

Устөрөгчийн Эрчим Хүчийг Монголд Хөгжүүлэх Асуудалд

Н.Норов,* С.Одмаа, Т.Жамьянсүрэн, Г.Энхбаатар, М. Энхбаатар, О.Чимэдцэрэн

МУИС, Цөмийн физикийн судалгааны төв

Манай улсад харьцангуй цэвэр байгалийн хийн нөөц илрээгүй, эрчим хүчний үндсэн нөөц нь нүүрс, уран тул цөмийн эрчим хүчний өндөр температурын хийн реактор ашиглан цахилгаан эрчим хүч болон нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэж экологийн үнэмлэхүй цэвэр устөрөгчийн эрчим хүчийг ойрын ирээдүйд хөгжүүлэх асуудлыг энэхүү ажлаар дэвшүүлэн тавив.

Түлхүүр үг: Устөрөгчийн эрчим хүч, түлшний элемент, өндөр температурын хийн хөргүүрт реактор.

I. УДИРТГАЛ

Франц улсын нийслэл Парис хотод 2015 оны 11-р сарын сүүлчээр болсон хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг багасгах, дэлхийн цаг уурын өөрчлөлтийг сааруулах олон улсын хурлаар дэлхийн 195 улс уур амьсгалын өөрчлөлттэй тэмцэх “Парисын хэлэлцээр” байгуулж, хүлэмжийн хийн ялгаруулалтыг бууруулж, дэлхийн дулаарлын хэмжээг цельсийн 2 хэмээс доош түвшинд хязгаарлахад бүх улс орон бүхий л хүчин чармайлтаа дайчлах талаар онцлон тусгажээ. Өндөр хөгжилтэй АНУ, Япон хоёр гадаадын нүүрсээр ажилладаг цахилгаан станцыг санхүүжүүлэхгүй гэдэг шийдвэр гаргалаа. Дэлхий дахины хүлэмжийн хийн татвар буй болгох хандлагатай байна [1].

Дэлхий дахиныг хамарсан дулаарлаас шалтгаалж АНУ, БНХАУ зэрэг нүүрсний нөөц ихтэй улсууд нүүрс шууд шатаадаг цахилгаан станцууд барихаас татгалзаж эхлээд байна. Манай хойд хөрш ОХУ Европ, Ойрх Дорнод, Ази-Номхон далайн 12 оронд цөмийн 30 реактор барихаар захиалга аваад байна. Урд хөрш БНХАУ 2030 он гэхэд 110 реактор барихаар төлөвлөн ажиллаж байна [2].

Хөгжилтэй болон хөгжиж буй орнууд дэлхий дахиныг хамарсан дулаарлыг бий болгодог хүлэмжийн нүүрсхүчлийн хий CO_2 -г ялгаруулдаггүй, зөвхөн усны уур гаргах экологийн үнэмлэхүй цэвэр устөрөгчийн эрчим хүчийг хөгжүүлэх үндэсний хөтөлбөр боловсруулан эрчимтэй хэрэгжүүлж байна. АНУ 2003 онд “Устөрөгчийн ирээдүйн тухай” хууль баталсан, Япон улс 2020 он хүртэл 4 миллиард доллар зарцуулах устөрөгчийн хөтөлбөр амжилттай хэрэгжүүлж устөрөгчийн хөдөлгүүртэй 10 мянган автомашин зах зээлд гаргаж байна. Японы “Тоёота”, “Хонда”, “Ниссан”, “Мицубиши моторс”, “Судзуки” болон АНУ-ын “Женерал моторс”, “Даймлер Крайслер” зэрэг томоохон автомашин үйлдэрлэгчид устөрөгчийг гарган авах янз

бүрийн арга ашигласан шатахууны станцын төсөлд хамтран ажиллаж байна [3]. Өмнөд солонгос улсын худалдаа, аж үйлдвэр, эдийн засгийн яам 2040 он хүртэл устөрөгчийн эдийн засаг байгуулах төлөвлөгөө 2005 онд баталж, 2040 онд ДНБ-ийн 8%-ийг устөрөгчийн технологийн тусламжтай үйлдвэрлэхээр тусгажээ. Энэтхэг улс 2005 онд “Устөрөгчийн эрчим хүчний үндэсний төлөвлөгөө” боловсруулж 2020 он хүртэл 5.6 тэрбум долларын хөрөнгө оруулалт хийхээр төлөвлөсөн бөгөөд 2020 он гэхэд 1 сая автотээврийн хэрэгсэл замд гарч, 1000 МВт чадалтай устөрөгчийн цахилгаан станц байгуулах ажээ. Ийнхүү устөрөгчийн эрчим хүчний дэлхийн хөгжлийн хандлага нь [4, 5]:

- 2020 онд өрсөлдөх чадвартай устөрөгчийн автомашин, 2030 онд устөрөгчийн удаан хадгалах төхөөрөмж гарч, гэрийн түлшний элементээр цахилгаан үйлдвэрлэх болно.
- 2040 онд устөрөгчийн эрчим хүч зонхилох,
- 2050 онд устөрөгчийн нисэх онгоц бий болох төлөвтэй байна.

Манай улс ч гэсэн эрчим хүчний энэ альтернатив чиглэлийг сонгон хөгжүүлж, дэлхийн тэргүүлэх орнуудын хөгжлийг угтаж гүйцэх боломжтой.

Манай улс байгалийн хийн нөөцгүй тул нүүрсээ гүн боловсруулан устөрөгч үйлдвэрлэж эрчим хүч, автомашин, газрын тос боловсруулах, хими, хүнсний үйлдвэрийг хангах болон ураны нөөцөө ашигласан ногоон хөгжлийн бодлогыг төгс шийдэх шаардлага гарч байна. Дэлхий нийтээр устөрөгчийн эрчим хүч буюу устөрөгчийн эдийн засагт шилжиж байгаа үйл явдалтай мөр зэрэгцэн орох нь цаг хугацаа хэмнэж, эдийн засгийн алдагдалтай, экологийн хортой, түүхий нүүрсний эдийн засгаас устөрөгчийн эдийн засагт шилжих боломж олдох юм. Устөрөгчийн түлшний элемент бүхий автомашины цэнэглэх станц болон цахилгаан, дулаан хангамжийн зориулалттай станцийг хангах устөрөгчийн үйлдвэрлэл, тээвэрлэлт,

* Electronic address: norov@num.edu.mn

хадгалалт, хэрэглээний дэд бүтцийг хөгжүүлэх шаардлага гарч байна.

Цөмийн энерги ашиглан үйлдвэрлэх 1 кг устөрөгчийн үнэ 2.3 \$ байхад цахилгаан эрчим хүчний сүлжээний цахилгаан ашиглан усны электролизийн аргаар үйлдвэрлэх 1 кг устөрөгчийн үнэ 6-7 \$, ирээдүйд 4 \$ болж буурах, нарны цахилгаан станц ашиглан үйлдвэрлэх 1 кг устөрөгчийн үнэ 10-30 \$, ирээдүйд 3-4 \$ болж буурах төлөвтэй байна.

Цахилгаан эрчим хүч ашиглан усыг электролизийн аргаар задалж устөрөгч үйлдвэрлэхийг бодвол нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэх нь хямд байна. Иймээс нүүрсний нөөцтэй манай улс цөмийн реактороос их температуртай гарах гелийн хийгээр нүүрсний уурын хувиргалт хийж устөрөгч үйлдвэрлэх нь чухал.

II. УСТӨРӨГЧИЙН ЭРЧИМ ХҮЧ

Устөрөгчийн эрчим хүч нь цөмийн болон нарны энергийг ашиглан ус, нүүрс зэрэг устөрөгч агуулсан байгалийн түүхий эдээс устөрөгч гарган авах, түүнийг хадгалах, түлш болгон ашиглах, энерги дамжуулах технологиудын цогцолбор юм. Монгол улсын хувьд устөрөгчийн эрчим хүчийг хөгжүүлэх дараах үндэслэлүүд байна. Үүнд:

- Нэгдүгээрт, өнөөдөр даян дэлхий шинэ технологийн хэв маягийн босго дээр байна. Одоогийн эдийн засаг, техникийн тэргүүлэгч орнууд устөрөгчийн эрчим хүч хөгжүүлэх үндэсний хөтөлбөр боловсруулан ажиллаж байна. Манай улс ч гэсэн эрчим хүчний энэ альтернатив чиглэлийг сонгон хөгжүүлж, дэлхийн тэргүүлэх орнуудын хөгжлийг угтаж гүйцэх боломж;
- Хоёрдугаарт, бидэнд өөр сонголт байхгүй. Өнөөдрийн манай улсын эдийн засгийн алдагдалтай, экологийн хор хөнөөлтэй түүхий нүүрсний эдийн засгийг газрын тос, хийн импортын хамаарлыг бууруулах устөрөгчийн технологи ашигласан экологийн үнэмлэхүй цэвэр устөрөгчийн эдийн засагт ойрын ирээдүйд шилжүүлэх шаардлага;
- Манай улсад устөрөгчийн түлшний элементийн гол түүхий эд болох паллади (Pd), цагаан алт (Pt)-ын нөөц илрэх магадлалтай.

Устөрөгч альтернатив энерги зөөгч, түгээмэл түлш болох нь дараах учир шалтгаантай. Үүнд:

- **Нэгдүгээрт**, устөрөгч дулаан ялгаруулах чадамж ихтэй: 1 кг устөрөгчийг шатаахад 120 МЖ дулааны энерги гарган авах бол харин 1 кг бензин шатаахад зөвхөн 47 МЖ,

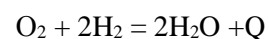
1кг Багануурын нүүрс шатаахад 14 МЖ дулааны энерги ялгарна;

- **Хоёрдугаарт**, түлшний элементийн АҮК цахилгааны энерги үйлдвэрлэхэд 75% хүрнэ. Мөн дулаан ялгарахыг тооцвол түлшний элементтэй системийн нийт АҮК 90-95 % болно. Дулааны цахилгаан станцын АҮК - 40%, цөмийн цахилгаан станцын АҮК - 33% байдаг;
- **Гуравдугаарт**, устөрөгч орчлон ертөнц, Дэлхий дээр хамгийн их тархсан элемент;
- **Дөрөвдүгээрт**, устөрөгчийн түлшний элемент экологийн цэвэр. Устөрөгч шатах үед цэвэр ус ялгарах ба ямар нэг хортой хаягдал агаар мандалд хаягдахгүй.
- **Тавдугаарт**, устөрөгчийг дамжуулах хоолойгоор харьцангуй хялбар тээвэрлэх, мөн хадгалах, хуримтлуулах (хий буюу шингэн төлөвт) боломжтой. Устөрөгчийг дамжуулах үндсэн хоолойгоор тээвэрлэх нь цахилгаан дамжуулахаас 3-5 дахин бага зардалтай.
- **Зургадугаарт**, Түлшний элементийг өргөн ашиглах нь өндөр өртөгтэй цахилгаан дамжуулах шугамаас хамааралгүй болгоно.
- **Долоодугаарт**, устөрөгчийг эрчим хүчинд зөвхөн энерги зөөгчөөр ашиглагдах биш металлурги, химийн болон нефть-химийн үйлдвэр зэрэг үйлдвэрийн бусад салбарт өргөн хэрэглэгдэнэ.

Устөрөгч нь ашиглалтын дутагдалтай талуудтай. Ердийн нөхцөлд устөрөгчийн нягт маш бага – 0.09 кг/м³. Энэ нь байгалийн хийн нягтаас 8 дахин бага, шингэн устөрөгчийн нягт бага 70 кг/м³, буцлах температур бас бага 20 °К байдаг. Устөрөгчийн агуулалтын маш өргөн мужид агаартай тэсрэх аюултай хольц (хольц дахь устөрөгчийн эзлэхүүний агуулалт 4 %-оос 75 % хүртэл) үүснэ. Агаарын даралтын үед устөрөгчийг шингэрүүлэхэд маш нам температур (-252 °С) шаардлагатай. Иймд устөрөгчийг шингэрүүлэхийн тулд энерги их зарцуулагдах ба харин түүнийг үнэтэй, нарийн хийцтэй криостатад хадгална.

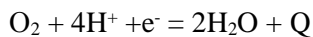
Устөрөгчийг дотоод шаталтат хөдөлгүүр, дулааны цахилгаан станцын зууханд шууд шатааж болох ба мөн түлшний элементийн тусламжтай шатаана.

Устөрөгчийг шууд шатаах үед шатах химийн урвалын үр дүнд ус үүснэ:



Түлшний элемент нь *цахилгаан химийн урвалын энергийг цахилгаан энергид шууд хувиргадаг* төхөөрөмж юм. Түлшний элементийн катод дээр

гаднаас өгөх хүчилтөрөгч ба мембранаар нэвтрэх протоноос ус үүсэх урвалыг катод дээр катализаторын оролцоотой гүйдэл үүсгэх электронууд явуулах боломжийг олгоно:



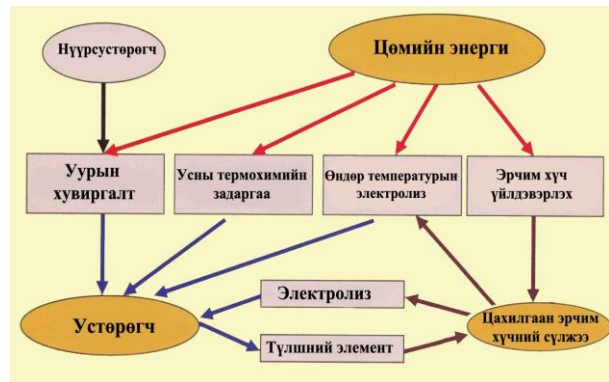
Үүнд: Q-урвалын дулааны эффект.

Ийнхүү устөрөгчийг шууд шатаасан ч, устөрөгчийн түлшний элементэд ашигласан ч агаар мандалд ус л хаягдах учраас устөрөгчийн эрчим хүч байгаль орчинд үнэмлэхүй цэвэр эрчим хүч юм.

III. ЦӨМИЙН ЭНЕРГИ АШИГЛАСАН УСТӨРӨГЧИЙН ҮЙЛДВЭРЛЭЛ

Өнөөдөр дэлхий даяар эцсийн эцэст газрын тос, байгалийн хийг халах альтернатив түлшийг хайх ажил хийгдэж байна. Эрчим хүчний салбарт энэ нь уран, тори, бага хаягдал гарах шинэ аргаар шатаах нүүрс, био түлш байж болох юм. Гэвч эдгээр түлшийг ашигласан тээврийн хэрэгслийн хөдөлгүүр харьцангуй том хэмжээтэй болдог нь тэдгээр түлшийг тээвэрт ашиглахад хүндрэл учруулна. Иймээс автобензин, дизелийн түлшийг орлох хамгийн ирээдүйтэй түлш бол машины яндангаар зөвхөн усны уур гарах устөрөгчийн түлш байж болох юм. Устөрөгчийн илчлэг бензиныхээс бараг 4 дахин их байдаг. Одоо устөрөгчийг ихэвчлэн химийн, нефть-химийн аж үйлдвэрийн хэрэгцээнд зориулж усны электролизийн аргаар үйлдвэрлэж байна. Энэ аргаар үйлдвэрлэсэн устөрөгч маш үнэтэй байдаг. Харин өндөр температурын цөмийн реакторын дулааны энергийг ашиглан аж үйлдвэрийн цар хэмжээтэй устөрөгч үйлдвэрлэж болно. Ийм реакторын орчин үеийн төсөл нь устөрөгчийн түлшний өөрийн өртгийг бензиний үнэ, магадгүй түүнээс доод түвшинд хүргэхээр зорьж байна. Цөмийн энерги ашиглан устөрөгч үйлдвэрлэх бүдүүвчийг 1-р зурагт харуулав.

Өндөр температуртай гелийн хөргүүртэй реактор нь байгаль орчинд ээлтэй, түгээмэл хэрэглээтэй цөмийн эрчим хүчний цоо шинэ эх үүсвэр болох юм. Түүний хосгүй онцлог нь 1000 °C хүртэл температуртай дулаан үйлдвэрлэх чадамж, мөн аюулгүй байдлыг өндөр түвшинд хангасан нь химийн, нефтийн, төмөрлөгийн үйлдвэрийн янз бүрийн салбарт үйлдвэрлэлийн технологийг дулаанаар хангах, цахилгаан эрчим хүч өндөр АҮК-той үйлдвэрлэх, устөрөгчийн түлшийг эдийн засгийн үр ашигтай үйлдвэрлэх зэрэгт зориулж энэ реакторыг ашиглах өргөн боломжоор тодорхойлогдоно.



Зураг 1. Цөмийн энерги ашиглаж устөрөгч үйлдвэрлэх бүдүүвч.

Өндөр температурын хийн хөргүүртэй реактор нь цөмийн эрчим хүчийг ашиглах хүрээг өргөжүүлж байна. Үүнд:

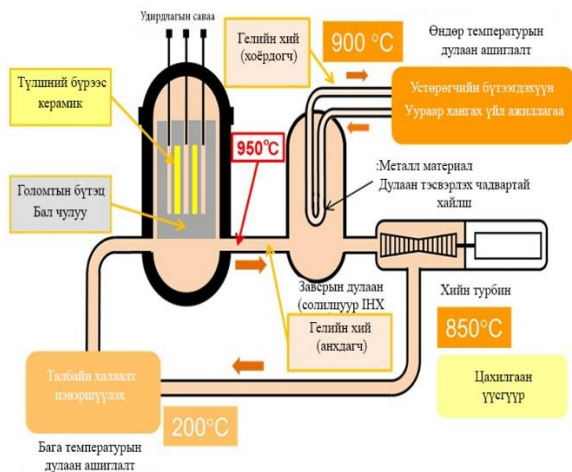
- цахилгаан эрчим хүч ба ахуйн хэрэглээний дулаан, газрын тос боловсруулах,
- нефть-химийн үйлдвэрлэл, нүүрснээс синтетик шингэн түлшний үйлдвэрлэл,
- устөрөгчийн үйлдвэрлэл,
- баяжуулсан уран, эрчим хүчний буюу зэвсгийн плутони ашиглах МОХ түлш, уран,
- торийн түлш бүхий голомтын хийц өөрчлөхгүй түлшний циклийн уян хатан байдал;
- реакторын модуль үзэл баримтлал нь эрчим хүчний эх үүсвэрийг хэрэглэгчид ойр байрлуулах боломж олгоно;
- реакторын төхөөрөмж, цөмийн станцын аюулгүйн байдлын системийн тоо хамгийн бага байдаг нь хөрөнгө оруулалт, ашиглалтын зардлыг бууруулах урьдчилсан нөхцөл бий болгоно;
- түлшийг гүн шатаах нь реактороос гарах ашигласан түлшийг дахин боловсруулалт хийлгүй булшлах боломжтой;
- реакторын дулааны энергийг ашиглах коэффициент өндөртэй учраас хүрээлэн буй орчинд дулааны нөлөө багатай.

Эдгээр онцлогууд нь реакторын хийцийн технологийн дараах шийдлүүдтэй холбоотой. Үүнд:

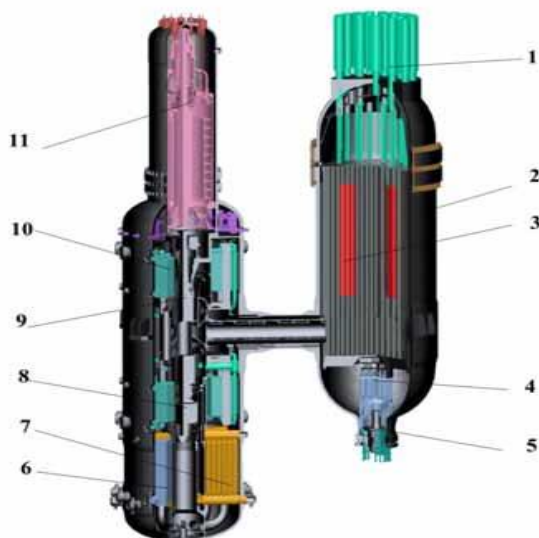
- ✓ керамик микробөөм дээр суурилагдсан халуунд тэсвэртэй призм болон үрлэн түлшний тусгай хийц;
- ✓ бүтээц материалаар балчулуу, нүүрсустөрөгч, нүүрсустөрөгчийн зохиомж ашигласан;
- ✓ дулаан зөөгчөөр идэвхгүй инертийн хий гелий ашигласан;
- ✓ ямар нэг ослын үед тогтвортой реакторын тусгай бүтээцтэй гэх мэт.

Гелий хийн хөргүүртэй GT-MHR (GasTurbine-Modular Helium Reactor) реактораас гарах 900 °C температуртай гелийн хийг завсрын дулаан солилцуураас устөрөгч үйлдвэрлэхэд

ашиглах бүдүүвчийг 2- р зурагт, ийм реакторын хийцийг 3-р зурагт, цөмийн түлшний технологийг 4-р зурагт тус тус харуулав [6, 7].



Зураг 2. Өндөр температурын призм түлштэй реакторын хөргүүрийн систем.

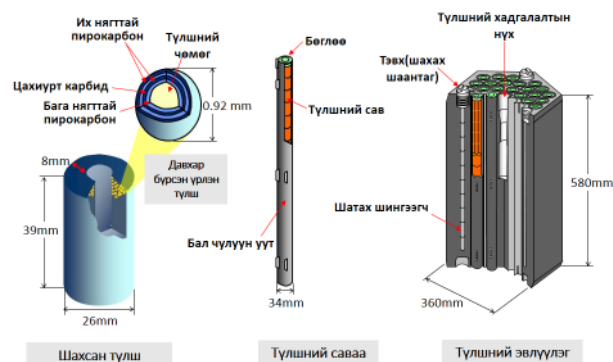


Зураг 3. Өндөр температурын хийн хөргүүртэй, призм түлштэй GT-MHR реактор: 1-удирдлага, хамгаалалтын систем, 2-реакторын их бие, 3-реакторын голомт, 4-унтраасан реакторын хөргүүрийн дулаан солццуур, 5-унтраасан реакторын хөргүүрийн системийн хий үлээгч, 6-завсрын хөргүүр, 7-урьдчилсан хөргүүр, 8-өндөр даралтын компрессор, 9-турбин, 10-рекуператор, 11-генератор.

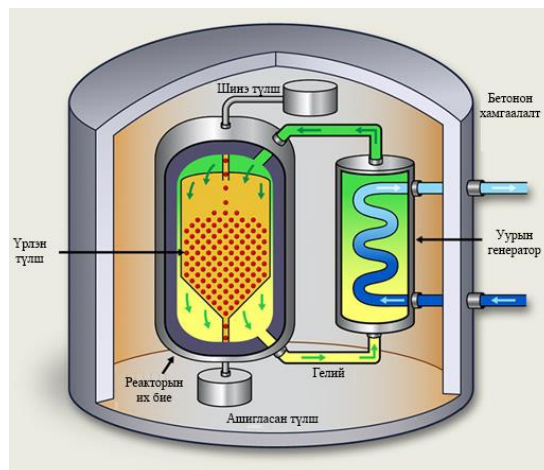
Хэдийгээр бидний авч үзсэн призм түлштэй өндөр температурын хийн реактор гэх мэт өөр загварууд байдаг ч гэлээ PBMR (Pebble-bed modular reactor) нь өнөөдрийн байдлаар дэлхий түвшинд хүлээн зөвшөөрөгдөөд байгаа дэвшилтэт өндөр температурын реактор юм. Герман улсын Засгийн газар 1990 онд өндөр температурын реакторыг хөгжүүлэх хөтөлбөр (Siemens, ABB)-ийг зогсоох шийдвэр гаргасан нь Өмнөд Африкийн (Eskom, PBMR Co компани) хувьд түүхэн боломж нээгджээ. Техникийн лицензийг Areva (Siemens-т зориулж), Westinghouse (ABB-д зориулж) эзэмшдэг.

Үрлэн түлштэй PBMR реакторын өрсөлдөх давуу талууд:

- Дотоод аюулгүй байдал (реакторын голомт хайлах осол гарах боломжгүй),
- Бага талбай эзэлдэг,
- Өндөр бүтээмж (> 44% АҮК),
- Реакторыг зогсоохгүй дахин цэнэглэх,
- Байгаль орчинд үзүүлэх нөлөөлөл бага,
- Угсралтын хугацаа богино,
- Угсралтын үеийн өртөг бага,
- Бага овортой тул тараан байршуулах боломжтой,
- Модуль нэмэх замаар хүчин чадлыг өсгөх боломжтой,
- PBMR нь чадлаа сэлгэх горим (маневэрлэх)-д ажиллана,
- PBMR-г өндөр температурын дулаан үйлдвэрлэхэд хэрэглэнэ,
- PBMR нь ердийн ашиглалтын үед харьцангуй бага хэмжээний ус шаардагдана,
- PBMR реакторын системийг хэрэглэгчийн ойр байрлуулах боломжтой.



Зураг 4. Гелийн хийн хөргүүртэй реакторын призм түлшний хийц



Зураг 5. PBMR реакторын системийн бүдүүвч.

IV. МОНГОЛ УЛСЫН УСТӨРӨГЧИЙН ХЭРЭГЦЭЭ

Дэлхийн устөрөгчийн үйлдвэрлэлийн 77% (ОХУ-д 90%)-ийг байгалийн хий, газрын тосны бүтээгдэхүүний уурын катализын хувиргалтаар, 18%-ийг нүүрсийг уурын риформингээр, 4%-ийг усан уусмалын электролизээр, 1%-ийг өөр эх үүсвэрээс гарган авч байна. АНУ өнөөдөр $6.5 \cdot 10^{10}$ м³ буюу 5.4 сая тонн устөрөгч үйлдвэрлэж байна.

Ийнхүү өнөө үед устөрөгчийн дэлхийн үйлдвэрлэл гол төлөв байгалийн хийг уураар хувиргахад (конверси) үндэслэж байгаа бөгөөд мөн устөрөгчийг гарган авахад байгалийн хий, газрын тосноос гадна нүүрсийг өргөн ашиглах болж байна (уурын риформинг). Байгалийн хийн нөөцгүй манай орны хувьд нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэх асуудал урган гарч байгаа бөгөөд устөрөгч үйлдвэрлэхэд нүүрс ашиглах хэд хэдэн шинэ технологийн процесс байна. Үүнд:

- Катализаторын оролцоотой уурын риформинг;
- Төмөр, металлын исэлдэх завсрын үе шатыг багтаасан дараа нь ислийг нүүрсээр ангижруулах процесс;
- Ионны(O⁻) дамжуулалттай мембран-электролитууд (жишээ нь ZrO₂-M_xO_y)-ыг хэрэглэх өндөр температурын процесс гэх мэт.

Хүснэгт 1. Эрчим хүчний төхөөрөмжүүдийн хөрөнгө оруулалт, өөрийн өртөг

Үйлдвэрлэлийн технологи	Хувийн хөрөнгө оруулалт, долл/кВт			Үйлдвэрлэлийн өөрийн өртөг, цент/кВт·цаг		
	2005 он	2030 он	2050 он	2005 он	2030 он	2050 он
Түлшний элемент бүхий эрчим хүчний төхөөрөмж	3000-10000	500-1000	300-500	2-3(4-5)	2-3(4-5)	2-3(4-5)
Нүүрсний дулааны цахилгаан станц	1500-2500	1000-1150	-/-	-/-	3.5-4(8-12)	3.5-4(8-12)
Цөмийн цахилгаан станц	1500-2500	1500-2500	-/-	-/-	4-5(8-12)	4-5(8-12)
Биомасс	1000-2500	950-1900	900-1800	3.1-11	3-9.6	2.9-9.4
Геотермаль цахилгаан станц	1700-5700	1500-5000	1400-4900	3-9.7	3-8.7	2.9-8.4
Бага оврын усан цахилгаан станц	2500	2200	2000	5.6	5.2	4.9
Нарны фотоцахилгаан	3750-3850	1400-1500	1000-1100	17.8-54.2	7-32.5	6-29
Нарны термоцахилгаан	2000-2300	1700-1900	1600-1800	10.5-23	8.7-19	6-17.5
Эх дэлхийн салхин станц	900-1100	800-900	750-900	4.2-2.2	3.6-2.1	3.5-2.1
Далайн салхин станц	1500-2500	1500-1900	1400-1800	6.6-21.7	6.2-18.4	6-18

Хүрэн нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэх энергийн эх үүсвэрт цөмийн станцаас гарах 850 °C температуртай гарах гелийн хийг ашиглана. Энэ процесс хоёр үе шаттай явагдана. Эхлээд нүүрсийг хийжүүлнэ (исэлдүүлнэ): $C + 1/2O_2 = CO$, дараа нь нүүрстөрөгчийн оксидыг нүүрстөрөгчийн диоксид хүртэл усаар исэлдүүлж $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ устөрөгч гарган авна. Жишээ нь Багануурын нүүрснээс үйлдвэрлэсэн устөрөгчийг дулаан дамжуулах хоолойгоор тээвэрлэн Улаанбаатар хотын дулаан хангамжийг шийдэх, устөрөгчийн түлшний элемент бүхий автомашиныг цэнэглэх станцуудыг устөрөгчөөр хангах болно.

Монгол улс өнөөдөр боловсруулаагүй нүүрс ашиглан эрчим хүч үйлдвэрлэж байгаа учир хотын агаарын бохирдолтын асуудал гамшгийн хэмжээнд яригдаж байна. Иймээс манай орны хүрэн нүүрсийг хийжүүлэх, шингэрүүлэх технологийг хөгжүүлэн гэр ахуй, үйлдвэрлэлийн хэрэгцээнд болон эрчим хүч үйлдвэрлэлд нүүрсний хийг, улмаар устөрөгчийг ашиглах нь агаарыг бохирдуулахгүй байхад онцгой ач холбогдолтой юм. 2030, 2050 онд эрчим хүчний төрөл бүрийн эх үүсвэрийн хөрөнгө оруулалт, өөрийн өртгийг 1-р хүснэгтэд харьцуулж үзүүлэв.

Монгол улсын цахилгаан эрчим хүч, Улаанбаатар хотын дулаан хангамж, устөрөгчийн түлшний элементтэй автомашины хэрэгцээнд 2030 оны түвшинд шаардагдах устөрөгчийн хэмжээ, энэ хэрэгцээг хангах өндөр температурын гелийн хөргүүртэй реакторын тоо, хөрөнгө оруулалтыг тооцож үзье. Үүнд:

Цахилгаан эрчим хүч: $0.7 \cdot 10^9$
кВт·цаг/33.5 кВт·цаг/кг= $2.0 \cdot 10^8$ кг \approx 200
мян.тонн

Устөрөгчийг шууд шатааж
Улаанбаатарын дулааныг хангахад:
 $5.9 \cdot 10^6$ Гкал х 4.8 = $2.8 \cdot 10^7$ ГЖ/120,6
МЖ/кг H_2 .0.9 \approx 26 мян.тонн

Автомашинд: 500 мянга \approx 150 мян. тонн

Ийнхүү манай улсын цахилгаан, дулааны эрчим хүч, автомашины түлшинд шаардагдах нийт 376 мян.тонн H_2 үйлдвэрлэхэд 4 ширхэг GT-MHR реактор шаардлагатай бөгөөд ийм реакторын цахилгааны нэгж чадал 285 МВт, хувийн хөрөнгө оруулалт 1528 \$ /кВт(цах) гэвэл тэдгээрийн хөрөнгө оруулалт $4 \times 436 \cdot 10^6$ \$ = $1.7 \cdot 10^9$ \$ болно.

Ийнхүү цөмийн энерги ашиглан нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэх нь ойрын ирээдүйд манай улсад түүхий нүүрсний хэрэглээг халж, устөрөгчийн түлшний элементийн технологи бүхий хүрээлэн буй орчинд зөвхөн ус ялгарах экологийн үнэмлэхүй цэвэр альтернатив устөрөгчийн эрчим хүч буюу устөрөгчийн эдийн засгийг хөгжүүлэх асуудлыг хөндөж тавив.

V. ДҮГНЭЛТ

1. Монгол улс байгалийн хийн нөөцгүй тул ураны нөөцөөр ажиллах өндөр температурын реактор бүхий цөмийн станцаас цахилгаан эрчим хүчээ хангах, мөн түүнээс гарах өндөр температуртай гелий хийг ашиглан нүүрсээ гүн боловсруулан устөрөгч үйлдвэрлэж, түүгээр зарим хот, аймаг, сумын төвүүдийн цахилгаан, дулааны эрчим хүчийг түлшний элементийн станцаар хангах, устөрөгчийн түлшний элементтэй автомашины устөрөгчийн станцийг цэнэглэх, газрын тос боловсруулах, хими, хүнсний үйлдвэрийг хангах устөрөгчийн технологид суурилсан ногоон хөгжлийн бодлогыг дэвшүүлж тавив.
2. Цахилгаан, дулааны эрчим хүч, устөрөгч үйлдвэрлэх зорилготой зохион бүтээгдэж байгаа хийн хөргүүртэй GT-MHR, PBMR реакторуудаас сонгон хүрэн нүүрснээс устөрөгч үйлдвэрлэж дулаан дамжуулах
3. GT-MHR реактор бүхий станцад үйлдвэрлэх 1 кВт·цаг цахилгаан эрчим хүч үйлдвэрлэх өөрийн өртөг 1.3 цент байгаа нь ойрын болон дунд хугацаанд эрчим хүчний үнийг тогтвортой барих баталгаа болохын зэрэгцээ ийм 4 реактортой станц нь манай улсын устөрөгчийн хэрэгцээг 2030 хүртэл хангах бөгөөд түүний хөрөнгө оруулалт 1.7 тэрбум ам.доллар, 1 м³ устөрөгчийн өөрийн өртөг 5 центээс хэтрэхгүй болно.
4. Манай улсын эдийн засгийн хувьд алдагдалтай, экологийн хувьд хор хөнөөлтэй түүхий нүүрсний зах зээлийг импортын хараат бус, дэлхийн дулаарлын эх үүсвэр нүүрстөрөгч ялгаруулахгүй экологийн үнэмлэхүй цэвэр устөрөгчийн түлшний элемент бүхий устөрөгчийн зах зээлд ойрын ирээдүйд шилжих нь хот суурин газрын агаарын бохирдол утааны асуудлыг бүрэн шийдвэрлэж, монгол хүн экологийн тэнцвэртэй аюулгүй орчинд амьдарч, ажиллах нөхцлийг бүрдүүлнэ.

VI. АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

- [1] COP21/CMP11 United nations conference on climate change in Paris, France. Nov 30 - Dec11, 2015. <http://www.cop21.gouv.fr/en/>
- [2] World Nuclear Association (WNA) Outlook Century Data, 2011.
- [3] S. Sugawara, A. Ohma, Y. Tabuchi and K. Shinohara. Fundamental approaches to fuel cell technology. ISJAEЕ №9 (89),2010, pp 89-105.
- [4] Ohta T. Some thoughts about the hydrogen civilization and the culture development // Intern. J. Hydrogen Energy. 2006. Vol. 31. P. 161-166.
- [5] Goltsov V.A., Veziroğlu T.N., Goltsova L.F. Hydrogen civilization concept: historical and allplanetary aspects // Intern. J. Nucl. Hydrogen Prod. & Appl. 2006. Vol. 1. No. 4. P. 112-133.
- [6] IAEA. Advances in small modular reactor technology developments. A Supplements to IAEA advanced reactors information system (ARIS), IAEA, Vienna, 2014.

[7] IAEA. Advances in High Temperature Gas Cooled Reactor Fuel Technology. IAEA TECDOC Series No. 1674, Vienna, 2012.

Problem on Hydrogen Energy Development in Mongolia

N.Norov, S.Odmaa, T.Jamyansuren, G.Enkhbaatar, M.Enkhbaatar, O.Chimedtseren

In this work, we proposed problem on hydrogen energy development to produce electricity and hydrogen from the coal using high temperature gas cooled nuclear reactor since it has not revealed the pure natural gas resources yet and primary resources for energy are both of coal and uranium in Mongolia.