөл бүрийн картожууд багтана. Ордын ураны агуулга, ордын биеийн зузаануудыг гамма картожаар тодоорхойлдог. Литологийн хэсгүүд цооногийн хаа сайгүй байхад цахилгаан картожийн аргуудыг ашиглан анализ явуулах: Ашигт горизонууд, үе давхаргын хамгийн бага ус нэвчилтийг тодоорхойлохдоо тэсвэртэй байдлаар нь өөр өөрийнх нь үзлэгийг хийнэ.

Дамжуулах чадваргүй полиэтилен гэрийг ашиглаж байгаа бол хүхрийн хүчлийн уусмалын шилжилтийн хяналтыг индукцийн картожаар явуулсан байна. Энэ техник аргачлалаар тогтоц усны уусдаггүй хатуу биетийн концентрацийн өөрчлөлтийг хэмждэг. Тогтмол хяналт, шалгалтыг хийснээр оролт, гаралтын цооногууд, өгөгдлийн задлан шинжилгээг тодоорхойлж уусмалын тархалт блокт очин нөлөөлөх тодоорхойлогч факторуудыг уусмалын шилжилт болоход давамгайлах зам цааш илэрхийлнэ.

Металл гэрийн хэлхээний цэвэр байдлын систематик туршилтыг эсэргүүцэл, дулаанаар тодоорхойлсноор урсгалын хэмжилтүүдийг хийнэ. Гэрийн хуруу шилний хэлхээнд эвдрэл гарсан тохиолдолд уусмалыг алдагдлыг тодоорхойлохдоо ижил аргуудыг хэрэглэнэ. Дулааны задлан шинжилгээний хяналтыг хийхдээ уст давхаргын дээд давхаргаас хүдрийг агуулах горизонь гидро маягаар тусгаарлах гэх мэтийг бөгж хэлбэрийн зай гарган цементлэн шалгадаг.

Гидрогеологийн болон гидрогеохимийн судалгаануудыг ГДУО процессын бүх шатуудад хийж гүйцэтгэнэ.

- усны тогтцын түвшний ажиглалт
- цооногийн гүний хэмжих (элс хүртэл)
- гаралтын уусмалын уран U болон pH -ийн шинжилгээ
- механик бохирдуулагчид
- Дагалдах элементүүд гарсан үед гарсан уусмалын шинжилгээ.

ГДУО янз бүрийн шатанд шинжилгээ, хяналтыг хамгийн бага хугацаанд, төлөвлөгдсөний дагуу хийж гүйцэтгэсэн байна (ажиллах 7 хоног, 10 өдөр, сар бүр, улирал бүр).

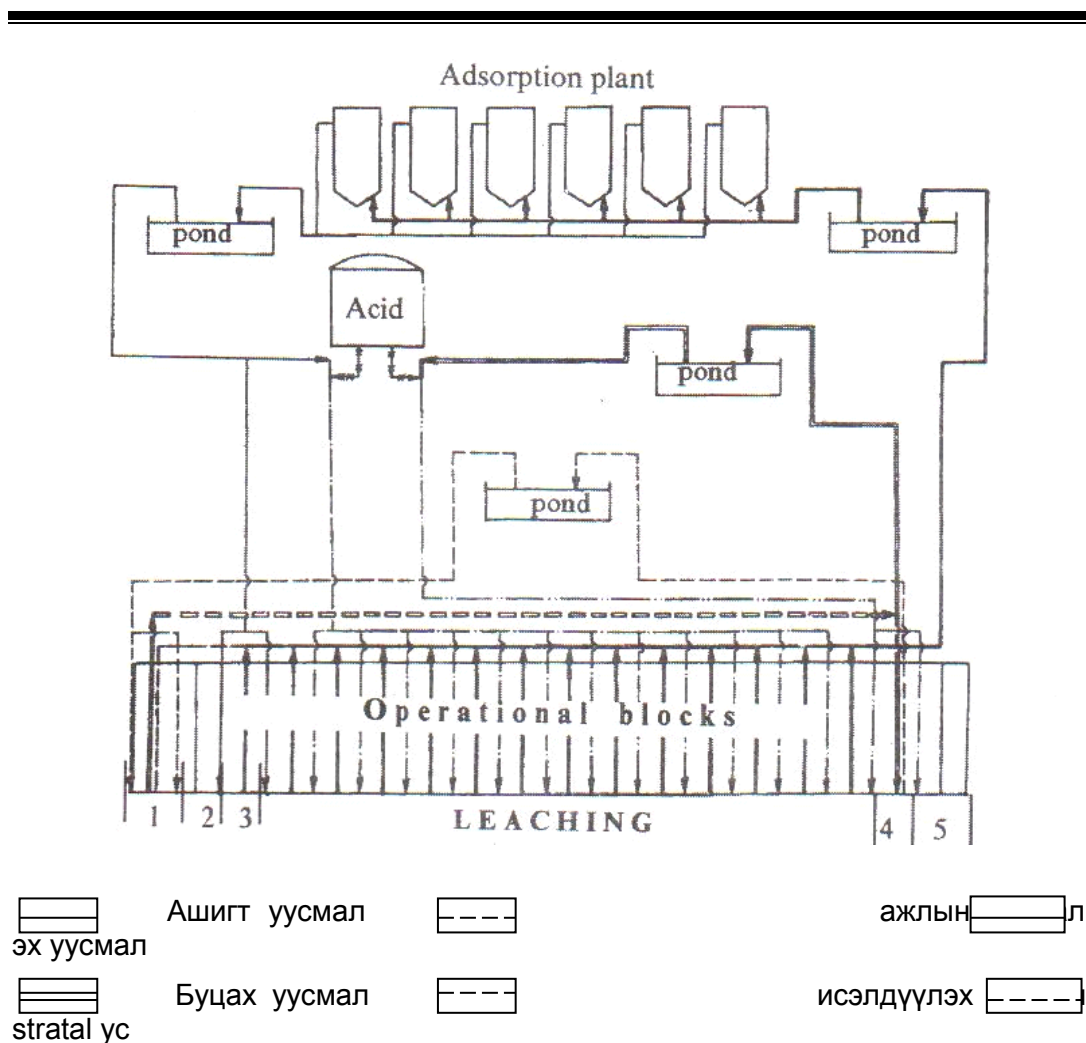
Цооногийн цогц хэмжилтүүд төлөвлөгөөнд тусгагдаагүй. Шаардагдах ажиллах хүчийг төлөвлөгдсөн байгууламжид ураныг ГДУО үндсэн туршилт явуулах боломжит мэргэшлийн ангиллыг хийн тодоорхойлсон.

12.5 Оролт болон гаралтын уусмалын тээвэрлэлт

ГДУО онцлог нь их хэмжээний хүдэр агуулсан талбай дахь хүдрийг олборлож боловсруулахдаа их хэмжээний уусмалыг ашиглахаас гадна өргөн хэмжээний талбай хамарсан шугам хоолой бүхий системийг ашиглана. Шингэнийг тээвэрлэх систем нь их хэмжээний үндсэн (капитал) болон ашиглалтын зардал шаарддаг.

ГДУО талбайд уусмалыг ахин боловсруулах бүдүүвчийг зураг 12.1-т үзүүлэв.

Төлөвлөгдсөн худгийн байрлал, тэдгээрийн хэмжээнээс хамааруулан боловсруулах үйлдвэрийг 2 төрлийн схемээр байгуулж болно. Эхний схемээр үйлдвэрийг хангалттай нөөцтэй талбайд байгуулж, бүх соруулах худгаас ирэх уусмалыг боловсруулахаар төлөвлөх боломжтой. Энэ тохиолдолд үйлдвэр нь урт хугацааны турш ажиллах үндсэн хөрөнгө оруулалт болно. Шахах болон соруулах шингэнийг гол болон туслах шугамуудын тусламжтай гүйцэтгэнэ. Шинэ худаг ухах тусам түүний үйлдвэрээс алслагдах зай ихсэх ба энэ нь мөн шугам, хоолойн урт, эрчим хүчний зардлыг нэмэгдүүлнэ.



Зур 12.1 ГДУО талбайд ГДУ уусмалын дахин цикл хийх технологийн ажиллах зарчмын бүдүүвч. 1- цооногийн талбайг угаах, 2- буфер блок, 3- исэлдүүлэгчгүйгээр уусгах, 4- исэлдүүлэлт, 5- уусгалтад бэлтгэх

Иймээс хүдрийн биет нь таруу бус байрласан газар дан ганц боловсруулах үйлдвэр барьж, шугам хоолойн нэмэгдэл, эрчим хүчний алдагдлыг бууруулах боломжтой.

Хоёрдугаар схемээр нэг том үйлдвэр барихын оронд хэд хэдэн жижиг боловсруулах үйлдвэр барина. Тухайн жижиг үйлдвэр бүр төв үйлдвэрийн адил иж бүрэн цогцолбортой байдаг. Үйлдвэр тус бүрийг томоохон хүдэр тус бүр дээр байгуулдаг. Энэ тохиолдолд тухайн хүдрийг 5-аас ихгүй жилд олборлохоор төлөвлөсөн байдаг. Тухайн жижиг нэгж үйлдвэрийн загварын хувьд түүнийг дурын аслагдсан талбайд богино хугацаанд байгуулахад хялбар байх шаардлагатай. Эдгээр жижиг үйлдвэрийн хувьд богино шугам

хоолой ашигласан, бага тооны насос ашигласан, үндсэн хөрөнгө бага шаардагддаг зэрэг давуу талтай.

Энэ 2 схемээс гадна уусмалыг боловсруулах үйлдвэрийн хувьд гурав дахь схем гарч ирэх боломжтой. Энэ схемээр десорбцлох(ялгах) багануудыг боловсруулах үйлдвэрийн талбайд байрлуулан тухайн резинээс ураны ионыг салгана. Завсрын бүтээгдэхүүнийг (ураныг агуулж буй резин) соруулан авч буй шингэнээс шууд ажлын талбай дээр салган авдаг. Тиймээс талбай дээр адсорбцын (шингээлтийн) багануудыг мөн байрлуулдаг.

Хүснэгт 12.2 Цооног болон насос угсрахад зориулсан параметрууд

Параметрууд	нэгж	Параметрийн хэмжээ		
		Үндсэн боловсруулалт	Эхний шат	тэмдэглэгээ
1	2	3	4	5
- Жилийн нийт өрөмдлөг -Гаралтын цооног - Оролтын цооног - ажиглалтын цооног - хяналтын цооног - олборлох шугам хоолой - хүлээн авах цооног	Цооногийн дугаар +м			
2. Ажиллах цооногийн ашиглалтад оруулах үеийн өрөмдлөгийн хэмжээ	Цооногийн дугаар +м			
3. Цооногийн дундаж гүн	М			
4. Дундаж хэмжээтэй чулуулгийн өрөмдөх ангилал	Ангилал			
5. Өрмийн нүхний диаметр	Мм			
6. Гэрийн хэлбэрийг агуулсан гэрийн дундаж гүн,	М			
7. Өрмийн хэрэгслийн дугаар	#			
8. Өрмийн тоноглол чадал, тоноглолыг агуулж буй хэлбэр	м/ schift			
9. Шугам хоолой бүрийн шовх өрмийн ирийн хэрэглээ	#			
10. Шугам хоолой бүрийн өрмийн хэрэглээ	#			
11. Шугам хоолой бүрийн шаврын хэрэглээ	t			
12. Шугам хоолой бүрийн усны хэрэглээ	м ³			
13. Цооногийн газрын ухаж цементжүүлэх цементийн жилийн хэрэглээ	t			
14. Нэг цооногийг барьж дуусгахад хэрэглэгдэх цементийн хэрэглээ	t			
15. Цооногийн уусмалын багтаамж:				
а/ гаралт (хязгаараас/хүртэл, дундаж)	м ³ /h			

б/ оруулах (хязгаараас/хүртэл, дундаж)				
16. Нэгэн зэрэг ажиллах усанд тэсвэртэй насосны тоо, хэлбэр	#			
17. Усанд тэсвэртэй насосны шаардлагатай тоо (жилд солих)	#			
18. Өрөмдлөг хийх, барилга барих, техник үйлчилгээ хийх, цооногийг ашиглалт дуусахад хэрэгтэй ажиллах хүч	Хүн			
19. Цооног барьж дуусах, өрөмдлөг дуусах чадамж	м/сар бүр			
20. Цооногийн 1 метр доош орох байгууламжийн зардал	мөнгөний нэгж			

Уран агуулсан давирхай бэлэн болсон тохиолдолд тэдгээрийг буцаан салган авах байгууламжид тээврийн хэрэгслээр авчирна. Энэ аргыг АНУ-д шүлтээр уран олборлож буй ГДҮО байгууламжуудад түгээмэл ашиглаж байна.

Адсорбцын /давирхайд наалдуулах/ модулийг тусдаа хавтан дээр эсвэл түр зуурын суурин дээр байрлуулж угсарна. Исэлдүүлэх цикл болон (уусгах уусмалыг бэлтгэх), шахах, соруулах төхөөрөмжүүдийг тусад нь угсарсан байна. Адсорбцын баганы энэхүү зохион байгуулалт нь хүдэр олборлох үйл ажиллагаатай холбоотойгоор нүүлгэх хөдөлгөхөд бага зардал гаргахад дэм болно. Энэ ажлын уусмалыг (уран уусгасан шингэн) боловсруулах схем нь гол баганы хэрэгцээ, насосын станц, холбогдох усан сангуудыг бууруулах боломжтой. Дан адсорбцын баганын үйлдвэрлэлийн хүчин чадал $250 \text{ м}^3/\text{цаг}$ -аас хэтрэх ёсгүй бөгөөд ашиглалтын энэхүү схем нь олборлох худгийн чадлыг нэг дор $250/q$ -аар ажиллуулах шаардлагатай. Энд q нь нэг олборлолтын худгийн урсгалын хурд бөгөөд $\text{м}^3/\text{цаг}$ нэгжээр илэрхийлэгдэнэ.

Суурилуулалт болон ашиглалтын нөхцөлөөс хамааран ГДҮО-ын ажлын шугам хоолойнуудыг шингэний тээвэрлэлтийн шинж чанар, боловсруулалтын нэгж рүү холбох холболтын арга болон ашиглалтын горимын дагуу ангилна.

Тээвэрлэгдсэн шингэний төрөлд үндэслэн шугам хоолойг дараах категорид хуваана. Үүнд:

- - Гаралтын цооногоос гарах ашигтай нэгдлийг агуулсан ажлын уусмалыг блокийн уусгалтын ажиллагааны шатан дахь шингээлтийн хэсэг рүү дамжуулах шугам хоолой;

- - Цэвэрлэгдсэн (эдийн засгийн ашигтай металл, бусад нэгдлүүдийг шингээн авсан) уусмалыг дамжуулах шугам хоолой буюу шингээлтийн хэсгээс ашигтай нэгдлийг гарган авсан уусмалыг хүчиллэгжүүлэх цикл рүү дамжуулахад хэрэглэгдэх шугам хоолойнууд; Зарим тохиолдолд цэвэрлэгдсэн уусмалыг шингээлтийн нэгжээс ашиглалтын цооногийн системийн блокод тэр даруй тээвэрлэх болдог ба ямар нэгэн нэмэлт

хүчиллэгжүүлэлтгүйгээр уусгалтыг үргэлжлүүлэх тохиолдол байдаг /эдгээр шугам хоолойнууд нь хүчиллэгжүүлэх нэгжээр дамжин өнгөрнө/.

- - Эргэлтийн/Буцах уусмалыг тээвэрлэх шугам хоолой (ашигтай агууламжаас бага агууламжтай уран агуулсан гаралтын уусмал). Эдгээр хоолой нь уусмалыг шингээлтийн нэгжээр дамжуулан гаралтын цооногоос хүчиллэгжүүлэх цикл рүү тээвэрлэнэ. Энэ ажиллагаа нь блокын хүчиллэгжүүлэлтийг идэвхжүүлэх шатанд мөн хаагдсан талбайн чулуулгийг угаахад хэрэглэгдэх бөгөөд шугам хоолойнууд нь уусгалтын бүх шатанд ашиглагдана.

- - Хүчиллэгжүүлсэн уусмалын шугам хоолой (уусгалтын) буюу уусмалыг хүчиллэгжүүлэх циклээс ашиглалтын цооногийн системийн блок бүхий оролтын цооног руу дамжуулах хоолой. Эдгээр нь уусгалтын бүх шатанд бүх талбайд ашиглагдана.

- - Хүчиллэгжүүлсэн уусмалын шугам хоолой буюу уусмалыг хүчиллэгжүүлэх циклээс ашиглалтын цооногийн системийн блок бүхий оролтын цооног руу оруулах хоолой; Эдгээр нь уусгалтын шугам хоолойноос өөр бөгөөд уусгагчийн агууламж өөр байдаг. Эдгээр нь идэвхтэй блокийн хүчиллэгжүүлэх шатанд ашиглагдана.

- - Байгалийн усны тээвэрлэлтийн шугам хоолой, зөвхөн ашиглагдаж байгаа ордын талбайгаар хязгаарлагдана. Идэвхтэй хүчиллэгжүүлэлтийн эхний шатанд хүлээн авсан байгалийн усыг хоосорсон цооногийн системийн блокийг угаахад хэрэглэгдэнэ.

Шугам хоолойнуудыг ашиглалтын цооногийн холболтын аргаас хамааруулан үндсэн болон салбар, эсвэл багц болон түгээлтийн гэж хувааж болно.

Үндсэн шугам хоолой нь боловсруулалтын байгууламжаас ашиглалтын цооногийн системийн блок руу нийт уусмалыг дамжуулахад хэрэглэгдэнэ /эсвэл эсрэгээр нь/.

Үндсэн шугам хоолой нь хүчиллэгжүүлэх блокоос усыг тээвэрлэхэд, цооногийн системийн блокыг цэвэрлэхэд, эсвэл дахин боловсруулсан уусмалыг хүчиллэгжүүлэх циклд хүргэхэд хэрэглэгдэхгүй. Туршлагын дагуу үндсэн шугам хоолойн урт нь боловсруулалтын байгууламж болон цооногийн системийн блок хоорондын зайнаас хамаараад 15 км хүртэл байж болно.

Салбар (The Branch pipe) хоолойнууд нь бүтээгдэхүүн болон бусад уусмалуудыг олборлолтын цооногоос татах болон уусгалтын уусмалыг шахалтын цооног руу зөөвөрлөхөд ашиглагдана. Салбар хоолойнууд нь гол хоолойтой холбогдсон байх ба тэдгээрийн урт нь ГДУО талбайн хэмжээгээр тодоорхойлогддог.

Түгээх шугамнууд нь дан цооногуудыг салбар хоолойд холбох ба тэдгээрийн үүрэг нь уусмалыг татах, цооногоос буцааж зөөх явдал юм. Татаж, зөөх уусмалын хэмжээ нь цооногийн урсгалын хурдаар тодоорхойлогдоно. Түгээх шугам нь уртаараа ч, диаметрээрээ ч том биш байдаг.

Зөөгдөж буй шингэний ангилал, багтаамж, зэврэлтийн шинж чанар дээр үндэслэн ГДУО талбайд шугам хоолойнуудыг төлөвлөж, суурилуулдаг. Шугам хоолойн зам чиглэл нь угсрах хоолойн тоо хэмжээг тодоорхойлно. Мөн ГДУО уурхайн цогцолборын газар дээрх хэсгийн материалын хэрэглээ, эцэст нь гол хувийг эзэлдэг капиталын зардлыг тодоорхойлно.

Шугам хоолойн урт, диаметр, материалын төрөл нь дараах параметруудээс хамаардаг. Үүнд

- Үйлдвэрлэлийн цооногуудын төлөвлөлт, зураг төсөл. Салбар хоолойнуудын урт нь хүдрийн биетийн геометр хэлбэр, олборлолтын дарааллаар тодоорхойлогдоно.

- Ашиглалтын цооногийн талбай болон боловсруулах байгууламж хоорондын зай эсвэл тухайн адсорбцын нэгж (Local Adsorption Units LAU); боловсруулах нэгжүүдийн зохистой хуваарилалт болон Тухайн адсорбцын нэгж хэд хэдэн үндэслэлт факторуудын харьцуулалтаар тодоорхойлж болно. Иймээс зураг төслийн бүдүүвч нь урьдчилсан шатанд хийгдсэн байх хамгийн чухал инженерийн шийдвэр юм.

- Уусгалтын технологийн параметрууд (уусмалын эзлэхүүн, үүссэн оройн хэсэг /ensuing head/, уусмалын найрлага, физик, хими шинж чанар гэх мэт); эдгээр нь шугам хоолойн төрөл, ажлын гүйцэтгэл, барилгын материалд нөлөөлдөг.

- Тухайн ордын газар зүйн болон цаг уурын нөхцөл; боловсруулах нэгжүүд болон дотоод шингээлтийн нэгж нь гравитацын үйлчлэлээр урсгалыг хаашаа ч урсгаж болох орчинд байрласан байх.

- Шинэ хүдрийн биет болон ордыг дарааллын дагуу ашиглалтад оруулах; цооногийн талбайн хавтангуудын зарим бүтэц, төлөвлөлтөд өмнө нь суурилуулсан шугам хоолойг ашигладаг.

Одоо цагт уусмалын хурд, шугам хоолойн хийц загвар нь ерөнхийдөө уусгалтын уусмалыг дахин боловсруулахад зориулсан 2 хаалттай циклд суурилагдсан байдаг. Үүнд:

- “Технологийн цогцолбор-ашиглалтын биет” схемээр уусмалыг шахах болон олборлох

- “Исэлдлийн хэлхээ-исэлдсэн байх биет” схемээр уусмалыг исэлдүүлэх болон буцаах

Шахах буюу исэлдүүлэх уусмалыг голдуу 1МПа хүртэл даралттайгаар газрын гадарга дахь шахалтын цооног руу даралтат шугамаар зөөдөг. Жижиг ордтой туршилтын талбайд уусгалтын уусмалыг хүндийн хүчний үйлчлэлээр тээвэрлэдэг. Олборлолтын уусмалыг гравитацын тэвш бүхий системээр (а system of gravity feed tray) олборлох цооногоос тунгаах сан руу зөөдөг.

ГДУО талбайд уусмалын шугам хоолойн эдийн засгийн үр өгөөж бүхий зохион байгуулалт нь цооногийн талбайн хавтантай хамаатайгаар шингээлтийн хэсгийн байрлалаас үндсэндээ хамаардаг.

Хэрэв боловсруулах үйлдвэрийг хоорондоо зайтай (хэдэн километр) хэд хэдэн хүдрийн ордын хувьд ашиглаж буй бол гол шугам (the Mains) нь хамгийн хялбар ажиллагаатай, хамгийн бага зайд байршсан байх хэрэгтэй.

Цооногийн талбайн хавтан руу уусмалыг шахах болон олборлох салбар нь ион солилцооны үйлдвэрээс хүдрийн биет болгон руу нэг хос шугамаар паралель шугамын схемийн дагуу холбогдоно. Эсрэгээрээ шугамын тойрог төлөвлөлт нь нэг багц гол шугамтай, тэдгээр нь ион солилцох үйлдвэрээс бүх хүдрийн биет рүү чиглэсэн байна.

Хоолойн материал нь орчинд тэсвэртэй, уусгах уусмалын зэврэлтийн эсрэг хамгаалалттай, гадаад, дотоод даралтад хоёуланд нь механик тэсвэртэй, түүнчлэн хатуу бодис агуулсан уусмалыг дамжуулах үед элэгдэл хорогдолд тэсвэртэй байх ёстой. Шугам хоолойнууд нь урьдчилан тодоорхойлсон ашиглалтын нөхцөлд шингэнийг тооцоолсон хэмжээгээр тээвэрлэх ёстой.

Полиэтилинээр хийгдсэн гол шугамууд нь шахалтын уусмалыг цооногийн талбайд хүргэх, олборлолтын уусмалыг ион солилцооны хэсэг рүү шахах, буцааж сорох зэрэгт аль алинд нь ашиглагддаг. Өнөөг хүртэл полиэтилин хоолойн ашиглалт нь түүний бат бөх байдал, ашиглалтын нөхцөлөөр хязгаарлагдаж байна. Уусгалтын уусмалын гол шугам хоолойнууд хамгийн өндөр даралтыг тэсвэрлэхээс гадна бат бөх байх шаардлагатай. Ийм төрлийн хоолойнуудыг хүнд эсвэл хэт хүнд полиэтилин материалаар хийдэг. Гол хоолойн диаметр заримдаа их хэмжээтэй (400-1000 мм) байдаг. Полиэтилин хоолой 0.5МПа-аас их даралттай уусмалыг тээвэрлэж чаддаггүй. Энэ тохиолдолд зэвэрдэггүй ган төмрийг ашиглана. Гэвч ОХУ-д үйлдвэрлэсэн ган төмөр хоолойн диаметр 325мм-ээс хэтэрдэггүй. Тиймээс ГДУО байгууламжууд 2 боломжит загварыг ашигладаг. Үүнд:шаардлага хангасан диаметр бүхий шугам хоолойнууд нь ган нимгэн ялтсан хавтгай төмрийг хуйлж хийсэн эсвэл бага диаметртэй хэд хэдэн параллель шугамуудаас тогтсон байдаг.

Полиэтилинээр хийсэн хоолой нь гадарга дээр суурилагдах боломжтой ба элдэв нугачаа, саад дээгүүр болон газар доогуур тавьж болно. Гэхдээ полиэтилин нь дулаан тэлэлтийн коэффициент өндөртэй тул газрын гадарга дээр суурилуулахдаа үүнийг тооцох ёстой. Харин газрын гүнд суурилуулахдаа ордын инженерийн болон эдийн засгийн хүчин зүйлүүд, геологийн олборлолт, газар зүйн нөхцөлийг тооцон суурилуулдаг.

Нарийн саад ихтэй, хэвийн бус газар нутагт, ашиглалтын хугацаа урт нөхцөлд гадарга дээрх шугам хоолой нь ион солилцох үйлдвэр, цооногийн талбайн хооронд бага зайтай тариалангийн бус (uncultivated) бүс нутагт илүү эдийн засгийн ач холбогдолтой. Ийм нөхцөлд 1.5-2 жилийн дараа хоолойг солиход эдийн засгийн ашигтай байдаг. Уртасгасан гол шугам хоолой (3 км-ээс их), цооногийн талбайн хавтангийн дараалсан холболтын хувьд хоолойн ашиглалтын хугацаа нь ордын ашиглалтын тэнцүү буюу 10 ба түүнээс олон

жил байна. Ийм нөхцөлд газар дор булсан эсвэл газрын гүнд байгаа шугамууд их төвөгтэй. Хэрэв тариалангийн (cultivated) бүсэд гол шугамууд байрлахаар бол хөрсийг нь 12 м өргөн, 0.2-0.3 м гүн хуулж шуудуу ухах шаардлагатай. Энэ шуудууны гүн огцом хөлдөлтөөс хамгаалахаар гүн байна. Зарим тохиолдолд дулааны тусгаарлагчтай бол хөлдөлт болох цэгээс дээгүүр түүнийг байрлуулж болно. Ослоос сэргийлэх үүднээс шугамыг гадуур нь уусгагч шингэн алдахаас сэргийлж тусгай материалаар бүрдэг. Хүхрийн хүчлийг саармагжуулах эдгээр материал нь нунтагласан доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ буюу үүлэн цагаан чулуу, карбонат агуулсан элс, чулуу юм. Эдгээр материалын хамгаалалтын зузааныг 0.3-0.5м-ээс хэтрүүлэхгүйгээр хийдэг.

Газрын гүнд ашиглагдах полиэтилин хоолой нь вакуум болон гидростатик даралтад байх үедээ гадаад, дотоод даралтаас гадна, агшин зуурын ачаалал (гадаргын хөдөлгөөн), түүнчлэн амтосферийн даралтад тэсвэртэй байх шаардлагатай. Шугамын диаметр, шуудуу, далан, суурилуулах нөхцөл, шуудууны давхарга болон ханын хөрсний төрөл, хөрсний нягтшил, гүний зузаан, газрын гадарга дээр агшин зуур өгөх ачааллын хүч, хэмжээ зэрэгт үндэслэн гадаад ачааллыг (ачааны) тодоорхойлдог. Гол шугамыг суурилуулахад хоолой зөөгч эсвэл ачааны кран ашигладаг.

Квадрат болон парабол хэлбэрийн хөндлөн огтлолтой шуудуу бүхий бетонон усжуулалтын системийг (гол шугамд) уусмалыг тээвэрлэхэд ашигладаг. Туршлагаас харахад шуудууны ашиглалтын хугацаа дотоод гадаргын нэмэлт бүрээс ашиглахгүйгээр 6-8 жил байсан. Олборлолтын хоолойн төгсгөл (цуглуулагч) нь голдуу гравитацийн хүчээр ажиллах ба даралтат хүчээр ажиллах нь ховор байдаг. Чөлөөт урсгал бүхий шугам хоолойг полиэтилинээр хийдэг. Түүний диаметр нь олборлох цооногийн нийт хүчин чадлаар тодоорхойлогдоно. Зарим тохиолдолд олборлолтын уусмалын хэмжээ нэг хоолойгоор шахаж чадахааргүй байдаг. Иймээс параллелээр олон шугам тавих шаардлагатай байдаг. Үүнийг өндөр хүчин чадалтай, их диаметртэй шугам тавих боломжгүй үед ашигладаг.

Шахалтын цооногт зориулсан салаа хоолойнууд нь өндөр даралтад ажиллах бөгөөд ерөнхийдөө полиэтилинээр хийдэг. Хуванцар хоолойнуудыг олборлолтын болон шахалтын цооногуудад аль алинд нь түгээх шугам болгож ашигладаг.

ГДУО уурхайн газрын гадарга дээрх цогцолборын насосын станцууд нь уусмалыг түгээх системд маш чухал хэсэг нь бөгөөд багаж, бусад төхөөрөмжүүд цогцоороо багтдаг. Түүнд маш олон төрлийн насос, моторууд, тоолуурууд, бүртгэгчүүд, дотоод хэрэгцээний зориулалттай болон нөөцлөх сангаас олборлолтын уусмалыг сорох шугам хоолойн системүүд, уусмалыг хянах цоргууд, цахилгаан тоног төхөөрөмж болон мониторингийн элементүүд агуулагддаг. Насосын станцууд нь бүх төрлийн уусгалтын болон шахалтын уусмалыг шахах, цооногийн талбай болон шахалтын цооногт шахалтын уусмалыг хүргэх, үйлдвэрлэлийн уусмалыг газрын гадарга болон ион

солилцох үйлдвэрт өргөж аваачих, хүчил, тэжээлийн усыг уусмал бэлтгэхэд зориулж шахах зэрэгт зориулагдсан.

Насосын станцын тоо нь боловсруулах систем, уусгалтын схем, байгууламжийн хүчин чадал, боловсруулах хэсгийн тоо, шугам хоолойн зайнаас хамаардаг. Олборлолтын талбайн хамгийн энгийн схем нь 2 насосын станцтай байдаг: нэг нь ион солилцох хэсэгт олборлолтын уусмалыг аваачих, нөгөөх нь шахалтын цооногуудад бүхэлд нь уусмалыг түгээх зориулалттай.

Насосын станцын гол параметрууд нь урсгалын хүчин чадал, бүрэн өргөх өндөр (оройн хэсэг), даралтын зөрүү юм.

ГДУО схемийн хувьд уусгах болон олборлолтын уусмал хоорондын баланс нь тогтворжсон хаалттай хэлхээ тодоорхой болсон үед насосын параметруудийг сонгох нь хялбар байдаг.

Дундаж урсгалын хурдтай уусмал ирэхэд тохирсон хэмжээтэй насосын станцын хувьд дүрэм ёсоор түүний хүчин чадлыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$Q = \alpha S / T$$

α - олборлолтын цооногийн гаралт их байснаас эсвэл шахалтын цооногийн хэрэглээний улмаас нэмэгдэх уусмалын эхлэхүүний коэффициент

S = уусмалын хувьд уурхайн өдөр тутмын хамгийн их бүтээмж (уусмалын хувьд);

T = насосын станцын нэг өдөр (24 цаг)-т ажиллах цаг (ГДУО талбай)

Уусгалтын уусмалын хувьд насосын станцын толгой: $H_{\text{уусмал}} = H_{\text{с.г}} + H_{\text{ш.г}} + H_{\text{д}} + h_{\text{с.а}} + h_{\text{ш.а}}$

$H_{\text{с.г}}$ – соролтын геодизийн өндөр, өөрөөр хэлбэл насосын тэнхлэгийн заалт болон хөшүүргэд байгаа уусмалын динамик түвшин хоорондын ялгаа

$H_{\text{ш.г}}$ – шахалтын геодизийн өндөр, өөрөөр хэлбэл насосын тэнхлэгээс шингээх багануудын оролтын цорго хүртэлх зай

$H_{\text{д}}$ – хоолойн оролт дахь шаардлагатай толгой (даралт)

$h_{\text{с.а}}$, $h_{\text{ш.а}}$ – насосын станц болон цооногийн талбайн соролтын болон шахалтын хоолойн толгойн алдагдал (үрэлт)

Насосын станцыг центрифуг /төвөөс зугтах/ болон бүлүүрийн /поршень/ насосоор тоноглож болно. Ерөнхийдөө насосын модуль нь параллелиар байрлуулсан нөөц насосыг оролцуулан хамгийн багадаа 2 насостой байх ёстой. Хэрэв нэг модулийн хүчин чадал хангалтгүй бол нэмэлт насос нэмж суурилуулна. Хөдөлгөөнгүй суурин насосын станц барихдаа ирээдүйд хүчин чадлыг нь өргөжүүлэх боломжтой байхаар хийсэн байна.

12.6. Ерөнхий үйлчилгээнүүд, эрчим хүчний хангамж, бүтэц зохион байгуулалт

12.6.1. Төв судалгааны лаборатори

ГДУО байгууламж нь ажлын гүйцэтгэлийн судалгаа, гидрогеологи, геофизик, гидро-химийн цогц судалгаа, хүрээлэн буй орчны мониторинг, технологийн судалгааг хийж гүйцэтгэж байх ёстой. Эдгээр үйл ажиллагаануудад хими, физик, гидрогеологи, шингэний динамикийн анализын аргуудын хэрэглээ шаардагддаг. Ажлын цар хүрээ нь тухайн байгууламжийг бүх төрлийн анализийн аргууд, шинжлэх ухааны судалгаанууд (химийн шинжилгээ, гидрогеологи, гидрохими, геофизик, инженерийн геологи, рентген спектроскопи, эрдэс судлал, технологи, экологи г.м) явуулах тусгай хэлтэстэй байхыг, түүнээс гадна туршилтын үйлдвэртэй байхыг шаарддаг.

Лабораторийн үйл ажиллагаа нь уусгалт, боловсруулалтыг судлахаас гадна химийн, спектроскопийн, рентген спектроскопийн, гидрохимийн, эрдсийн болон бусад судалгаа шинжилгээ хамаарна. Мөн ГДУО технологийг хөгжүүлэх томоохон хэмжээний судалгааг явуулж, ГДУО-ын үйл ажиллагаанд аналитик дэмжлэг үзүүлнэ. Лаборатори нь орчин үеийн, өндөр хүчин чадалтай, автоматчилагдсан тоног төхөөрөмжөөр тоноглогдсон байх ёстой. Бүх тоног төхөөрөмж нь байгууламжийн системээс цахилгаан эрчим хүч, шахсан агаар, ус, уураар хангагдаж байх хэрэгтэй. Мөн лаборатори нь үйлдвэрийн ерөнхий загвар төлөвлөгөө, үйл ажиллагаатай бүрэн уялдах ёстой. Дэргэдээ туршилтын үйлдвэртэй дотоод лаборатори нь Нийлүүлэгчийн өгсөн Анхны өгөгдөл, ирүүлсэн материалд суурилан баригдахаас гадна эрх бүхий байгууллагын тавьсан шаардлагад нийцсэн байх ёстой.

Иймд тухайн лабораторийг байгуулахдаа туршилтын үйлдвэрт онцгой анхаарал хандуулсан байна. Тоног төхөөрөмж нь олон төрлийн технологийн судалгааг өргөн цар хүрээтэй хийж гүйцэтгэхэд хангалттай хүрэлцэхүйц байна. Түүнчлэн барихдаа түүнд хийгдэх ажил, туршилт судалгааны жагсаалтыг зайлшгүй гаргасан байх шаардлагатай.

12.6.2 Засвар үйлчилгээ, гараж, хадгалах байгууламж

ГДУО байгууламжийн томоохон төхөөрөмжүүдэд өрөмдлөгийн машин, компрессор, төрөл бүрийн насос (бүлүүрт, центрифугийн, гүнийн)-ууд, шингээх болон ялгах шугам, олон төрлийн шүүлтүүрүүд орно. Түүнчлэн янз бүрийн хийц, зориулалттай трактор, бульдозер, ачааны машин, өргөгч крантай трактор, шугам хоолой өргөгч, хөшүүрэг болон ачааны машинууд (drop-side, самосвал, уусмал болон хүчилд зориулсан цистернууд), бусад техник хэрэгслүүд шаардлагатай.

Нөөцөд суурин болон зөөврийн кран бүхий өргөгч механизмууд байх хэрэгтэй. ГДУО байгууламж нь шавар, цемент зэрэг овор ихтэй хатуу материалууд, хүчил, давсны хүчил, нитрит болон бусад урвалжуудыг жилд хэдэн зуугаас хэдэн мянган тонноор нь ашигладаг. Эдгээр техник хэрэгсэл,

инженерийн зориулалттай бүтээгдэхүүн, материалыг байгууламжийн оноосон үйлчилгээний албан хаагчид хариуцдаг.

Засвар үйлчилгээ: Засвар үйлчилгээний газар нь гол болон туслах тоног төхөөрөмжийг засварлахаас гадна ашиглалтын цооног, цооногийн толгойн эд анги, дамжуулах шугам хоолойн өрөмдлөгийн тоног төхөөрөмжийг засварлах ёстой. Энэхүү баг нь механик цех, гагнуур, угсрах, задлах, сантехникийн болон будаг, шохой гэх мэт ажлуудыг гүйцэтгэх чадвартай байх ёстой.

Түүнийг эхнээс зохион байгуулахдаа загвар төлөвлөгөө, ажлын хуваарийг судлан хүний нөөц, материаллаг баазын хүчин чадал, нөөцийг жил бүрээр тооцон гаргах, үйл ажиллагаатай холбоотой зардлыг тодоорхой тусгаж өгсөн байх шаардлагатай. Үйл ажиллагааны төлөвлөгөө нь бусад хамтран ажиллах засвар үйлчилгээний багуудтай уялдсан байна.

Гаражийн үйлчилгээ: Энэ нь зөөврийн багаж хэрэгслэлээр үйлчлэх, олон төрлийн, олон тооны машин, механизмуудад ажлын нөхцөлд нь тохируулан нарийн засвар үзлэг хийх газар юм. Орчин үеийн техник, технологи дээр суурилсан, чанартай засвар үйлчилгээ явуулдаг байх бөгөөд энэ нь гаражийн ажлын бүтээмж, засварын чанарыг сайжруулж, ажиллах хүн хүчийг бууруулах болно. Гаражийн үйлчилгээний хуваарийг өргөн цар хүрээтэй төлөвлөх нь олон төрлийн машин механизмийн ашигт үйлийн коэффициент, ажлын түр зогсолтын коэффициент, жилийн явсан зай, ажиллах нөлөөллийн давтамж, үйлчилгээнд шаардлагатай цаг, хүн хүч зэрэгт нөлөөлдөг.

Агуулахын үйлчилгээ: Хэрэв ГДҮО байгууламж төмөр зам болон далайн боомттой холбогдоогүй бол зарим хүчил болон химийн аюултай бодисын агуулахыг үйлдвэрлэлийн талбайгаас гадна төмөр замын өртөөн дээр барих хэрэгтэй. Агуулахын хүчин чадал ГДҮО байгууламж болон төмөр замын өртөө хоорондын зай, тээвэрлэлтийн найдвартай байдал, бараа таталтын улирлаас хамаарна. Байгууламж төмөр замын өртөөнөөс хол, мөн бараа таталт тогтмол явах, тээвэр хүргэлт нь нарийн чанга бол эцсийн бүтээгдэхүүний үйлдвэрлэлийн зардлыг нэмэгдүүлнэ. Иймээс агуулахын байрлал, зохион байгуулалт тун чухал. Механикжуулсан карго тээвэрлэлт, бараа савлалт, хүчлийг тээвэрлэх өндөр үр ашигтай насос зэргийн үүргийг анхаарах шаардлагатай. Агуулах барихдаа энэ бүхнийг тооцох ёстой.

Халаалтын систем: Халаалтын системийг төлөвлөх эхний үед гол дулаан хэрэглэгчид, тэдгээрийн онцлогийг тодоорхойлж, одоогийн дулаан хангамжийн системийн хүчин чадлыг тодоорхойлж, дотоод дулааны нөөцөө дулааны энергид шилжүүлж ашиглах боломжийг үнэлж тооцсон байна. Дулааны хүчин чадлыг нэмэгдүүлэхдээ бойлуурын стандарт загвар дээр суурилуулан хийнэ. Дулаан дамжуулах шугамыг суурилуулахдаа түүний урт, суурилуулах аргачлал, дулаан тэлэлтийг тэнцвэржүүлэх арга, дулаан тусгаарлагч, шугамыг зэврэлтээс хамгаалах, түүнчлэн шугам хоолойн сүлжээн дэх байгууламжуудын байршил (дулааны станц, насосны станц, дулааны хяналтын систем) зэргийг тооцно.

Техник-эдийн засгийн үндсэн параметрууд нь:

- Дулааны эх үүсвэрийн хувьд-тогтоосон бүтээмж [Гкал/цаг], түлшний эквивалентийн бодит зарцуулалт [$T_{т.э}$ /Гкал/цаг], тогтоосон бүтээмжийн нэгж бүрт ноогдох бодит өртөг [өртөг/Гкал/цаг],

- Дулаан дамжуулах шугамын хувьд-дулааны ачааллын тооцоолсон бүтээмж [Гкал/цаг], тооцоолсон дулааны ачааллын нэгж Гкал/цаг-д ноогдох капиталын бодит хөрөнгө оруулалт [өртөг/Гкал/цаг], нэгж километр дулаан дамжуулах шугамд ноогдох зардал [зардал/км] зэрэг болно.

Хийн хангамж: Загвар нь шахсан хий, түүний даралт, ариун цэврийн стандартад зориулсан үзүүлэлтүүдийг багтаасан байна. Хий шахагчийн (компрессор) төрөл, тоо хэмжээ нь энэ үзүүлэлтүүдэд суурилсан байдаг. Шахах хоолойн шугам хоолойн үзүүлэлтүүд нь нэг цогц бөгөөд үүнд механикжуулалт, шахсан хийн станцын автоматжуулалтын түвшин, шугам хоолойн засвар үйлчилгээ зэрэг орно.

Эрчим хүчний хангамж: Байгууламжийн цахилгаан эрчим хүчний хангамжийг тодорхойлох гол шийдвэр нь эрчим хүчний хангамжийн системийн бүсийн хөгжилтэй уялдсан байна. Эрчим хүчийг дотооддоо үйлдвэрлэж буй тохиолдолд эрчим хүчний балансыг тооцоолох (үйлдвэрлэл/зарцуулалт) болон гадаад тэжээлийн системээс авч буй зарцуулалт зэргийг тооцох шаардлагатай.

Байгууламжийн эрчим хүчний хангамжийн схемийг гаргаж, хэд хэдэн хувирбарыг харьцуулсны дараа гадаад хүчдэл (35 кВ ба түүнээс их), эрчим хүчний хангамжийн дотоод хүчдэлийг (6-ээс 1кВ) сонгоно. Дэд станц болон цахилгаан дамжуулах шугамуудыг үйлдвэрийн ерөнхий төлөвлөгөөнд харуулсан байдаг. Дэд станцыг барихдаа түүний үзүүлэлтүүдийг дараах байдлаар сонгодог. Үүнд: 6-10-35 кВ-ын иж бүрэн шилжүүлэгч (switch-gear), 220-110/35-6-10 кВ-ын шилжүүлэгчдэд станц, 6-10 кВ-ын шилжүүлэгч дэд станц, 6-10/0.4 кВ-ын шилжүүлэгч дэд станц, хянах самбарын төрөл, релейн хамгаалалт, дотоод хянах самбарууд гэх мэт. Хад чулуулаг болон мөнх цэвдгийн тэсвэрлэх чанар /эсэргүүцэх/ өндөртэй газар нутагт тусгай газардуулгын багаж хэрэгслийг онцолж заасан байна (цооногууд эсвэл алсын удирдлагатай газардуулгын электродуудад).

Байгууламжийн цахилгаан эрчим хүчний шугамын үйл ажиллагаа, засвар үйлчилгээнд ажиллах ажилтныг тооцоолсон байх бөгөөд эрчим хүчний шугамын үйлчилгээний бүтэц, ажиллах цар хүрээ, тоног төхөөрөмж зэргийг тодорхой болгосон байна.

12.6.3. Үйлдвэрийн инженерчлэл болон менежмент

Энэхүү дэд хэсгийг байгуулахдаа Нийлүүлэгчийн ирүүлсэн Анхны өгөгдлийг анхаардаг (шинэ байгууламж барих, тэлэх, дахин барих), мөн одоогийн байгууламжийн үйлдвэрлэл, менежментийн бүтэц, стандарт

шийдэл, бусад ижил төстэй байгууламжтай харьцуулсан байдал зэргийг анхаарч үздэг (шинээр барихад).

Үйлдвэрийн ажиллах бүтэц нь үндсэн, туслах, үйлчилгээний хэсгүүдтэй байна. Хэсэг бүр тусгай ажлын дэглэмтэй, үүнд: ээлж солилцох, ажлын өдрүүд, жилийн хуваарь г.м. Менежментийн бүтэц нь талбайнууд, үндсэн нэгж хэлтсүүд, засвар үйлчилгээний цех тасаг, уурхайн захиргаа, байгууламжийн түвшнүүдээс тогтоно.

12.7. Барилгын ерөнхий дүгнэлт, барилгын инженер техник

12.7.1. Барилгын ерөнхий дүгнэлт

Энэ хэсэгт барилга байгууламж, үйлдвэрийн бүтцийг ашиглах цаг хугацаа, барилгын үндсэн дүгнэлтэд зориулж баталсан ерөнхий дүрэм журмууд (стандарт, дүрэм журам, үйлдвэрийн барилгын суурь), томоохон хэмжээний болон үйлдвэрийн комплекс байгууламжийг барих орон зай/төлөвлөлтийн дэвшүүлсэн хувилбаруудын техник, эдийн засгийн үндэслэл, цогцолбор болон дан барилга байгууламжийн барилгын дүгнэлт зэргийг тодоорхойлж өгнө. Тухайн газрын хувьд байгаль орчны онцгой нөхцөл (газар хөдлөлийн аюул, мөнх цэвдэг, тогтворгүй хөрстэй)-тэй бол шаардлагатай урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээний жагсаалтыг гаргасан байна.

Барилгын бүдүүвчид цайны газар, эмнэлгийн цэг, ажилчдын байр зэргийг үзүүлсэн байна. Эдгээрийн үйлчилгээний төрөл, хүчин чадал, үйлчилгээний ажилчдын тоо зэрэг үзүүлэлтийг багтаасан байна. Халаалтын систем, агааржуулагч, усны хангамж, ус зайлуулах хоолойн системийн тодоорхойлолтыг гаргасан байна. Түүнчлэн инженерийн дүгнэлтэд зориулж стандарт баримт бичгүүдийн жагсаалтыг хийсэн байна.

12.7.2. Барилгын инженер техник

Байгууламжийн загвар хийцийн хүчин чадал, ажилчдын тоо /ахлах, туслах, үйлчилгээний албан хаагчид/ зэрэгт үндэслэн хотхоны хүн амын тоо /суурин/-г ОХУ-ын Барилгын инженерийн байгууллагаас баталсан стандартын дагуу тооцсон байна. Барилгын хэмжээ нь нэг хүнд ноогдох амьдрах талбайн баталсан стандартаар тодоорхойлогдоно. Амьдрах байрны стандарт загвар, давхрын тоог энэхүү стандартаас хамааран сонгоно.

Ус, дулаан, эрчим хүчний хэрэгцээ, шаардлагыг тухайн орон нутгийн хүн амын тоо хэмжээний дагуу Улсын эрүүл ахуйн стандартаар тодоорхойлно.

12.8. Байгаль орчны хамгаалалт

12.8.1. Агаар мандлыг хамгаалах

Энэ хэсэгт барилга барих талбайн уур амьсгал, физик-газарзүйн нөхцөлүүдээс гадна байгууламж баригдах газар орчны агаар мандалд байх хүний эрүүл мэнд, байгаль орчинд бохирдуулагч элементүүдийн суурь

байдлын талаар өгүүлнэ. Бохирдлын үүсгүүрүүд (үйлдвэрлэлийн байгууламжаас гарах алдагдал, дотоод замын тоос, үйл ажиллагаатай холбоотой агаар дахь хүчлийн дэгдэлт, хийнүүд, дулааны станц, халаагуураас гарах утаа тортог)-ийн судалгааг хийх шаардлагатай. Агаар мандлыг хамгаалахын тулд агаарыг бохирдуулагч утаа тоос, хийн нэгдлүүдийг инженерийн шийдэл ашиглан бууруулна.

12.8.2. Усны нөөцийг хамгаалах, зөв зохистой ашиглах

Барилгын ажил эхлэхийн өмнө усны нөөцийн талаарх суурь судалгааг хийн усны менежмент, эрүүл ахуйн талаарх мэдээллийг холбогдох байгууллагуудад хүргүүлнэ. Нийт усны хэрэгцээг гүний болон гадаргын усны хувьд тооцоолох ёстой. Уусгалтын процессын үед уусмалыг ундны усанд орохоос сэргийлэх, цаашлаад олборлолт дууссаны дараа гүний усыг нөхөн сэргээх талаар тодоорхой арга хэмжээнүүдийг төлөвлөсөн байх ёстой.

12.8.3. Хөрсийг хамгаалж ашиглах

Газрын гадаргыг (амьдралын идэвхтэй хэсэг болох хөрсний өнгөн хэсгийн хуулж дараа ашиглахаар хадгалах, хүчил алдагдаж асгарахаас сэргийлэх, нөхөн сэргээж ургамалжуулах гэх мэт) хамгаалах талаар цогц арга хэмжээг авах ёстой.

12.9. Үйлдвэрийн ерөнхий байдал ба тээвэрлэлт

12.9.1. Ерөнхий байдал

Энэ хэсэгт үйлдвэр баригдах газрын инженер/геологийн үзүүлэлтүүдийг нарийн тодоорхойлох, гадаргын хөрсний физик, химийн шинж чанар, үйлдвэрлэл явагдах талбай, газарт гидрогеологийн судалгаа, барилгын нөхцөлүүдийг (мөнх цэвдэг, газар хөдлөлт, үер гэх мэт) тодоорхойлох тухай өгүүлнэ.

Цооногийн талбайн зохион байгуулалтын төлөвлөгөөний боломжит байдал, тээврийн болон харилцаа холбооны зардалд үндэслэсэн нэмэлт бүтцийг төлөвлөсөн. Төслийн үйл ажиллагааны схемд үндэслэсэн архитектурын төлөвлөгөөний дагуу бүх цооногийн талбайг хийнэ.

12.9.2. Тээвэрлэлт

Талбайн дээрх байгууламжийн ачаа тээвэрлэлт түүнчлэн ачааны машин, төмөр зам болон бусад тээврийн хэрэгслийн ашиглалтыг тооцоолох хэрэгтэй. Ачааны машинаар тээвэрлэлт хийх тохиолдолд, зам болон барилгын техникийн нөхцөлийн жагсаалт болон байгуулах шаардлагатай бүтцийн жагсаалт гарсан байх, өдөр бүрийн ачааны эргэлт, тээврийн хэрэгслийн төрөл ба нөөц, тээвэрлэлтийн зай, жолоочийн тоо зэргийг тооцоолсон байна. Мөн жил бүрийн үйл ажиллагааны зардлыг тооцоолно.

Төмөр замын хувьд шаардлагатай байгаа төмөр замын хуваарилалтын тоог тооцоолох хэрэгтэй. Түүнчлэн төмөр замын тээврийн стандартын дагуу

шугамын тоо, байгууламж руу ирэх эргэлтийн машины хуваарь, шугамын зай зэргийг тооцоолох хэрэгтэй. Гадны тээвэрлэлтийн хувилбаруудыг харьцуулан, үндсэн болон ажиллагааны зардлыг анхааралдаа авч, хамгийн тохиромжтой, ашигтай хувилбарыг сонгосон байна.

12.10. Барилгын тооцоолсон зардал

Байгууламжийн барилгын зардал нь капиталын хөрөнгө оруулалтын нарийн төлөвлөгөө, эдийн засгийн үр ашгийн үнэлгээний найдвартай хэрэгцээ шаардлагын хамт тодоорхойлогдсон байна.

Газрын дор уусган олборлох байгууламжийн барилгын зардлыг орчин үеийн стандарт аргын дагуу барилгын зардал боловсруулах өргөн хүрээтэй хүчин зүйлсийг үндэслэн тогтооно.

ХАВСРАЛТ I.НЭР ТОМЬЁО

Acid capacity (Хүчлийн хүчин чадал)	Уусгалтын ажлын хүрээнд чулуулгийг тодоорхой хэмжээний хүчилтэй урвалд оруулах чадамж. Энэ нь процентоор эсвэл харьцангуй нэгж (хүчлийн масс/хүдрийн масс)-ээр илэрхийлэгдэнэ.
Acid content of solution (Уусмал дахь хүчлийн агуулга)	Уусмал дахь чөлөөт хүчлийн концентраци, г/дм ³ .
Acid flooding of wellfeild (ore block) (Цооногийн талбайг хүчлээр норгох (хүдрийн блок))	Хүчлийн уусгалтын уусмалтай чулуулаг доторх нүх сүвд агуулагдаж буй гүний усыг шахан газрын дор уусгалтад хүдрийг бэлтгэх.
Acid leaching (Хүчлийн уусгалт)	Уусгалтын төсөлд хүчлийн уусмал ашиглах (ихэвчлэн хүхрийн хүчил). Бага карбонатын агуулгатай (2%-оос бага) хүдэрт хязгаарлагдмал байдаг.
Active flow rate (V_a) (Урсгалын идэвхтэй хурд)	Нүх сүвтэй орчинд шингэний бодит хурд. Гадаад хурдыг (V) идэвхтэй нүх сүвшилтэд (P_a) харьцуулсан харьцаа юм. $V_a = V/P_a$, $P_a = 0.33$, $V_a = 3V$
Active porosity P_a (Идэвхтэй нүх сүв)	Урсгал дахь усны эзлэхүүнийг (V_d) нийт чулуулгийн эзлэхүүнд (V) харьцуулсан харьцаа. $P_a = V_d/V$, P_a нь P_o –оос бага буюу тэнцүү байна. Нэвтрүүлэх чадвар өндөртэй элсний хувьд $P_a = P_o$, шаврын хувьд $P_a = 0$ байна. P_o –нээлттэй нүх сүв.
Adsorption (loading, ion exchange) (Ялган шингээх процесс)	Хүдэр болон баяжмалыг уусгах үед уусмал эсвэл хольцоос ашигтай нэгдлийг шингээн авах физик-химийн процесс. Тухайн бодис эсвэл биет гадаргуу дээрээ өөр бодисыг цуглуулж барих процесс юм.
Air lift (Агаарын өргүүр)	Цооногоос усыг шахуургадах төхөөрөмж, шахсан агаар гаралтын хоолой руу орж усыг шахна.
Alkaline leaching (Шүлтийн уусгалт)	Карбонат болон бикарбонатын уусмал ашиглан хүдрээс ашигтай нэгдлийг уусгах.
Annulus (Цагираг биет)	Өрөмдлөгийн цооногийн хана (бүрхүүл) болон өрмийн гол хоорондын зай.
Aquiclude (Ус үл нэвтрэх биет)	Геологийн тогтоц. Ус шингээх боломжтой, нүх сүвтэй боловч булаг,

	шандыг хангахад шаардлагатай хэмжээгээр нэвчүүлдэггүй.
Aquifer (Усан давхарга)	- Усыг ашиглахуйц хэмжээгээр гаргах чадвартай ус нэвчүүлдэг чулуу, элс, хайрга агуулсан, нүх сүвэрхэг уст тогтоц. - Ус нэвтрүүлэх чадвартай геологийн тогтоц, орчин тойронтой нь харьцуулахад харьцангуй их хэмжээний ус агуулна.
Aquifer protection (Усан давхаргын хамгаалалт)	Гүний усны чанарын гидрохимийн мониторингийн хэмжилт хийх, хортой нэгдлийн шилжилт хөдөлгөөнийг хязгаарлах, усан давхаргыг сэргээн шинэчлэх зэрэг цогц арга хэмжээ.
Aquitard (Усны урсгалыг сааруулагч биет)	Ус нэвтрүүлэх чадвар багатай геологийн тогтоц, усархаг давхаргатай харьцуулахад урсгалын хурд маш бага.
Barrier (хаалт)	Уусмал эсвэл гүний усны урсгалыг хязгаарлах зорилгоор зохион бүтээсэн бодит хаалт. Усны хөшиг, бөглөө, ховил, гидравлик даралтат ховил зэрэг шингэний хөдөлгөөнийг удаашруулагчууд байдаг.
Channelling of solutions (Уусмалын суваг гаргах)	Хөрсний доод давхарга дахь хатуу биетийн нарийн ширхэгт хэсгийн шилжилтээс үүдэн өндөр нэвчих чадвартай болсон цооногийн сувгийн тогтоц.
Clogging or plugging (Бөглөх, таглах)	Усан давхарга руу оруулсан химийн тунадасаар (химийн блок), эсвэл нунтаг шороогоор (механик блок) эффектив нүх сүвийг бөглөх, химийн урвалаас үүссэн бүтээгдэхүүнээр, гидростатик даралтыг бууруулснаар (хийн блок) гэх мэтээр усан давхарга дахь нүхийг хэсэгчлэн болон бүхлээр нь бөглөдөг.
Darcy (Дарси)	Чулуулгийн ус нэвтрүүлэлтийг хэмжих нэгж, гидравлик цахилгаан дамжуулалт (C)-тай холбоотой, $C = \frac{\gamma}{\mu} * s$, γ - нягт, μ - шингэний харимхай чанар. Цэвэр усанд 1 дарси нь ойролцоогоор 1 м/өдөр, (0.85 м/өдөр).

Desorption (Задлах)	Шингээлтийн эсрэг процесс, ион солилцооны давирхайнаас шингээгдсэн нэгдлийг гарган авах процесс. Шингээлтийн эсрэг үйлдэл юм.
Diffusion coefficient (Диффузийн коэффициент)	Тухайн талбайгаар бөөм тархах харьцаа нь дараах томъёогоор илэрхийлэгддэх агуулалтын градиентэдурвуу, хэмжээнд нь шууд хамааралтай байдаг. $dw = -D \frac{de}{dx} st$. Энд D нь диффузийн коэффициент юм. Энэ нь диффузилж буй 1см квадрат талбайгаар өнгөрөх материалын масс юм. dw нь агуулалтын градиент нь $\frac{dc}{dx}$ байх үеийн dt хугацааны агшин дах диффузын огтлолын хэмжээ юм.
Diffusion leaching (Диффузийн уусгалт)	Нэгдлүүдийн уусгалт, голдуу диффузийн процессоор масс шилжилт болдог.
Drilling fluid (mud) (Өрмийн шингэн (лаг))	Ус, агаарт суурилсан шингэн- усны цооногийн өрмийн ажиллагааны явцад өрмийн шүдийг цэвэрлэх болон хөргөх үүрэгтэй, өрөм болон нүхний гадаргуу хоорондын үрэлтийг багасгах зорилготой.
Dynamic level (Динамик түвшин)	Газрын доорх усны түвшин, усан давхарга руу шахсан шингэний үр дүнд дээшилж, соруулсны дүнд багасдаг. Метрээр илэрхийлэгддэг.
Effective thickness (Ашигтай зузаан)	Ашигт усан давхаргын ашигтай зузаан (хүдрийн биет болон агуулагч чулуулгийн ус нэвтрүүлэлтийг оруулна), үндсэн масс /80-90%/-ын шилжилт уусмалын урсгалаар явагдана. Эффектив зузаан нь усан давхаргын нийт зузаанаас бага буюу тэнцүү байна.
Effective porosity (Pe) (Тооцодох нүх сүв)	Чулуулгийн нийт бодит багтаамжийг тодоорхойлох нүх сүвийн тоон үзүүлэлтэд уусмалын найрлагын физик химийн харилцан үйлчлэлийг харгалзан үздэг. Харилцан үйлдчлэл байна гэж үзвэл $P_e \leq P_a$, харилцан үйлчлэл байхгүй гэж үзвэл $P_e = P_a$ байна.

Electrical (geophysical) logging (Цахилгаан (геофизикийн) каротаж)	Чулуулгийн цахилгаан эсэргүүцлийг хэмжиж цооногийн геологийн судалгаанд ашиглах каротажийн төрөл юм. Өөрөөр хэлбэл чулуулгаар цахилгаан гүйдэл гүйлгэснээр цахилгаан орон үүсгэж байгалийн нөхцөлд газар дээр нь чулуулгийн цахилгаан дамжуулалтыг хэмждэг.
Eluent (desorbate) (Угаагч бодис-хагас бүтээгдэхүүн бүхий уусмал)	Ион солилцооны давирхайгаас нэгдлүүдийг салгаснаар гарган авсан шингэн. Эцсийн бүтээгдэхүүний концентрацийг гарган авахад хэрэглэдэг.
Excursion (Хазайлт, шилжилт)	Газрын доорх гидроденамикийн хүчний нөлөөгөөр ГДУ-ын талбай болон ашиглалтын блокийн хүрээ (периметр)-ний гадуур уусмал тархах.
Flow rate (Урсгалын хурд)	Нэгж хугацаанд урсах шингэний эзлэхүүний хэмжээ, хэмжих нэгж $\text{м}^3/\text{өдөр}$, $\text{м}^3/\text{цаг}$.
Fracture pressure gradient (Даралтын хазайлт)	Шингэний урсгалын хүчний нөлөөгөөр элсэрхэг чулууны цооногийн сувгаар жижиг ширхэглэлтэй хэсэг шилжих үеийн хамгийн их даралтын хэмжээ, $I_{\text{max}} = (\gamma - 1)(I - P)$, энд γ -нягт, P -чулуулгийн нүх сүв. Цахиур-жоншны хувьд I_{max} нь 1.2 байна.
Geotechnology (Геотехнологи)	Ордын тухайн талбайгаас эрдсийг гарган авах хими-физикийн процесс буюу олборлох арга. Геотехнологийн олборлолтын аргад газрын дор уусгах, задлах, газрын дор хайлуулах, газрын дор хий болгох, хувиргах зэрэг аргууд орно.
Grade thickness (Давхаргын зузаан)	Хүдрийн биетийн зузаан ба тэнд агуулагдах эрдсийн дундаж агууламж, $\text{Зузаан} \cdot \% \text{ (метр \% Уран)}$.
Gravel packing (Хайрга байрлуулах)	Цооногийн гадна талд том ширхэгтэй элс юм уу хайргыг цагираг хэлбэртэйгээр байрлуулах арга.
Ground water (Гүний ус)	Дэлхийн царцдасын чулуулаг дотор хязгаарлагдсан бүх төрлийн ус.
Grout (cement) (Зуурмаг-цемент)	Цооног доторх хоолойн эргэн тойрны зайг бөглөх, ихэвчлэн өрмийн

	нүх ба хоолойн гадна тал хоёрын хоорондын зайг бөглөдөг материал. Материал нь ерөнхийдөө цемент, усны холимог байна. • Цемент болон усны зохистой харьцаатай холимог, нэмэлтээр элс, бентонит, шохой зэрэг орно.
Head over roof (Дээвэр)	Цооног доторх ус, усан давхаргын хамгийн дээд хэмжээ, метрээр хэмжигдэнэ. Өрөмдсөн усан давхаргын гидростатик даралт.
Hydrogeological(test)well (Гидрогеологийн /туршилтын цооног)	Шахуургын сорил болон бусад тусгай гидрогеологийн судалгаанд хэрэглэгддэг цооног.
Hydrostatic pressure (Гидростатик даралт)	Пьезометрийн өндөр болон харьцуулалтын хэвтээ хавтгайн цэгийн байрлал хоёрын нийлбэр, метрээр илэрхийлэгдэх усны багана.
Infiltration (Нэвчилт)	Хүндийн хүчний үйлчлэлээр нүх сүвэрхэг орчны шингэн шилжих шилжилт. Эрдэсжсэн усан давхаргын дагуу хэвтээ чиглэлд шингэний шилжилт явагдана. Мөн уусмалын доошлох хөдөлгөөн босоо тэнхлэгийн дагууд илүү давамгайлсан байна. Фильтер болон цооногийн гадаргуу нь хүдрийн биетийн дээд болон доод талаар байрласан байна.
In situ leaching Газрын дор уусгах	• Газар гүнээс шаардлагатай нэгдлийг шууд гарган авах химийн арга. Хэрэгцээтэй урвалж болон насос ашиглан цаашдын боловсруулалт, олборлолт хийхийн тулд уусмалыг гадаргуу руу гаргадаг. • Химийн уусмал ашиглан элсэн чулуунд агуулагдаж буй ураныг гарган авах, гадаргууд ураныг гарган авах. Газрын дор уусган гарган авах нь зориулалтын уусмалыг хүдрийн бүс рүү оруулж, исэлдүүлэн ураныг хөдөлгөөнд оруулдаг. Уран уусгасан уусмал нь боловсруулалтын цооногт ирж, үлдэгдэл уусмал нь дараагийн процесст хэрэглэгдэхээр гадаргуу руу шахагддаг.

Injection (Уусгалтын уусмал хийх)	Газрын доорх давхарга руу цооногоор ус болон уусгалтын уусмалыг хийх.
Injection well (Шахалтын цооног)	Ашигт усан давхарга руу шингэнийг (ус эсвэл уусгалтын уусмал) хийхэд хэрэглэгддэг цооног.
Ion –exchange resin capacity (Ион солилцооны давирхайны багтаамж)	Ион солилцооны давирхай дахь ашигтай нэгдлийн агууламж, мг/г эсвэл кг/т –оор илэрхийлэгдэнэ.
Leaching well (Уусгалтын цооног)	Газрын дор уусгах процесст хэрэглэгддэг цооног. - Шахалтын цооног нь уусгалтын уусмалыг оруулна. Олборлолтын цооног нь уусмалыг гадаргуу руу гаргана. - Шахах болон олборлох шингэнд зориулан хийсэн цементлэсэн нүх
Liquid/solid ratio (Шингэн болон хатуулгийн харьцаа)	Нэгж уусмалд ууссан чулуулгийн масс, шингэний эзлэхүүний хэмжээ
Logging (каротаж)	Өрөмдсөн чулуулгийн физик болон радиологийн шинж чанарыг хэмждэг геофизикийн арга. Геологийн судалгаа хийхэд хэрэглэгддэг.
Mass transfer (Массын шилжилт)	Даралтын зөрүү (дамжуулалт), агууламжийн хазайлт (нэвчилт), температурын зөрүү (халуун) зэргийн нөлөөгөөр шингэн болон хийн урсгал үүсэж материал шилжих.
Maximal permissible concentration (Зөвшөөрөгдөх хамгийн их агууламж)	(ОХУ-д хэрэглэдэг) Дотоодын хэрэглээнд зориулан баталсан усанд агуулагдах металл, элемент болон бусад бодисын агууламжийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ. Норм нь Улсын стандартаар тодорхойлогддог.
Mine waters (Уурхайн ус)	Хүдрийн биет рүү нэвтрүүлж, ордын уусгалт, боловсруулалтыг явуулдаг гүний (зарим тохиодолд гадаргуугийн) ус юм. Хяналтын асуудалд ГДУО-ын үйл ажиллагаанд ашиглагдахаар зөвшөөрөгдсөн уусмал хийх шингэн.
Monitor (observation)well (Хяналтын цооног (ажиглалтын))	- Гүний усны гидростатикийн түвшин, хими, цацраг идэвхт нэгдлийг хэмжихэд хэрэглэгддэг цооног. - Хяналтын цооног нь ихэвчлэн цооногийн талбайн захын дагуу

	байрладаг, олборлолтын бүсийн захын талбайн эргэн тойронд/ усан давхаргын зах болон гүнд цооногийн хилийн цаадах уусмалын шилжилт хөдөлгөөн болон бохирдолтийг илрүүлэхэд хэрэглэгддэг.
Ore (Хүдэр)	Байгаль дээрх бусад бодистой хамт оршдог эрдэс ба эрдсийн нэгдэл. Хүдэр нь нэг болон олон эрдсийн эдийн засгийн ач холбогдолтой хэмжээг хэлнэ.
Permeability (Нэвтрэх чанар)	Шингэн болон хийг нэвтрүүлэх чадамж, Дарсигаар хэмжигддэг. Ус болон уусмал дахь чулуулгийн нэвтрүүлэх чанар нь нэвтрүүлэлтийн коэффициентээр илэрхийлэгдэнэ. Энэ нь чулуулгийн бодит нэвтрүүлэх чадвар болон шингэний физикийн шинж чанар (нягт, харимхай чанар)-аас хамаарна.
Permeability (Нэвтрэх чанар)	Гидравлик шатлалын дагуу чулуу болон хөрсний шингэн дамжуулах чадамж (бодит нэвтрэх чанар, гидравлик цахилгаан дамжуулалт), Чулуулгийн шингэн болон хийг нэвтрүүлэх чадамж, Дарсигаар хэмжигдэнэ. Усан дахь чулуулгийн нэвтрүүлэх чанарыг фильтрийн коэффициентээр илэрхийлдэг.
Permeable rock (Ус нэвтрүүлэх чадвартай чулуу)	Гидравлик шатлалаар усыг нэвчүүлэн өнгөрүүлэх бүтэцтэй чулуулаг.
Piping (Гидромеханикийн боловсруулалт)	Уусгалтын ус суваг руу нэвчсэнээр хөрсний хэсгүүд шилжих.
Pressure gradient /Даралтын хазайлт/	Урсгалын замын нэгж урт дахь даралтын алдагдал, $I = dh/L$, Дарсигийн дагуу усны урсгалын хурд $V = CI$, C -нь усны цахилгаан дамжуулалт, байгалийн гүний усны хурд нь: $I = ca.n \cdot 10^{-4}$,
Producing aquifer (Усан давхарга үүсгэх)	Хүдэр агуулсан усан давхарга, газар дор уусгах аргад ашиглана.
Productivity of an orebody (Хүдрийн биетийн үр ашиг)	Хүдрийн биетийн нэгж талбай дахь ашигтай эрдсийн агууламж, $кг/м^2$.
Pumping (Шахуургадах)	Насос, агаарын өргөгч зэрэг тусгай төхөөрөмж ашиглан шингэнийг (уусмал, хөрсний ус) гадаргуу руу өргөх.

Recovery /Олборлолт/	Ашиглагдахуйц хэмжээний эрдсийн нэгдлийг гарган авахад гүний ус болон үйлдвэрлэлийн уусмалыг газрын гадарга руу шахах.
Recovery factor (recovery coefficient) (Олборлолтын фактор)	Олборлосон эрдсийн хэмжээг түүний анхны хэмжээнд харьцуулсан харьцаа, %.
Recovery solution (Олборлолтын уусмал/ажлын уусмал)	Олборлолтын цооногоор шахан гарган авсан уусмал юм. Газрын дор уусгалтын шингэн болон уусгаж буй чулуулгийн массын хооронд явагдсан физик химийн урвалын дүнд хэлбэржиж, ашиглагдахуйц хэмжээний агуулгатай ашиглагдахуйц нэгдлүүдийг агуулсан байдаг.
Recovery well (Олборлолтын цооног)	Хөрсний доод давхаргын шингэнийг өргөж гадаргууд гаргахад хэрэглэгддэг цооног.
Recycling solution (Дахивар уусмал)	Ашигтай нэгдлийг ашиглагдахуйц хэмжээнээс бага агуулсан уусмал бөгөөд урвалж нэмсний дараа дахин уусгалтын шингэн болгон ашиглах боломжтой уусмал юм.
Restoration (groundwater) (Сэргээх (гүний ус))	Бүх нөлөөлөлд орсон гүний усыг уурхайн үйл ажиллагаа хийгдэхээс өмнөх чанарын түвшинд хүргэх үйл ажиллагаа юм (ОХУ-ын нэр томьёо) уурхайг ашиглалтаас гаргасны дагуу байгалийн усыг нөхөн сэргээх үйл ажиллагаа.
Reversal of flow (Урсгалын өөрчлөлт)	Олборлолтыг сайжруулахын тулд шахалтын болон олборлолтын цооногийн хооронд уусгалтын уусмалын урсгалын чиглэлийг өөрчлөх, эсрэгээр өөрчлөх.
Screen porosity (Цооногийн хавтгайн нүх сүв)	Цооногийн хавтгай дахь нээлтэй орон зай.
Spent (barren) solution (Ашигласан уусмал)	Ашигтай нэгдлүүдийг бага агуулсан олборлолтын уусмал, урвалж нэмснээр цэвэр уусгалтын уусмал бэлтгэхэд хэрэглэнэ.
Static level (Статик түвшин)	Шахаж насосдсоны улмаас гэмтээгүй газрын доорх байгалийн усны түвшин.
Superficial velocity (v)	Чулуулгаар урсах шингэний

(Гадаад хурд)	илэрхий/тодоорхой хурд, усан давхаргын хөндлөн огтлолын нэгж талбайгаар урсан өнгөрөх шингэний хэмжээгээр илэрхийлэгдэнэ. $V=Q/F$
Technological well (Технологийн цооног)	ГДУО-ын геотехнологид ашигладаг цооног. Шахалтын болон олборлолтын цооногууд орно. Шахалтын цооног нь уусгалтын уусмалыг оруулдаг, олборлолтын цооног нь эрдэс уусгасан уусмалыг гадаргууд хүргэдэг.
Test well (Туршилтын цооног)	Чулуулаг руу оруулсан уусгалтын уусмалын нөлөөг хэмжих, ажиглах зориулалтаар хийгдсэн цооног. Ууссан нэгдлийн агууламжийн үлдэгдлийг тодоорхойлно.
Transmissivity (Нэвтрэх чанар/ тунгалагийн коэффициент)	Гидравлик шатанд усан давхаргын нэгж өргөнөөр ус нэвтрэн өнгөрөх чадал, усан давхаргын ханасан хэсгийн зузаан болон усны цахилгаан дамжуулах чадвараар илэрхийлэгдэнэ.
Unconfined aquifer (Чөлөөт усан давхарга)	Усан давхаргын дээд хязгаар (геологийн хэлбэржилтийн ханасан хэсгийн дээд тал). Цооног дахь усан давхаргын гадаргууд агаарын даралт байна. Усны гадаргуу, усан давхарга, хязгаалалтгүй хөрсний ус, чөлөөт хөрсний ус зэрэгтэй ижил утгатай.
Unplugging (Таглааг авах)	Химийн уусмал эсвэл механик үйлдлээр цооногийг тагласан материалыг авч чулуулгийн ус нэвтрүүлэлтийг шинэчлэхийг хэлнэ.
Waste solution (Хаягдал уусмал)	Олборлолтын хоосон уусмал, уусгалтын уусмал болгож дахин ашиглах боломжгүй. Ихэвчлэн аюултай нэгдлүүдийг авсны дараа олборлолтын бүс рүү шилжүүлж болно.
Well completion (well development) (Цооногийн ашиглалтанд бэлтгэн дуусгах)	Цооногийн суурилуулалтын эцсийн шат. Сонгосон технологийн үйл ажиллагааны загварын дагуу урт хугацааны турш гүйцэтгэнэ.
Well completion (Цооног тоноглох)	Цооногт тоноглол хийх процесс, тухайн газарт цементэн бүрхүүл хийдэг. Үүнд: өрмийг авах, цооногийн гадаргууг хийх,

	шүүлтүүр болон шороог зайлуулах төхөөрөмжүүд орно.
Well field unit (block) (хүдрийн нөөцийн тодоорхой хэсэг дээр байгуулагдсан олборлолтын нэгж)	Хүдрийн биетийн нэг хэсэг. Ашиглалтын цооногийн системтэй, харилцаа холбоотой, бэлтгэл байдал болон үйл ажиллагааны төлөвлөгөөтэй, геотехнологийн гүйцэтгэлийн (сар, улирал, жилийн) төлөвлөгөөт хяналтын нөхцөлийн дагуу үйл ажиллагаа явагдах биеэ даасан үйлдвэрлэлийн талбай.
Well screen(Цооногийн хавтгай)	Шүүлтүүрийн төхөөрөмж, цооногийн оролт болон гаралтын хэсэгт салангид, хагас нэгдсэн усан давхаргад баригдсан шүүлтүүр.
Well head (Цооногийн орой, толгой)	Гадаргуу дахь цооногийг битүүмжлэх төхөөрөмж, энэ нь агаарт хийг гаргадаг.
Well workover (Цооногийн нарийвчилсан үзлэг)	Цооногийн бүрэн бүтэн байдлыг хадгалахын тулд төрөл бүрийн хэмжилт хийдэг. Усны тусгаарлагч, цооногийн дотор гацсан материалын цэвэрлэгээ, шилжүүлэлт, мөн насосын засвар, дахин суурилуулалт зэрэг болно.
Wellfeild (pattern) layout (Цооногийн талбайн зураглал, бүтэц)	Шахалтын болон олборлолтын цооногийн системтэй төлөвлөгөө, үндсэн хоёр хэлбэр байдаг. Шугаман бүл (ерөнхийдөө шахалтын болон олборлолтын цооногийн багана) Эс хэлбэр-шахалтын цооногийн эргэн тойронд бүх олборлолтын цооног гурвалжин, дөрвөлжин, зургаан өнцөгт геометр хэлбэртэйгээр байрласан байна.

ХАВСРАЛТ II. ГДУО ТӨСЛИЙН ТӨЛӨВЛӨГӨӨНД БАЙГАЛЬ ОРЧИНД НӨЛӨӨЛӨХ

БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭНИЙ АЧ ХОЛБОГДОЛ

ОРШИЛ

Олон улсын түвшинд аж үйлдвэрийн аливаа томоохон төслийг хэрэгжүүлэхийн өмнө байгаль орчны үнэлгээг зайлшгүй хийх шаардлагатай байдаг. ГДУО технологи нь уламжлалт аргатай харьцуулахад байгаль орчин, аюулгүй байдлаараа давуу талтай болох нь хүлээн зөвшөөрөгдсөн бөгөөд ГДУО үйл ажиллагааг байгаль орчинд нөлөөлөх нөлөөллийг тооцсоны дараа эхлэх ёстой гэж үздэг.

Байгаль орчин гэж хүн, түүнийг хүрээлэн буй орчин, ургамал, ан амьтныг хамруулан ойлгодог. Физик орчинд газрын гадарга, геологи, хөрс, цаг уур, гүний болон гадаргын ус багтана. Биологийн орчинд ургамал амьтан зэрэг бүх амьд организм багтана. Байгаль орчны бүхий л нөлөөллийг шалган хүний эрүүл мэндэд нөлөөлж болох бүхий л хүчин зүйлсийг тооцно.

Уран олборлож, боловсруулж буй орнуудад нийгэм, эдийн засгийн хүчин зүйлсийг байгаль орчны үнэлгээнд оруулан тооцох нь ихэсч байна. Түүх соёлын өвөрмөц онцлог бүхий үндэстэн ястан, нутгийн уугуул иргэдийн нутагт уул уурхай эрхлэхээр төлөвлөж буй бол тэдний нийгэм, соёлын онцлогийг мөн тооцох шаардлагатай.

Ураныг ГДУО-д байгаль орчин, аюулгүй ажиллагааны хувьд анхаарах хүчин зүйлс

Ураныг ГДУО явцад уламжлалт олборлох, боловсруулах аргатай харьцуулахад хэд хэдэн давуу байдал ажиглагддаг. ГДУО аргыг элсэн чулуун орд бүхий газарт зөв төлөвлөж ашиглаж чадвал байгаль орчин, аюулгүй байдлын хувьд найдвартай байдаг.

Уламжлалт олборлох, боловсруулах аргыг ГДУО аргаар сольсноор үйлдвэрлэлийн болон цацрагийн эрсдэлийг бууруулж, ажилчдын авах цацрагийн тунг бууруулна. Үүнээс гадна бусад байгаль орчны хувьд давуутай талуудыг дурьдвал:

- Хөрсний эвдрэл бага
- Үүсэж буй хаягдал бага (чулуу болон бага агуулгатай хүдэр)
- Металлургийн хаягдалгүй (metallurgical effluent)
- Усны хэрэглээ бага, усгүйжүүлэх систем шаардлагагүй (no aquifer dewatering)
- Олборлолтоос өмнөх түвшин хүртэл нөхөн сэргээх боломжтой

Ураны ГДУО үйл ажиллагааны хяналт, шалгалтын хөтөлбөр нь 4 үндсэн ангилалтай [2]. Үүнд: газрын гүнд уусмалын урсгалыг хянах болон гидрогеологи/гүний усны хяналт; байгалийн ураны задралын бүлээс байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг хянах хяналт; бохирдсон техник тоног төхөөрөмж,

үйлдвэрлэлээс үүсэх хаягдал, илүүдэл уусгагч шингэн зэрэг хаягдлын менежмент ба түүний хяналтын систем; ураны уламжлалт боловсруулах үйлдвэр дэх ураны ислийн шингэн болон нунтаг болон радон хийтэй холбоотой эрүүл мэндийн хяналт зэрэг орно.

Уламжлалт уран олборлолттой харьцуулахад ГДУО технологи нь ерөнхийдөө сөрөг нөлөөлөл багатай боловч, холбогдох байгаль орчин, аюулгүй ажиллагаатай холбоотой сөрөг нөлөөллийг цаашид зөв зохистой төлөвлөлт, үйл ажиллагаа, мониторинг, хяналт, олборлолтын дараах гүний усыг нөхөн сэргээлт (шаардлагатай бол) зэргээр бууруулж болно.

Зүй зохистой байгаль орчны төлөвлөлтийн чухалчлан авч үзэх нь илүүднэ гэж байдаггүй. Төслийг сайн төлөвлөж, зөв ажиллах үед ГДУО нь байгаль орчин, аюулгүй ажиллагааны давуу талтай технологи [3] мөн боловч энэ стандартын шаардлагыг хангаагүй алдаа гаргасан төслийн жишээнүүд байдаг. Германы Конигштэйн болон Чехийн Страз дахь хүчил ашиглан ГДУО 2 төслийг хүрээлэн буй орчны асуудалд анхаарал хандуулалгүй эхлүүлж хэрэгжүүлсэн нь гүний усны бохирдлын томоохон асуудлыг дагуулсан юм. Аль ч төсөл нь хүн ам төвлөрсөн нутагт хэрэгжсэн, ГДУО талбайн хажууд ундны усны давхарга байсан. Конигштэйн дэх уусгалтын үлдэгдэл уусмалын хяналт алдагдсан нь Эльба голын ойр орчмыг бохирдоход хүргэсэн. Төсөл бүр аль аль нь гүний усыг цэвэрлэхэд 1 тэрбум америк долларыг зарцуулсан. Байгаль орчны зохистой төлөвлөлт нь эдгээр асуудлаас урьдчилан сэргийлэх байсан.

Хүчлээр ГДУО хаагдсан төслөөс уусгалтын үлдэгдэл уумсалаар ундны усны давхарга бохирдсон тухай **Украйнаас** мэдэгдсэн байна. Гэсэн хэдий ч тухайн талбай дээрх байгаль орчны нөхцөл байдлын талаарх дэлгэрэнгүй мэдээлэл байхгүй байна. Эдгээр жишээ нь хүчлээр ГДУО төслийн зохистой байгаль орчны төлөвлөлт ач холбогдолтой болохыг харуулж байна. Энэхүү төлөвлөлтийг дутуу тооцоолж болохгүй.

Австрали (Бэвэрли [7], Өмнөд Австрали), АНУ (Florence [8], Аризона)-ын хүчлээр ГДУО төслүүдийн (ураны болон зэсийн)тусгай зөвшөөрөл олгох журамд тухай нутгийн уурхайн ашиглалттай холбоотой байгаль орчны асуудлуудыг хууль дүрмээр маш сайн зохицуулсан тохиолдолд “маш сайн төлөвлөсөн хүчлийн уусгалтын төслүүд”-ийг хэрэгжүүлж болно гэж заасан байдаг. Төсөл бүрд шаардлагатай тусгай зөвшөөрлүүдийг авахын тулд урт хугацааны байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээг хийж дуусгах шаардлага тавигдсан байна.

Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээг хийж дуусгах нь төлөвлөлтийн нэг чухал хэсэг юм. Хяналт болон тусгай зөвшөөрлийн шаардлагын хүрээнд төсөл бүрийн нөлөөллийг үйл ажиллагаа явахаас өмнөх байгаль орчны нөхцөлд хийгдсэн байна. Байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын үнэлгээ (БОНУ) [9] нь төслийг төлөвлөх болон шийдвэр гаргахад байгаль орчны хүчин зүйлсийг судалж дуусгах үйл явц юм. Байгаль орчинд нөлөөлөх

байдлын үнэлгээ нь тухайн төслийн орон нутгийн байгаль орчны үнэлгээ, төслийн үнэлгээ, “бодит, биологийн, нийгэм-эдийн засгийн орчинд” төслийн болзошгүй нөлөөллийн урьдчилсан таамаг зэргээс бүрдэнэ. БОНУ-ний зорилго нь төслийн хүлээн зөвшөөрөгдөх эсэхийг үнэлэх, эдгээр нөлөөллүүдийг зөвшөөрөгдөх хэмжээнд нь хянах, төслийн гүйцэтгэх чадавхийг үнэлэх юм.

ГДУО уурхайн гүний усанд үзүүлэх нөлөө

ГДУО уурхайтай холбоотой тавигддаг хамгийн чухал асуулт бол үйл ажиллагааны туршид гүний усанд үзүүлэх нөлөөний талаарх асуудлууд юм. Үүнд төслийн байрлал, хүн амын суурьшил, уурхайн ашиглалтын өмнөх усны чанар, усны ашиглалт зэрэг багтдаг. Хэрэв усны чанар муу буюу давстай, эсвэл бусад агуулалтууд нь стандартаас хэтэрсэн байвал усны чанарын асуудал нэн чухалаар тавигддаггүй. Харин усны чанар сайн буюу төслийн талбайн нь хөдөө аж ахуйн болон ундны усны үе давхарга бүхий ашиглалтын бүсэд байрласан бол нөлөөллийг хэтрүүлэхгүй байх нэмэлт арга хэмжээ шаардлагатай бөгөөд дүрэм стандартын шаардлагад нийцүүлэн нөхөн сэргээлтийг хийх шаардлагатай юм.

ГДУО уурхайн гүний усанд үзүүлэх нөлөө нь ашиглаж буй уусгах технологи, шүлт (тухайлбал хүчилтөрөгч болон CO_2 -ийг ашиглах) эсвэл хүчлийн сонголтоос хамаарна. АНУ-ын тухайд зөвхөн шүлтийг уусгагчаар ашигладаг ба усан санг тогтмол анх байсан хэвийн хэмжээнд байлгахгаар сэргээж ажилладаг. Үүнээс үүдэн АНУ-ын Цөмийн хяналтын комиссоос дараах дүгнэлтийг гаргасан байна. “ГДУО үйл ажиллагааны явцад цуглуулсан тоо, баримтыг үндэслэн үзэхэд энэхүү технологи нь байгаль орчинд хортой нөлөөлөл үзүүлдэггүй” гэж үзсэн байна [10].

ГДУО явцад зарцуулагдах гүний усны хэмжээ нь ердийн уурхайд ус зайлуулах үед шавхсан усны хэмжээнээс маш бага байдаг. Цаашлаад шүлт ашиглан уусгаж буй ГДУО уурхай нь жилд 0.165 сая куб метр ус ашиглах буюу ижил нөхцөлд буй газар орчинд газар тариаланд ашиглах уснаас маш бага байна [11].

Хуучнаар ЗХУ-д хүчлийг ашиглан хийгдэж байсан уурхайн олборлолтын үр дүнг харахад энэ технологи нь урьдчилан таамаглаж байсан шиг сайн технологи байгаагүй. Энэ арга нь зарим байгалийн таатай нөхцөлд хийгдэх боломжтой. Зарим үр дүнгээс харахад уурхайн олборлолтын улмаас гүний усанд байгалийн химийн элемент үүсэх эсвэл усны физик шинж чанарт нь өөрчлөлт орсон нь багасаж, уусгалтын сөрөг нөлөөлөл багасаж байна. Энэ нөхцөл байдал (байгалийн шингээлт буюу өөрөө өөрийгөө сэргээх гэж нэрлэдэг) нь уурхайн талбайн химийн нөхцөл байдал 15-20 жилийн дараа уурхайн өмнөх үеийн нөхцөл байдалд шилжих хандлагатай байна. Олборлолтын дараа нөхөн сэргээгдэж буй уурхайн мэдээллээс харахад гүний усан дахь химийн бодисын ихэссэн хэмжээ нь уусгалт явуулсан талбайгаас хэдэн зуун метрийн зайд стандарт хэмжээнээс хэтрээгүй байсан [13].

Хүчлээр уусган олборлох явдлыг хүлээн зөвшөөрөх хандлага нэмэгдэж буйг Аризона мужид ВНР Флоренсын зэсийн уурхайд ГДУО технологиор олборлохыг зөвшөөрснөөс харж болно. Эндээс харахад хүчлээр уусгах технологийг өндөр түвшинд төлөвлөсөн, байгаль орчны нөхцөлүүдийг сайн тодоорхойлсон төслийн хувьд зөвхөн сайн зохицуулалттай (хяналттай) газар, орон нутагт явуулж болох нь харагдаж байна. Энд ГДУО төслөөр 2000 худгаас 15 жил зэс олборлохоор төлөвлөсөн нь АНУ-ын Вайоминг мужийн газрын дор уран олборлох “Highland Uranium Project” төсөлтэй цар хүрээгээрээ ижил юм.

Энэ төсөл нь зэргэлдээ газар орчны ундны усыг хамгаалах нөхөн сэргээх төлөвлөгөөтэй. ГДУО уурхайгаас тухайн газар орчны ундны ус, усан санд үзүүлэх нөлөөллийг тооцохдоо гидрогеологийн үнэлгээ, гүний усны хяналтын системээс олж авсан мэдээллийг ашиглан гүний усны шилжилт, тусгай програм хангамж дээр (уусмалын тээврийн загвар) тооцоолдог.

ГДУО аргын байгаль орчны төлөвлөлт

Байгаль орчны төлөвлөлтөд анхаарал хандуулж буй орнуудын тоо сүүлийн 30 жил нэмэгдсээр байна. Орчин цагт байгаль орчны төлөвлөлт нь шинэ ураны уурхайн салшгүй нэг хэсэг болсон. Энэхүү байгаль орчны төлөвлөлтийг хийхдээ байгаль орчны үнэлгээнд оруулж тооцдог. Төлөвлөлт нь аливаа төсөл эхлэхээс өмнө хийгдэж зөвшөөрөгдсөн байх ёстой. Үнэлгээг хийхдээ байгаль орчны үнэлгээ болон байгаль орчны мэдэгдлийг гаргах замаар хийгдэнэ.

Байгаль орчны мэдэгдэл нь тухайн газар нутаг, төслийн тухай, байгаль орчинд үзүүлэх нөлөө, нөлөөллийг бууруулах арга зам зэргийг тодоорхойлсон бичиг баримт юм. Энэ баримт бичиг нь тухайн төслөөс байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөллийг тооцоход ашиглагдах хэрэгсэл юм.

Байгаль орчны мэдэгдлийг тусгай зөвлөхийн үнэлгээний хамт уул уурхайн төсөл хэрэгжүүлэгч хийдэг. Тухайн газар нутаг дахь иргэд нь төслийн нөлөөлөл болон шинж чанарын тал дээр хуулийн дагуу ажиллана. Үйл ажиллагаа нь нарийн тодоорхойлогдсон байна. Байгаль орчны үнэлгээний гуравдагч тал нь захиргааны байгууллага байх ба төслийн зөвшөөрөгдөх байдлыг үнэлнэ. Хэрэв боломжтой гэж үзвэл баталгаа олгоно.

Байгаль орчны үнэлгээний зорилго нь төслийг болон байгаль орчныг хянан, бодит, биологийн, эдийн засгийн байгаль орчны боломжит нөлөөллийг үнэлдэг.

Ураны үйлдвэрлэлийн төслүүдийн байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын бэлтгэлийн удирдамж нь IAEA TECDOC-979–д хэвлэгдсэн. [17] газрын дор уусгах төслийн сүүлд хэвлэгдсэн 2 байгаль орчны мэдэгдлийн жишээ нь: АНУ-ийн цөмийн асуудал эрхэлсэн байгууллагын хэвлүүлсэн Гроун пойнт ураны уусган олборлолтын үйл ажиллагаа болон онцлогийг хамарсан байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын мэдэгдэл [18], төсөл хэрэгжүүлэгчийн

хэвлүүлсэн Беверлигийн ураны уурхайн байгаль орчинд нөлөөлөх байдлын мэдэгдэл, Газрын дор уусгах төслийн үйл ажиллагааны талаарх практикийн удирдамж IAEA-TECDOC-1059-д хэвлэгдсэн [20].

Бүх үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагааны байгаль орчны төлөвлөгөө нь ГДУО ураны төслийн чухал нэг хэсэг болдог ба батлагдсан биелэлтэд тулгуурлан ГДУО нь уламжлалт аргатай харьцуулахад байгаль орчны болон аюулгүй ажиллагааны давуу талуудтай учраас байгаль орчны үнэлгээ ба үйл ажиллагааны практик нь боловсруулагдан хэрэгждэг.

ХАВСРАЛТ 2 –ЫН АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Environmental Impact Assessment for Uranium Mine, Mill and In Situ Leach Projects*, IAEA-TECDOC-979, Vienna(1997).
- [2] BROWN, S.H., Radiological aspects of uranium-solution mining, in *Uranium*, vol. 1(1982).
- [3] UNDERHILL, D.H., *In Situ Leach Uranium Mining—Current Practice, Potential and Environmental Aspects*, ABARE OUTLOOK '98 Commodities Conference, Canberra, 3-5Feb. (1998).
- [4] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY, *Uranium 1997 – Resources, Production and Demand*, OECD, Paris (1998).
- [5] ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, *Final Florence Project Aquifer Protection Programme (APP) Permit, (Permit–101704)*, Arizona Department of Environmental Quality, Phoenix, Arizona, USA, 9 June 1997.
- [6] MOLCHANOV, A., SOROKA, Y., ISAYEVA, N., MORDBERG, E., *The state of environment on former site of in-situ leaching of uranium*, Radioactive Waste Management and Environmental Remediation, Proc. fifth International Conference on Sept.3-8, ASME (1995).
- [7] HEATHGATE RESOURCES, Pty. Lt., *Beverley Uranium Mine, Environmental Impact Statement (Main Report)*, Heathgate Resources, Pty. Ltd, Adelaide (1998).
- [8] ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, *Final Florence Project Aquifer Protection Programme (APP) Permit (Permit–101704)*, Arizona Department of Environmental Quality, Phoenix, Arizona, USA, 9 June 1997.
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Environmental Impact Assessment for Uranium Mine, Mill and In Situ Leach Projects*, IAEA-TECDOC-979, Vienna(1997).
- [10] GRACE, S.R., US NRC, *Licensing update, issues and items of interest affecting in situ uranium solution mining*, In Situ All Minerals Symposium, Casper, Wyoming (1989).
- [11] McCARN, D., *The Crownpoint and Churchrock uranium deposits, San Juan Basin, New Mexico: An ISL mining perspective*, paper presented at Technical Committee Meeting on In Situ Leach Uranium Mining, Almaty, Kazakhstan, 9–12 September 1996, IAEA, Vienna.

-
- [12] BRADY, P.V., BRADY, M.V., BORNS, D.J., *Natural Attenuation, CERCLA, RBCA's, and the Future of Environmental Remediation*, Lewis Publishers, CRC Press LLC, New York, (1998).
- [13] FAZLULLIN, M.I., NOVOSELTSEV, V.V., FARBER, V.J., SOLODOY, I.N., NESTEROV, JU.V., *Restoration experience on uranium ore-bearing aquifers after in-situ leach via hydrogeochemical methods*, paper presented at the IAEA Technical Committee Meeting on In Situ Leach Uranium Mining, Almaty, Kazakhstan, 9-12 September 1996.
- [14] ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, *Final Florence Project Aquifer Protection Programme (APP) Permit (Permit-101704)*, Arizona Department of Environmental Quality, Phoenix, Arizona, USA, 19 June 1997.
- [15] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Underground Injection Control Programme, Area Permit, Final Class 3 UIC Permit #AZ396000001 and Aquifer Exemption*, 1 May 1997, USEPA, San Francisco, CA.
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Environmental Impact Assessment for Uranium Mine, Mill and In Situ Leach Projects*, IAEA-TECDOC-979, Vienna (1997).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Environmental Impact Assessment for Uranium Mine, Mill and In Situ Leach Projects*, IAEA-TECDOC-979, Vienna (1997).
- [18] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Office of Nuclear Materials and Safeguards, *Final Environmental Impact Statement to construct and Operate the Crownpoint Uranium Solution Mining Project*, Crownpoint, New Mexico, Docket No.40-8968, Hydro Resources, Inc., NUREG-1508, Washington, DC, USNRC (1997).
- [19] HEATHGATE RESOURCES, Pty. Ltd., *Beverley Uranium Mine, Environmental Impact Statement (Main Report)*, Heathgate Resources, Pty. Ltd., Adelaide (1998).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Guidebook on Good Practice in the Management of Uranium Mining and Mill Operations and the Preparation for their Closure*, IAEA-TECDOC-1059, Vienna (1998).
-

ХАВСРАЛТ III. НИЙТЛЭЛҮҮД

(Энд дурдагдсан ихэнх эрдэм шинжилгээний нийтлэлүүд орос хэл дээр мөн орчуулагдсан байдаг. Иймээс энд зөвхөн англи хэл дээрх эрдэм шинжилгээний нийтлэлүүдийн жагсаалтыг нийтлэв).

BROWN, S.H., Radiological aspects of uranium-solution mining, *Uranium* **1** (1982) 37–52,.

CRAIG, F.F., Jr., The Reservoir Engineering Aspects of Waterflooding, Monograph Volume 3, Henry L. Doherty Series, Society of Petroleum Engineers of AIME — Second Printing (1971).

DRISCOLL, F.G., Groundwater and Wells, Second Edn., US Filter/Johnson Screens, St. Paul, MN, Sixth Printing (1995).

HOLEN, H.K., HATCHELL, W.O., Bibliography of Uranium In Situ Leach Technology, New Mexico Energy, Minerals and Natural Resources, Bureau of Economic Geology Report of Investigation Number 4, Santa Fe, NM (1988).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Uranium Extraction Technology,

Technical Reports Series No. 359, Vienna (1993).

LERMAN, A., Geochemical Processes Water and Sediment Environments, John Wiley & Sons (1979).

MERRITT, R.C., The Extractive Metallurgy of Uranium, Colorado School of Mines Research Institute, Johnson Publishing Co., Boulder, CO (1971).

MUSKAT, M., Flow of Homogeneous Fluids, IHRDC, Boston, MA (1982).

NIGBOR, M.T., ENGELMANN, W.H., TWEETON, D.R., Case history of a pilot-scale acidic in situ uranium leaching experiment, US Bureau of Mines, Washington, DC (1982).

POURBAIX, M., Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, National

Association of Corrosion Engineers, Houston, TX (1974).

SPINK, L.K., Principles and Practice of Flow Meter Engineering, The Foxboro Company, Foxboro, MA, 9th Edn (1978).

STEWART, C.L., REIMANN, L.J., SWAPP, S.M., Mineralogic considerations for uranium in situ leach mining: A preliminary study of uranium and associated mineralogy of roll-front uranium deposits in Wyoming and Nebraska, Technical Paper, CIM Bulletin **93** 1045, November-December (2000).

TWEETON, D.R., PETERSON, K.A., Selection of Lixiviants for In Situ Uranium Leaching, Information Circular, US Bureau of Mines (1981).

U.S. BUREAU OF MINES, In Situ Mining Division, Bibliography of In Situ Leach Mining,

US Department of Interior Bureau of Mines, Twin Cities Research Center, Minnesota.

The reader should also refer to references in ANNEX II of this report.

ХАВСРАЛТ IV. НЭГЖҮҮД

Усны цахилгаан дамжуулах чанар, нэвтрүүлэлт, дахин цэнэглэх,
урсгалын хурдын нэгж

Усны цахилгаан дамжуулалт (K)

метр/өдөр (M/өдөр)	см/өдөр (см/өдөр)	Тохой-фит/өдөр (тохой/өдөр)	галлон/өдөр, фут ² (галл/ өдөр, фут ²)
1	1.16×10^{-3}	3.28	2.45×10^1
8.64×10^2	1	2.83×10^3	2.12×10^4
3.05×10^{-1}	3.53×10^{-4}	1	7.48
4.1×10^{-2}	4.73×10^{-5}	1.34×10^{-1}	1

Урсгалын хурд

м ³ /сек	м ³ /мин	Ft ³ /сек	Ft ³ /мин	Галл/мин
1	60	35.3	2.120	15.800
.0167	1	.588	35.3	264
.0283	1.7	1	60	449
.000472	.0283	.0167	1	7.48
.000063	.00379	.0023	.134	1

Нэгжийн хувиргалт

Metric to inch-pound units

УРТ

1 millimetre (mm) = 0.001 m = 0.03937 in.

1 centimetre (cm) = 0.01 m = 0.3937 in. = 0.0328 ft

1 metre (m) = 39.37 in. = 3.28 ft = 1.09 yd

1 kilometre (km) = 1,000 m = 0.62 mi

ТАЛБАЙ

1 cm² = 0.155 in.²

1 m² = 10.758 ft² = 1.196 yd²

1 km² = 247 acres = 0.386 mi²

ЭЗЛЭХҮҮН

1 cm³ = 0.061 in.³

1 m³ = 1,000 l = 264 US. gal = 35.314 ft³

1 litre (l) = 1,000 cm³ = 0.264 US. gal

МАСС

1 microgram (μ g) = 0.000001 g

1 milligram (mg) = 0.001 g

1 gram (g) = 0.03527 oz = 0.002205 lb

1 kilogram (kg) = 1,000 g = 2.205 lb

Inch-pound to metric units

УРТ

1 inch (in.) = 25.4 mm = 2.54 cm = 0.0254 m

1 foot (ft) = 12 in. = 30.48 cm = 0.3048 m

1 yard (yd) = 3 ft = 0.9144 m = 0.0009144 km

1 mile (mi) = 5,280 ft = 1,609 m = 1.609 km

ТАЛБАЙ

1 in.² = 6.4516 cm²

1 ft² = 929 cm² = 0.0929 m²

1 mi² = 2.59 km²

ЭЗЛЭХҮҮН

1 in.³ = 0.00058 ft³ = 16.39 cm³

1 ft³ = 1728 in.³ = 0.02832 m³

1 gallon (gal) = 231 in.³ = 0.13368 ft³ = 0.00379 m³

МАСС

1 ounce (oz) = 0.0625 lb = 28.35 g

1 pound (lb) = 16 oz = 0.4536 kg

ХАВСРАЛТ V. УРАНЫ ТУНАМАЛ ОРДЫГ ГДУО-Д ДАГАЛДАН ГАРАХ БУСАД ЭЛЕМЕНТ

ГДУО арга ашиглан ураны уурхайд хайгуул, олборлолт хийх явцад ураны хүдэр болон уусгалтын уусмалд тодоорхой хэмжээний газрын ховор элемент агуулагдаж байдгийг тогтоосон. Уран олборлох явцад дагалдан гарч ирэх энэхүү завсрын бүтээгдэхүүн нь ордын нөөцийн эдийн засгийг нэмэгдүүлж, тухайн төслийг ашигтай болгодог.

Байгалийн геохимийн нөхцөлөөр хоорондоо валент солилцдог элементүүд нь нэлээн анхаарал татдаг. Исэлдэлтийн бүс бий болж буй хэсэгт тэдгээр нь урантай хамт хуримтлагддаг. Эдгээр элементэд селен, молибден, рени, ванади зэрэг элементээс гадна ховор тохиолддог, бага агуулгатай германи, мөнгө болон бусад элементүүд ордог.

Дээрх металлуудын геохимийн шинж чанарын ялгаа нь хүдрийн бүс дэх эрдсийн хэлбэр болон нөхцөлөөс хамаардаг. Рени болон молибден нь уран төвлөрсөн хэсэгт байрладаг байна. Эдгээр металл нь ураныг уусган олборлох үед хэрэглэгддэг уусмалд амархан уусдаг, ялангуяа исэлдүүлэгч нэмэх үед. Селен болон ванади нь хүдрийн бүсийн их исэлдсэн хэсэгт хуримтлагддаг. Тэдгээрийг олборлоход хүчтэй исэлдүүлэгч шаардагддаг (хлор). Уусмалаас авах тохиолдолд тусгай процесс шаардагддаг (селенид натрийн сульфид, Na_2S).

Уусмал болон хүдэрт хуримтлагдсан элементийн агууламж, хэлбэр нь муж бүрт өөр өөр байдаг бөгөөд эдийн засгийн ач холбогдолтой хэсэг нь газар газарт өөр өөр байдаг. Хүдрийн муждаа байхдаа ач холбогдолтой гэж тооцохооргүй бусад ховор болон ердийн элемент нь агуулагч чулуулгаасаа хүхрийн хүчлийн уусмалд хэсэгчлэн уусдаг бөгөөд эдийн засгийн ач холбогдолтой агууламж хүртлээ хуримтлагдсан байдаг байна. Үүнд сканди, итри, лантан, гали болон хөнгөнцагаан зэрэг элементүүд орно.

13.1 Хүснэгтэд газрын дор уусган олборлолтод хэрэглэсэн уусмалд дагалдан ууссан зарим нэгдлийн агууламжийг үзүүлэв.

ГДУО-ын турш газрын ховор болон түгээмэл элементүүдийн олборлолт ба судалгааны процесст дараах зүйлсийг авч үздэг. Үүнд:

Тухайн талбайн хүдэр, агуулагч чулуу болон уусмал дахь боломжит нэгдлийн бүрэн спектрийг таних

- Бүх элементийн эдийн засгийн ач холбогдолтой хэмжээг үнэлэх, одоо болон ирээдүйн зах зээлийн шаардлага, цэвэр бүтээгдэхүүний боломжит нөөц болон үйлдвэрлэлийн технологийг судлах

- Хүдэр болон агуулагч чулуулаг дахь эдгээр ховор элементийн хуримтлал болон тархалтыг судлах, байгалийн ус ба ураны уусмалд уусах, шилжин хөдлөх, тунадасжих химийн процесс, хүдэр болон уусмалын

шинжилгээний аргын боловсруулалт зэргийг судлах, одоогийн боломжит нөөцийг тогтоох

- Уусгалтын эдийн засгийн процессыг боловсруулах, уусмалаас дагалдах элементүүдийг гарган авах

Хүснэгт 13.1. Уусгалтын уусмал дахь дагалдагч элементүүдийн агууламж

Элементүүд	Уусмал дахь агууламж, мг/л
Сканди	0.05-1.01
Гафни	1.63-2.86
Рени	0.01-3.30
Лантани	1.16-5.80
Цери	0.91-11.5
Самари	0.35-4.50
Европи	0.02-0.28
Гадоцени	0.30-2.00
Терби	0.25-1.18
Тули	0.13-0.17
Дисприси	0.23-1.00
Эрби	0.17-0.40
Иттерби	<0.01-0.23
Иттри	0.56-4.10
Лютеци	0.12-0.49

Дээрх зүйлсийг хэрэгжүүлэхэд тулгарах бэрхшээлтэй зүйл нь олон элементийг бага агууламжийн мужид тодорхойлох боломжтой, үр дүнтэй бөгөөд өртөг багатай шинжилгээний арга ховор байгаа юм. Өөрөөр хэлбэл эдгээр ордын дагалдах элементүүдийн эдийн засгийн өсөлтийн гол түлхүүр нь микро элементийг тодорхойлох шинжилгээний арга юм.

5.1. Дагалдах элементүүдийг тодорхойлох нь

Нарийвчлалтай бүтээмж өндөртэй шинжилгээний арга нь хүдэр ба ураны уусмал дахь боломжит агууламжтай дагалдах элементийн мэдээллийг гарган авдаг. Ерөнхийдөө боломжит агууламжтай элементийн тархалт нь үндсэндээ тунадасжуулах процессоор тодорхойлогддог. Уусмал дахь элементүүдийн судалгааны үр дүн нь цаашдын судалгаанд чухал ач холбогдолтой байдаг. Хүхрийн хүчлийн уусмал дахь дагалдах элементүүдийн агууламж нь (мг/л): Re-0.2-0.5, Sc-0.15-0.6, V-10-40, Li-0.3-1, Rb-1-ээс их, Sr-10- аас их, нийт иттри болон бусад газрын ховор элемент нь 10-40 байдаг байна. Карбонатын уусмалд сканди бараг агуулагддаггүй, ренигийн агууламж хүхрийн хүчлийн уусмал дахь агууламжтай ижил, харин молибдений агууламж заримдаа 40 мг/л хүрдэг байна.

5.2. Бүтээгдэхүүний хэмжээ, одоо болон ирээдүйн хэрэгцээ шаардлага

Ураны уусмалын анхдагч судалгаагаар дагалдан гарч ирж байгаа элементийн нэгдлийг дараах байдлаар тогтоожээ. 1000 м³/цаг урсгалтай уусмалд 10 мг/л молибден, 0,2 мг/л рени, 0,3 мг/л сканди, 10мг/л селен, 40-50 мг/л ванади, 10 мг/л газрын ховор элемент агуулагдаж байв (1990). Эдгээр өгөгдлийн дагуу, рени, сканди, газрын ховор элементүүд болон молибденыг ГДУО үед гарган авах боломжтой гэж үзэж болно. Эдгээр металллуудыг хагас үйлдвэрлэлийн туршилт хийх замаар гарган авна. Селенийн хэрэгцээ өсч байгаатай холбогдуулан түүний олборлолт илүү боломжтой болж байна. 5.2 хүснэгтэд ураны уусмал дахь дээрх элементүүдийн дундаж агууламж ба тохирох төрлийн ион солилцооны давирхайг харуулжээ.

Хүснэгт 5.2. Хүхрийн хүчлээр ураныг ГДУО технологиор олборлоход дагалдах элементүүд

Элементүүд	Уусмал дахь дундаж агууламж, мг/л	Гарган авч болох агууламж, мг/л *	Шингээгчийг орчин
Рени	0.2-0.5	0.2	AMP(AM,AM _p) дагалдах шингээгч “”
Молибден	10-40	10	
Селен	0-50-60	10	Thiovirole дахь салангид шингээгч
Ванади	10-40	40-50	
Сканди	0.15-0.6	0.3	VPK дахь салангид шингээгч
Иттри	15-аас их	10	Ampholite AFI-21, AFI-22 “”
Газрын ховор элементүүд	10-40	10	“”

* 1000 м³/цаг урсгалтай дурын уусмал 1990 оноос

Ураны уусмалаас гарган авах арга технологийг сайжруулснаар ванадийн олборлолтыг ихэсгэж болно. Мөн бусад төмрийн бус ба газрын ховор элементүүдийн хувьд ч боломжтой юм.

5.3. Тархалтын судалгаа, хүдэр болон агуулагч чулуулаг дахь газрын ховор элементийн агууламж

Газрын дор уусган олборлох үед дагалдан гарч ирэх элементүүдийг ерөнхийд нь геологийн тогтцоор холбогдсон (рени, молибден, селен, ванади), уусмалд хуримтлагдсан (сканди, иттри, лантани) гэж хоёр бүлэг болгон хуваадаг. 1-р бүлгийн элементүүд нь эпиженетикийн процессын турш урантай хамт хуримтлагддаг бөгөөд 2-р группын элементүүд нь нөөцийн болон тархалтын нарийвчилсан судалгааг илүү шаарддаг байна. Эдгээр судалгаагаар системтэй бүлэг дээжлэлт хийдэг. Ураны ордын литологи болон геохимийн бүсжилт, элементийн тархалт зэргийг харгалзан хүдрийн ангилал, хэлбэрээс дээж авна. Энэ нь бүх хүдрийн заагт туршилт хийхэд үр дүнтэй биш байдаг.

Уусгалтын уусмалыг оруулан хүдрийн давхаргын бүрэн ашигтай зузааныг тодоорхойлдог. Холбогдох элементүүд нь урантай хамт дагалдан гарч ирсний дараа тэдний судлагдсан нөөцийг тогтоодог. Холбогдох элементүүдийн тодоорхой хэмжээний хуримтлалтай тухайн талбайдхэрэв боломжит хэмжээ бүхий нэгдлийн сонгомол олборлолт нь уусгалтгүй хийгдсэн бол хүдрийн биетийн нарийвчилсан сорил хийх нь үр дүнгүй байдаг. Энэ тохиолдолд судалгааны үр дүнд дагалдан гарч ирсэн элементүүд нь үндсэн бүтээгдэхүүн болдог ба туршилт болон нөөцийн үнэлгээ нь бүр мөсөн өөрчлөгддөг.

2-р бүлгийн элементүүд нь хүдэр болон чулуулагт тархсан хэлбэртэй байна. Дагалдах элементүүдийн агууламж бага байдаг учраас энэ бүлэгт өөр тооцооны аргууд боловсруулагдсан байдаг. Массын туршилт хийх болон тусгай хүдрийн биет сонгох нь үр дүнгүй байдаг. Хүдэр болон хүрээлэгч чулуулагт байгаа эдгээр металлын тархалт болон хуримтлал нь минералоги ба геохимийн төрх байдал алдагдсан эсэхээр үнэлэгддэг. Эдгээр элементийн нөөц нь тийм ч ашигтай биш байдаг. Уусмалаас гарган авах газрын ховор элементийн нөөцийг тодоорхойлох нь их чухал байдаг.

Гарган авах нөөцийг тодоорхойлох хамгийн сайн арга бол лабораторийн геохимийн туршилт, мөн газар дээр нь судалгаа хийх буюу газрын ховор элементүүрийг уусгах арга юм. Энэ туршилт нь хүдрийн шингээгч чанар, литологи, эпиженетикийн бүсийн элементийн шинж чанар зэргийг судладаг минералоги болон геохимийн хэсэгт хийгдэх хэрэгтэй. Туршилт нь зөвхөн уусмалаас гарган авах нөөцийг тогтоодог учраас уусгалтын өмнө ба дараа нь хатуу дээжийг шинжлэх шаардлагагүй байдаг. Ийхүү шинжилгээний тоо цөөрснөөр шинжилгээ илүү хялбар болох ба ингэснээр шинжилгээний чанар болон цаашдын судалгаанд илүү их анхаарах боломжтой болдог.

Түгээмэл элементүүдийн туршилтын үед тэдгээр нь ураны уусмалд хэсэгчлэн уусдаг, тэсвэртэй эрдсүүдийн уусалтыг хязгаарладаг. Уусгалт нь хүчлийн уусмалын бүрэн хугацааны турш удаан бас тасралтгүй явагдана. Сулруулаагүй хүчил, халуун уусмал зэрэг илүү их хүчтэй уусгагч хэрэглэснээр эрдсийн эвдрэл ихсэхэд хугацаа буурч болно.

Зарим ордын хувьд гурван фазын нуман плазмын арга, хагас дамжуулагч бүхий шинжилгээний арга ашиглан уусмалын хуурай үлдэгдэл дэх газрын

ховор элементийн агууламжийг тодоорхойлдог. Энэ туршилт нь 2 хэсгээс тогтоно. 1-д цууны хүчлийн аммонноор тогтворгүй хэлбэрт оруулна. 2-т 10 %-ийн халуун хлорын хүчилд 1 цаг орчим байлгана.

Хүснэгт 5.3-т микро-туршилтын ерөнхий үр дүн, дээжийн ангилал, геохимийн бүсийг үзүүлэв. Ерөнхийдөө лабораторийн уусгалтын үр дүнтэй тохирч байгаа юм. Хүдрийн биет, блок, геохимийн бүсээс гарган авах нөөцийн тархалтыг судлахад одоо болтол илүү нарийвчлал сайтай шинжилгээний арга шаардлагатай байсаар байна.

Микро-туршилтын арга нь тухайн ордод тодоорхой дэвшлийг шаарддаг боловч газрын дор уусгах төсөл хэрэгцээтэй хэвээр байна. Энэ нь ихэнх боломжит агууламжтай нэгдлийг тогтоох анхдагч шаардлагатай үр дүнг бага хүчээр шуурхай гаргадаг давуу талтай. Энэ мэт боломжит агууламжтай дагалдагч элементүүдийн үнэлгээ нь хүдэр болон уусмалын агууламжийн зэрэг бүх элементийн олборлолтоос дифференциалаар хамаарна. Хэмжилт нь холимог ордоос металл гарган авах хамгийн оновчтой арга замыг тодоорхойлоход тус болох үр дүнг олж авахад хэрэглэгчдэд тусладаг.

Хүснэгт 5.3. Элсэн чулуун ордын ГДУО 2 блокийн өрмийн голын дээж дэх газрын ховор элементийн хүчлээр олборлогдохуйц хэмжээ, г/т

Элем ент	Саарал элс					Исэлдсэн элс				Дунд аж, элсэн д	Алер вит хөрс
	fg	mg	cg	Сорт - логд оо- гүй	Дунд аж	fg	Mg	Cg	Дунд аж		
Дээжи йн ду- гаар	55	26	13	4	98	9	13	7	29	127	27
Sc	0.16	0.11	0.12	0.16	0.14	0.13	0.11	0.17	0.13	0.14	1.17
Y	2.11	1.07	2.14	2.24	2.11	2.8	1.67	4.94	2.61	2.27	4.63
Yb	0.16	0.12	0.15	0.14	0.15	0.13	0.12	0.18	0.14	0.15	0.25
La	9.37	9.56	7.53	15.1	9.41	20.8	6.19	13.1	12.43	10.1	13.2
Ce	12.5	12.9	8.59	5	11.33	8	8.24	4	12.15	11.52	4
V	9	4.36	2.78	17.7	3.76	18.4	0.85	11.3	1.8	3.32	18.8
Be	3.3	0.28	0.3	5	0.32	4	0.46	1	0.42	0.34	3
	0.33			9.45		3.87		0.9			9.54
				0.45		0.48		0.29			1.78

fg-ширхэглэл сайтай

mg-дунд зэргийн ширхэглэлтэй

cg -том ширхэглэлтэй

5.4. Дагалдагч бүтээгдэхүүнийг олборлох эдийн засгийн хөгжил

Лабораторийн туршилтаар молибден, рени элементүүд нь уусгалтын урвалжаар сайн ялгардаг ба хоёулаа хүхрийн хүчлийн болон карбонатын процессор явагддаг. Рени, молибденийн олборлолтыг 70-90% болтол ихэсгэхийн тулд уусмал руу исэлдүүлэгч нэмж өгдөг. Ихэнх тохиолдолд рени нь уранаас түрүүлж уусдаг. Ренийн блансын тооцоо нь талбай дээр хийгддэг (ажиглалтын цооногийн туршилтаар), олборлолт 50%. Бага гарцтай ренийн хувьд лабораторийн туршилтын үр дүнтэй харьцуулахад хангалтгүй исэлдүүлэгч бүхий уусмалтай холбоотой. Молибден ба рени нь урантай давирхайд наалддаг.

Сканди, тори, газрын ховор элементүүд нь үнэндээ карбонатын процессоор олборлогддоггүй. Эдгээр элементүүд нь хүхрийн хүчлийн уусмалд хэсэгчлэн уусдаг. Лабораторийн туршилтаар сканди, итритэй холбогдсон ураны олборлолт нь хүчиллэг уусмалаар тодоорхойлогддог. Уусмалын рН-ийн хэмжээ 2.0-оос доош байхад скандийн агууламж нь өсч байгаа нь ажиглагдсан. Уусмалын рН 0.2-оос их байхад скандийн агууламж хамгийн их буюу 3.2мг/л болсон. Хөнгөн цагааны хамгийн их агууламж 920мг/л болсон. Скандигийн хамгийн их олборлолт 7.5-30%. Өндөр агууламжтай хүчил, өндөр температур, урт хугацаа, хайлуур хүчил нэмэх зэрэгт скандигийн металл авалт 25-30%-аар өссөн. Лабораторийн туршилтын скандигийн үр дүн 0.2-7мг/л гэж баталсан. Сканди, иттри агуулсан хүхрийн хүчлийн уусмалын урсгал нь цэвэр хүдэртэй холилдон эдгээр элементийн тундасжих шалтгаан болдог. Тиймээс уусмалын рН-ийг бууруулснаар уусмал дахь сканди, иттрийн агууламжийг хамгийн их болгож байна. Дахин тунадасжсан скандигийн уусмал нь хоёр үе шатаар хийгдэх буюу хоёр удаа гидролизод орно. Хоёр дахь үе шат нь төмрийн хэт ислээр дахин тунадасжих ба уусалт муутай байдаг. Эдгээр судалгаа нь төрөл бүрийн резин ашиглан уусмалаас сканди, иттри болон газрын ховор элементийг гарган авах процессыг судалж байна.

Товчхондоо, ураны уусгалтын уусмалаас рени, сканди, иттри, газрын ховор элемент, молибден, ванади, болон селенийн боломжит ашигтай агууламжийг гарган авахад үндэслэсэн эрдэм шинжилгээний судалгаа бий болсон гэж үзэж болно. Дагалдан гарч ирж буй бүтээгдэхүүний үндсэн эдийн засгийн төлөвлөгөөнд хэрэгжиж байгаа боловч явцын дунд бүтээгдэхүүний ашгийг бууруулах гэнэтийн хүндрэлүүд гарч байсан.

ХАВСРАЛТ 5-ЫН НОМ ЗҮЙ

SECHEVITSA, A.M., KOROLEV, Y.I., BOBROVA, L.V., et al., Methodological Recommendations on Foundation of Indices for Complex Utilization of Minerals in

Exploration and Evaluation of Non-Ferrous Metal Deposits, M., VIEMS (1984).

SECHEVITSA, A.M., Geological Production Evaluation of Associated Minerals in Complex Ore Deposits, M., Nedra (1987).

SKOROVAROV, J.I., FAZLULLIN, M.I., In-Situ Leaching Method for Complex Recovery of Associated Components when Working Hydrogenous Deposits: Symposium of Mining

Industries Scientists, Pshibram (1990).