

Երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման տնտեսական ասպեկտները Հայաստանում

Մանուկյան Ս.

*Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (Հայաստան, Երևան),
sarkis.ar@gmail.com*

Բաղդասարյան Ս.

*Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (Հայաստան, Վապան),
sona.baghdasaryan.86@mail.ru*

Վեզիրյան Վ.

*Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (Հայաստան, Վապան),
kachkarspy@mail.ru*

Վճռորոշ բառեր՝ երկրաջերմային (գեոթերմալ) ռեսուրսներ (պաշարներ), երկրաջերմային էներգիա, երկրաջերմային էներգակայաններ

Экономические аспекты использования геотермальных ресурсов в Армении

Манукян С.

*Национальный политехнический университет Армении (Армения, Ереван),
sarkis.ar@gmail.com*

Багдасарян С.

*Национальный политехнический университет Армении (Армения, Капан),
sona.baghdasaryan.86@mail.ru*

Везирян В.

*Национальный политехнический университет Армении (Армения, Капан),
kachkarspy@mail.ru*

Резюме: Для использования геотермальных ресурсов в Армении необходима полная и надежная геолого-разведочная информация об этих ресурсах. Без достоверной информации трудно говорить об экономической целесообразности использования геотермальной энергии. В статье представлена информация об основных экономических тенденциях мировых геотермальных электростанций, инвестиционных затратах, эксплуатационных расходах и тарифах. На этом этапе Армения следует выделить больше ресурсов для геотермальной разведки, эффективной тарифной политики и налоговой политики для поддержки осуществлению проектов геотермальных электростанций, и в результате она будет привлекательной для инвестиций.

Ключевые слова: геотермальные ресурсы, геотермальная энергия, геотермальные электростанции

Economic Aspects of Geothermal Resources Usage in Armenia

Manukyan S.

*National Polytechnic University of Armenia (Armenia, Yerevan),
sarkis.ar@gmail.com*

Baghdasaryan S.

*National Polytechnic University of Armenia (Armenia, Kapan),
sona.baghdasaryan.86@mail.ru*

Veziryan V.

*National Polytechnic University of Armenia (Armenia, Kapan),
kachkarspy@mail.ru*

Abstract: For the geothermal resource use in Armenia, there is a need for full and reliable geological prospecting information on these resources. Without it, it is difficult to talk about economic feasibility of geothermal energy utilization. The paper presents information on global economic trends of geothermal power plants, investment costs, operating costs and tariffs. At this stage, Armenia should allocate more resources for geothermal exploration, effective tariff policy and tax policy to support the feasibility of geothermal power plant projects, and as a result, it will be attractive for investments.

Keywords: geothermal resources, geothermal energy, geothermal power plants

Հայաստանում երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման համար, անհրաժեշտ է այս ռեսուրսների վերաբերյալ լիարժեք և հավաստի երկրաբանահետախուզական տեղեկատվություն: Առանց դրանց առկայության դժվար է խոսել երկրաջերմային էներգիայի յուրացման տնտեսական նպատակահարմարության մասին: Հայաստանը այս փուլում պետք է ավելի մեծ ծավալի միջոցներ հատկացնի երկրաջերմային ռեսուրսների հետազոտման համար, առաջարկի սակագնային արդյունավետ քաղաքականություն և աջակցության գրազետ մեխանիզմներ և այդ հենքի վրա ներկայացնի երկրաջերմային կայանների նախագծերի արդյունավետության հիմնավորումը, որի արդյունքում այն գրավիչ կլինի ներդրումների համար:

Էներգիա արտադրող ռեսուրսների շարքում երկրաջերմային ռեսուրսները ապագայում կարող են դառնալ ամենակիրառվող և կարևոր ռեսուրսներից մեկը: Այդ ռեսուրսներից ջերմային էներգիայի ուղղակի օգտագործումը, օրինակ Եվրոպայում, ներկայումս գնային առումով մրցակցում է նավթի և գազի հետ՝ վերջիններիս բարձր գների պատճառով, սակայն, էլեկտրաէներգիայի արտադրության պարագայում, այն կանգնած է որոշակի խանգարող հանգամանքների առջև¹: Նախ և առաջ դա պայմանավորված է մեծ ջերմապարունակության (էնտալպիա) հիդրոթերմալ ռեսուրսների սահմանափակ տարածվածության հանգամանքով, որոնք օգտագործվում են էլեկտրաէներգիա ստանալու համար: Մոտ ապագայում առավել մեծ կիրառություն են ձեռք բերելու նաև ցածր ջերմապարունակության (էնտալպիա) հիդրոթերմալ ռեսուրսները: Դրանք ավելի տարածված են, սակայն էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար դեռևս չեն օգտագործվում: Միաժամանակ՝ տեխնոլոգիաների զարգացումը ապագայում բերելու է նաև դրանցից ոչ միայն ջերմային էներգիա, այլ նաև էլեկտրաէներգիա ստանալու հնարավորություններին:

Երկրաջերմային ռեսուրսների նկատմամբ հետաքրքրությունը լայն թափ է հավաքելու աշխարհում՝ հատկապես այս ոլորտում առաջադիմական և ինովացիոն տեխնոլոգիաների

կիրառման շնորհիվ: Էներգիայի մյուս աղբյուրների համեմատ այն ունի մի շարք առավելություններ և միաժամանակ նաև թերություններ, որոնցից կարևոր են՝ մեծ ներդրումային ծախսերը և ռեսուրսների առկայության հանգամանքով պայմանավորված ռիսկերը: Բազմաթիվ երկրներում, այդ թվում՝ նույնիսկ այդ ռեսուրսների փոքր ներուժ և համեմատաբար ոչ բարենպաստ պայմաններ ունեցող երկրներում, բազմաթիվ փոքր, միջին և մեծ հզորության երկրաջերմային կայաններ են տեղադրվում: Հայաստանը նույնպես փորձում է ետ չմնալ այդ միտումներից. նախատեսվում են ուսումնասիրություններ հեռանկարային մի քանի տեղամասերի հայտնաբերման, հետախուզման և գնահատման նպատակով: Իսկ կոնկրետ 2 տեղամասերի՝ Ջերմադրյուրի և Գարկարի համար փորձ է արվում նաև մասնավոր ներդրումների ներգրավվում, թեև այստեղ էլ ռեսուրսների ներուժի վերաբերյալ պատկերը ամբողջական չէ:

Հայաստանում բացակայում է երկրաջերմային ռեսուրսներից էներգիա ստանալու նպատակով փորձառությունը թե՛ փոքր (մինչև 400մ), թե՛ մեծ (>400մ) խորություններում գտնվող ռեսուրսների յուրացման նպատակով², իսկ օտարերկրյա ներդրումների ներգրավմանը խանգարում է ո՛չ միայն երկրաբանական տեղեկատվության ոչ լիարժեք առկայությունը, այլ նաև այլ իրավական, կառավարման և տնտեսական հանգամանքներով պայմանավորված գործոններ:

Հոդվածն ունի փորձագիտական-տեղեկատվական ուղղվածություն, որի նպատակն է հիմնավորել Հայաստանում այս ոլորտի զարգացման նպատակահարմարությունը և հեռանկարները՝ այլ երկրների երկրաջերմային կայանների տեխնիկատնտեսական ցուցանիշների հիման վրա: Հոդվածում ներկայացվել են աշխարհում երկրաջերմային էներգետիկայի աճի տեմպերը, էներգակայանների ներդրում-

¹Economic analysis of geothermal energy provision in Europe ENGINE – Enhanced Geothermal Network of Europe, Workpackage 5 – Deliverable D35

²**Օանթ**. Հիշեցնենք, որ փոքր խորությամբ կամ մակերևութային երկրաջերմային ռեսուրսները (մինչ 400մ խորության դեպքում) հիմնականում օգտագործվում են ջեռուցման, հովացման և տաք ջրի մատակարարման համար, իսկ խորը տեղադրված ռեսուրսները ցածր ջերմապարունակության դեպքում (<100° C) ջերմային էներգիա, իսկ բարձր ջերմապարունակության դեպքում (>100° C) ոչ միայն ջերմային էներգիա, այլ նաև էլեկտրաէներգիա ստանալու համար:

ներային ծախսերը և էլեկտրաէներգիայի արտադրական ծախսերը ըստ տեխնոլոգիական առանձնահատկությունների, ինչպես նաև Հայաստանի պայմաններում այդ ռեսուրսների յուրացման առանձնահատկությունները:

Աշխատանքի գաղափարն է Հայաստանում ներդնել և զարգացնել երկրաջերմային էներգետիկան՝ հիմնվելով փորձառություն ունեցող երկրների օրինակների վրա: Կարևորվում է հատկապես արդյունավետ տեխնոլոգիաների կիրառումը և դրանց զարգացումը Հայաստանում, ինչպես նաև պետական աջակցության արդյունավետ մեխանիզմների կիրառումը: Ուսումնասիրության օբյեկտը հիմնականում հանդիսանում է խորը երկրաջերմային կայաններից էլեկտրաէներգիայի ստացումը:

Երկրաջերմային էներգետիկայի գլոբալ միտումները: Բացի երկրաբանական առանձնահատկություններից, որոնք ամենակարևոր դեր են խաղում այդ ռեսուրսների յուրացման նպատակահարմարության տեսակետից, պակաս կարևոր չեն նաև ճիշտ ընտրված տեխնոլոգիաները և տնտեսական ու մենեջմենթի գործոնները: Կարևոր հանգամանք է նաև երկրաջերմային նախագծերի ապահովումը ներդրումներով, այսինքն ֆինանսական միջոցներով, քանի որ այս ոլորտին բնորոշ են համեմատաբար մեծ ռիսկերը:

Երկրաջերմային էներգետիկան նույնպես զարգացման տեմպեր է գրանցում ամբողջ աշխարհում՝ 0,7 ԳՎտ նոր երկրաջերմային հզորություններ են հիմնադրվել 2017թ.-ին, իսկ ընդհանուր հզորությունները հասել են 12,8 ԳՎտ-ի: Այն սակայն համարժեք չէ ՎԷ-ի որոշ ուղղությունների՝ հողմնային կայանների (նոր հզորությունների աճը նախորդ տարի կազմել է 52 ԳՎտ, իսկ ներկայումս տեղակայված հզորությունները կազմում են 539 ԳՎտ) և արևային ՖՎ կայանների (աճը 99 ԳՎտ, տեղակայված հզորություններ 402 ԳՎտ) աճի տեմպերի և հզորությունների հետ³: Նշենք, որ 2017թ.-ին ամբողջ աշխարհում երկրաջերմային կայանների նախագծերի վրա կատարվող ներդրումների ծավալները 36 %-ով նվազել են՝ հասնելով 1,4 միլիարդ ամերիկյան դոլարի, որը վերջին տարիների կտրվածքով եղել է ամենա-

ցածր մակարդակը: Նախորդող տարիներին, տարեկան ներդրումների միջին ծավալը կազմում էր մոտ 2 միլիարդ ամերիկյան դոլար⁴:

Ցախսերի միտումները: Եթե վերջին տարիներին արևային և հողմնային կայանների կառուցման վրա ներդրումային ծախսերը, ինչպես նաև էլեկտրական էներգիայի արտադրության ծախսերը դրանց տեխնոլոգիաների և սարքավորումների գների նվազման արդյունքում նվազում են, ապա երկրաջերմային կայանների կառուցման ներդրումային ծախսերը գրեթե չեն նվազում, թեև էլեկտրաէներգիայի արտադրության 1 կՎտ.ժ-ի ծախսը բավականին ցածր է և նույնիսկ ամենացածրներից մեկն է վերականգնվող էներգիայի բոլոր աղբյուրների շարքում: Վերջիններս չեն նվազում, քանի որ չեն նվազում հորատանցքերի հորատման ծախսերը, որոնք ներդրումային ծախսերի զգալի մասն են կազմում՝ մոտ 40-70%-ը: Հորատանցքերի առանձնահատկություններից և ամրացնող նյութերի հատկություններից կախված՝ 1 զծամետր հորատանցքի ինքնարժեքը ներկայումս տատանվում է 1600-2400 եվրոյի սահմաններում:

Ինչպես նշեցինք, երկրաջերմային էլեկտրակայանների նախագծերը կապիտալատար են, սակայն ունեն ցածր և կանխատեսելի գործառնական ու սպասարկման ծախսեր: Երկրաջերմային էլեկտրակայանների ամբողջական ներդրումային ծախսերը ծածկում են հետախուզման աշխատանքների և ռեսուրսների գնահատման ծախսերը (հետախուզական հորատանցքերի, արտադրական և ներմուծման հորատանցքերի ծախսերը)⁵, ինչպես նաև

⁴Global Trends in Renewable Energy Investment 2018, <http://www.fs-unep-centre.org> (Frankfurt am Main)

⁵**Ցանոթ.** Հետախուզման ծախսերը նախատեսված են նախկին արդյունքների հաստատման, նոր տվյալների ստացման և սեյսմիկ հետազոտությունների հիմնավորման համար: Հորատման ծախսերի մեծությունը կախված է տեղանքի պայմաններից, որտեղ ծախսերը խորության մեծացման հետ մեծանում են: Որքան երկրաջերմային գրադիենտը բարձր է, այնքան քիչ է պետք հորատել նախատեսված ջերմաստիճանին հասնելու համար: Չնայած, ամեն դեպքում անհրաժեշտ ջերմաստիճանի կարելի է հասնել միշտ էլ որոշակի խորության վրա, թեև այդ դեպքում ապարների մեծ ճնշման արդյունքում ցածր թափանցելիությունը որոշակիորեն սահմանափակում է այդ ռեսուրսների օգտագործումը: Նախագծերի տնտեսական կենսունակությունը պայմանավորված է նաև հիդրոթերմալ ջրերի քանակությամբ, որտեղ հորատանցքի արտադրողականությունը պետք է թույլ

³RENEWABLES 2018, Global Status Report, Ren 21, www.ren21.net

դաշտային ենթակառուցվածքների (ճանապարհներ, ջրատարներ, գազամատակարարում, էներգամատակարարում և այլն), հեղուկների հավաքման և հեռացման համակարգերի, վերերկրյա և ստորգետնյա սարքավորումների, էլեկտրակայանի կառուցման և դրա հետ համակցված գործընթացների, նախագծի զարգացման, ցանցի միացման և մնացած ծախսերը: Ներդրումային ծախսերը՝ հորատանցքների խորության և հորատանցքների թվով պայմանավորված, ունեն բարձր զգայունություն: Հորատման աշխատանքների տեսակարար կշիռը ներդրումային ծախսերում կարող է տատանվել մոտավորապես 40-70%-ի սահմաններում, իսկ էլեկտրակայանների կառուցումը ներդրումային ծախսերում մոտ՝ 20-50%: Մնացած ծախսերը, կազմում են՝ հիդրոթերմալ ջրերի շրջանառության, ենթակառուցվածքների, հեղուկների ամբարների կառուցման, մղման պոմպերի, պլանավորման, ցանցի միացման և այլ ծախսերը⁶: Հետաքրքիր է, որ օրինակ Բնդոնեզիայում գործող մի քանի բինարային ցիկլի կայանների պարագայում ընդհանուր ներդրումների կառուցվածքում հորատանցքների հորատման ծախսերը ցածր են՝ տատանվում են 24-34%-ի սահմաններում, իսկ ահա էլեկտրակայանի կառուցման ծախսերը բարձր են և կազմում են 54-56%, ենթակառուցվածքների ծախսերը՝ 1-7%, պլանավորման և մենեջմենթի ծախսերը՝ 3-12%, իսկ ապահովագրությունը և այլ ծախսերը միասին՝ 4-10%: Սովորաբար բինարային

տա ջրերի բավարար հոսքի առկայություն և հոսքերի արագություն:

Պատճառ Կայանների չափսերը կախված են՝ կիրառվող տեխնոլոգիայից, ռեսուրսի քանակից, ռեսուրսի ջերմաստիճանից, ջերմաջրերի հատկություններից, տեղադրման խորությունից և ապարների թափանցելիությունից, ինչպես նաև բնապահպանական քաղաքականությունից, հարկային քաղաքականությունից, ֆինանսավորման տարբերակներից և ծախսերից: **Թաց գոլորշու տեխնոլոգիաներով կայանների (Flash steam power stations)** հզորությունները մեկ ցիկլով տեխնոլոգիաների դեպքում կարող են հասնել մինչև 80 ՄՎտ, կրկնակի ցիկլի տեխնոլոգիաների դեպքում մինչև 110 ՄՎտ, իսկ եռակի ցիկլի դեպքում 60-ից մինչև 150 ՄՎտ: **Ուղղակի և չոր գոլորշու կայանները (Dry Steam power stations)** սովորաբար ունենում են 8 ՄՎտ-ից մինչև 140 ՄՎտ հզորություններ: **Բինարային կայանները (Binary cycle power stations)** 1 ՄՎտ-ից մինչև 50 ՄՎտ չափով: **Համակցված ցիկլի (Combined power stations) կամ հիբրիդային կայանների** հզորությունները սատանվում է մի քանի ՄՎտ-ից մինչև 10 ՄՎտ:

ցիկլով կայանների ORC (Organic Rankine Cycle) կամ Kalina էլեկտրակայանների ներդրումային ծախսերը ավելի բարձր են, քան չոր գոլորշու և թաց գոլորշու կայաններիինը:

Իմիջիայլոց, բավականին թանկ են նաև՝ պետրոթերմալ (Petrothermal) կամ ապարաջերմային ռեսուրսներ յուրացնող կամ այսպես կոչված Stimulated Geothermal Systems (SGS) համակարգերը, որոնք օգտագործում են ոչ թե ընդերքի հիդրոթերմալ ջրերը, այլ ապարներում կուտակված ջերմությունը, որի ջերմությունը փոխանցվում է դրսից համակարգ մղվող ջրերին, որոնք էլ մղվում են դեպի վերգետնյա սարքավորումներ՝ փակ շրջանառություն կատարելով: Քանի որ շատ մեծ խորությունների վրա մեծ ճնշման արդյունքում ապարների ծակոտկենությունը փոքրանում է, ջուրը քշանում է, իսկ խթանման միջոցները, բնականաբար, օգտագործվում են նաև թափանցելիության բարձրացման նպատակով և բավականին ծախսեր են պահանջվում:

Երկրաջերմային էլեկտրակայանների հիմնադրման ներդրումային ծախսերը, կախված տեխնոլոգիաներից, 1 ՄՎտ տեղակայման հզորության համար տատանվում են 1,8-5 մլն. ԱՄՆ դոլլարի սահմաններում: Ավելի կոնկրետ, 1ՄՎտ-ի համար ներդրումային ծախսերը աշխարհում 2016-2017թ.-ի դրությամբ կազմել են՝ բինարային ցիկլով աշխատող կայանների համար՝ 4,2-5 միլիոն դոլլար, չոր գոլորշու կայանների համար՝ 3,7-3,9 միլիոն դոլլար, թաց (ֆլեշ) կայանների համար՝ 2-5 միլիոն դոլլար սահմաններում⁷:

Ընթացիկ ծախսերի մակարդակը հիմնականում նույնպես կախված է կայանի տիպից և տեխնոլոգիայից, երկրաջերմային դաշտի բնութագրից և իրականացվող տնտեսական քաղաքականությունից: Կայանների կառուցումից հետո, քիչ շուկայական գործոններ են հետագայում ազդում ընթացիկ ծախսերի մակարդակի վրա, այդ պատճառով դրանք կայուն են: Կարող են որոշակիորեն ազդել գնաճի տատանումները: Նավթի և գազի գների տատանումները բորսաներում չեն ազդում երկրաջերմային էլեկտրաէներգիայի ծախսերի մակարդակի վրա: Յուրաքանչյուր երկրաջերմային էներգակայան ունի իր առանձնա-

⁷IRENA, Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, 2017

հատուկ ծախսերը, որը կախված է արտադրողականությունից, ռեսուրսի բնութագրից, բնապահպանական կանոնավորումից, հարկերից, օպերատորի գործողություններից և այլ տնտեսական գործոններից:

Եվ այսպես. 2016-2017թ.-ին 1 կՎտ.ժ-ի էներգիայի հավասարակշռված ծախսը (LCOE)⁸ տատանվել է՝ բինարային կայանների համար 0,08-0,12 ԱՄՆ դոլարի սահմաններում, թաց (ֆլեշ) գոլորշու կայանների համար՝ 0,04-0,12 ԱՄՆ դոլար, չոր գոլորշով կայանների համար՝ 0,06-0,07 ԱՄՆ դոլար⁹:

Երկրաջերմային էլեկտրաէներգիան թանկ է նստում աֆրիկյան մայրցամաքի երկրներում՝ միջինում 0,09 ԱՄՆ դոլար կամ 9 ԱՄՆ ցենտ 1 կՎտ.ժ-ի համար, Կենտրոնական Ամերիկայում՝ 0,10 ԱՄՆ դոլար, Եվրոպայում՝ 0,10 ԱՄՆ դոլար, համեմատաբար էժան է Ասիայում՝ 0,05 ԱՄՆ դոլար, Հարավային Ամերիկայում՝ 0,04 ԱՄՆ դոլար¹⁰:

Ամփոփելով նշենք, որ 2016-2017թ.-ին ներդրումային ծախսերը երկրաջերմային էլեկտրակայանների կառուցման համար միջինում կազմել է՝ 2959 դոլար/ՄՎտ: Գլոբալ LCOE-ն կազմել է՝ 0,04-0,14 ԱՄՆ դոլար/կՎտ.ժ սահմաններում, միջինում՝ 0,07 ԱՄՆ դոլար կամ 7 ցենտ, որտեղ գործառնական և սպասարկման (O&M) ծախսերը կազմել են՝ 0,01-0,03 ԱՄՆ դոլար/կՎտ.ժ:

Սակագները (Feed in tariffs) երկրաջերմային էներգետիկայի զարգացման համար տնտեսական քաղաքականության ամենակարևոր գործիքներից մեկն է: ԵՄ երկրներում այն ամենատարածված խթանն է, որն ապահովում է ֆիքսված գին մեկ կՎտ.ժ էլեկտրաէներգիայի համար: Շատ երկրներում, երկրաջերմային էլեկտրաէներգիայի արտադրության ոլորտում ներդրողների մոտ կումերցիոն հետաքրքրություն առաջացնելու համար, սակա-

զները խաղում են ֆունդամենտալ դեր: Այս ռեսուրսի ամենաարագ զարգացումը ապահովելու համար սակագնային քաղաքականությունը ամենահաջող քաղաքականությունն է: Ներկայում մի քանի տասնյակ երկրներ օգտագործում են սակագնային համակարգը (համակցված նաև բոնուսային և քվոտային համակարգերը):

Այս սակագները էլեկտրաէներգիայի արտադրողներին կայուն երաշխիքներ են տալիս 10-20 տարիների կտրվածքով: Բնականաբար՝ տարբեր երկրներում դրանք ունեն տարբեր մակարդակներ, որոնք ներկայացվում են հաճախ նվազագույն (min) և առավելագույն (max) մակարդակներում, օրինակ Շվեյցարիայում, 1 կՎտ.ժ-ի համար այն կազմում է 0,18 եվրոյից մինչև 0,33 եվրո, որտեղ մաքսիմում սակագինը՝ 33 եվրոցենտը, աշխարհում ամենաբարձրներից մեկն է և նախատեսված է մինչև 5 ՄՎտ հզորության կայանների համար: Իսկ ահա Գերմանիայում, մինիմում մակարդակը կազմում է՝ 0,25 եվրո կՎտ.ժ և 0,30 եվրո/կՎտ.ժ մաքսիմում մակարդակը՝ պետությունը կայանների համար: Ֆրանսիայում այն կազմում է 0,20 եվրո/կՎտ.ժ, Խորվաթիայում 0,17 եվրո/կՎտ.ժ, իսկ ամենացածրներից է Ուկրաինայում՝ 0,08 եվրո/կՎտ.ժ, Ավստրիայում՝ 0,075 եվրո/կՎտ.ժ¹¹: Կիրառվում է նաև բոնուսների համակարգը, ինչպես օրինակ Գերմանիայում՝ վերը նշված 0,25 եվրո/կՎտ.ժ սակագնում 0,05 եվրո աջակցություն պետության կողմից¹²:

Երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման հնարավորությունները և հեռանկարները Հայաստանում: Ռազմավարական տեսակետից վերականգնվող էներգետիկայի զարգացումը Հայաստանում այլևս կասկած չի հարուցում, հատկապես, եթե հաշվի առնենք նոր ատոմակայանի կառուցման անորոշ հեռանկարը, բնական զազի անխափան մատակարարման և գնային ռիսկերը, ինչպես նաև հիդրոէներգետիկայի ընդլայնման համար մեր ջրային ռեսուրսների սահմանափակ հնարավորությունները: Իր հերթին՝ վերականգնվող էներ-

⁸LCOE- Levelized Energy Cost, որն էլեկտրաէներգիայի արտադրության միջին հաշվարկային ինքնարժեքն է էլեկտրակայանի ամբողջ գործունեության ընթացքում, 1 կՎտ.ժ-ի համար իր մեջ հաշվարկում է ներդրումային ծախսերը, գործառնական և սպասարկման (O&M) ծախսերը, ֆինանսական ծախսերը ըստ տարեկան արտադրված էլեկտրաէներգիայի քանակի և կայանի գործունեության տևողության:

⁹IRENA (2018), Renewable Power Generation Costs in 2017, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

¹⁰RENEWABLES 2018, Global Status Report, Ren 21, www.ren21.net

¹¹Feed-in Tariffs Blessing or Curse for Geothermal Energy? Worldwide Background and Overview Dr. Eckehard Buscher IGO - The International Coordination Office of German Geothermics, GRC Transactions, Vol. 36, 2012

¹²Geothermal Investment Guide, November 2013, Authors: M. Serdjuk (GGSC), P. Dumas & L. Angelino (EGEC), L. Tryggvadóttir (Mannvit)

գետիկայի համար, հատկապես հեռանկարային համարվող արևային կայանների և հողմնային էներգետիկայի կողքին, մեծ ուշադրություն պետք է հատկացվի երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացմանը, որը վերը նշված ռեսուրսների նկատմամբ ունի իր առավելությունները և միաժամանակ նաև թույլ կողմերը:

Հանրապետության տարածքում նորագույն հրաբխականության լայն տարածումը և տեկտոնական ակտիվությունը, ինչպես նաև խորքային տաք ջրերի բազմաթիվ երևակումները հուշում են երկրաջերմային խոշոր ռեսուրսների առկայության մասին¹³: Հայաստանում ամենագրավի չափով երկրաջերմային ռեսուրսները տեղաբաշխված են բարձր ջերմային հոսքի գոտում, որը ձգվում է երկրի կենտրոնական մասով՝ մոտավորապես հյուսիսարևմուտք-հարավարևելք ուղղությամբ¹⁴: Արևելյան հրաբխային գոտում բարձր ջերմապարունակությամբ երկրաջերմային ռեսուրսների առկայություն նույնպես հնարավոր է¹⁵: Հայաստանը ունի երկրաջերմային խոշոր պաշարների նախադրյալներ և բոլոր հեռանկարային վայրերում անհրաժեշտ է կատարել ավելի մեծ ծավալների երկրաբանատախուզական աշխատանքներ: Ամենահեռանկարային տեղամասերից են՝ Ջերմադրյուրի, Կարկարի, Գրիձորի, Սիսիանի, Վայոց սարի, Ակնալճի, հայկական ատոմակայանի, Մու-

խանի տեղամասերը¹⁴: Այնուամենայնիվ՝ Հայաստանում էներգետիկ նշանակության երկրաջերմային ռեսուրսների վատ ուսումնասիրված լինելու պատճառով ամբողջ ներուժի և զարգացման ուղղությունների մասին դեռևս շատ բան ասել չենք կարող:

Եվ այսպես, էներգիա ստանալու նպատակով երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացումը Հայաստանում պայմանականորեն կարող ենք բաժանել երեք ուղղությունների՝

Ոչ խորը կամ մակերևութային երկրաջերմային էներգետիկա՝ ապակենտրոնացված, փոքր և միջին հզորություններով կայանների ստեղծումով, որոնք կարող են օգտագործվել սեփական տների, շենքերի, հյուրանոցների, մանկապարտեզների, դպրոցների և այլ կառույցների հովացման, ջեռուցման և տաք ջրով ապահովելու համար: Այստեղ՝ երկրի մակերևութին մոտ տեղամասերում, ապարների 7-ից 12°C համեմատաբար ցածր ջերմաստիճանը կարող է ջերմային պոմպի օգնությամբ վերափոխվել և օգտագործվել էներգետիկ նպատակներով: Հիմնական թերությունը՝ ծախսատար է, առավելությունը՝ անկախ բնակլիմայական պայմաններից և օրվա հատվածից կարող են կիրառվել ցանկացած պայմաններում, բնապահպանական տեսակետից բարենպաստ են, ապահովում են երկարատև և կայուն ջերմային էներգիա, հովացում և տաք ջուր: Կարող են աշխատել նաև համակցված՝ արևային և հողմնային փոքր հզորության սարքավորումների հետ, որի արդյունքում այդ կայանների արդյունավետությունը ավելի է մեծանում:

Երկրորդ ուղղությունը, դա մեծ խորություններում գտնվող (սովորաբար 400մ -ից խորը), սակայն ցածր ջերմապարունակություն (40-100°C) ունեցող հիդրոթերմալ ռեսուրսներից էներգիա արտադրող կենտրոնացված ջերմային կայանների զարգացումն է: Այստեղ նույնպես մեծ ներդրումների անհրաժեշտություն կա, սակայն պետք է հաշվի առնել, որ ցածր ջերմապարունակություն ունեցող ռեսուրսները ավելի տարածված են և սրանց կարևորությունը կիրառման տեսակետից ավելի է մեծանալու, այդ թվում՝ հեռանկարային են նաև ապագայում էլեկտրաէներգիա ստանալու տեսակետից:

Երրորդ ուղղությունը, դա խորը երկրաջերմային ռեսուրսներից էլեկտրաէներգիայի

¹³**Օսնոթ**. Երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման համար անհրաժեշտ և ամենակարևորագույն պարամետրերից են՝ **ռեսուրսների ջերմաստիճանը**, որն էական նշանակություն ունի կայանի օպտիմալ ջերմային ցիկլը որոշելու համար, այսինքն թե ինչ ջերմաստիճան կարող է մատակարարվել կայանին, **հորատանցքներից հեղուկի արտահոսքի քանակը**, որն անհրաժեշտ է, թե ինչ քանակի հեղուկ է հարկավոր ապահովել էլեկտրակայանին, **ռեսուրսի խորությունը**, որը սահմանում է, թե որքան խորը պետք է լինեն հորատանցքերը, որն էլ զգալի չափով ազդում է կայանի ծախսերի վրա: Իսկ **ռեսուրսային տարածքի չափը** անհրաժեշտ է թե ինչ մեծության կայան կարող է կառուցվել: Կարևոր է նաև հորատանցքերում **հեղուկի ճնշումը**:

¹⁴Հովհաննես Ազիզբեկյան, Խաչիկ Ստամբոլյան, Երկրաջերմային էներգիայի ուսումնասիրման և հայտնաբերման հեռանկարները Հայաստանի տարածքում, Իրատես, 2015

¹⁵Moushegh Badalyan, GEOTHERMAL FEATURES OF ARMENIA: A COUNTRY UPDATE, Institute of Geophysics and Engineering Seismology of the National Academy of Science of Armenia, Leningradian St., Giumri, 377501, Republic of Armenia, , Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000

արտադրությունն է՝ խորը (400-3000մ) և շատ խորը (3000-6000մ և ավել) խորություններից տաք և գերտաք ջերմաստիճանակության հիդրոթերմալ ռեսուրսներից (100°C-ից մինչև 350°C) էլեկտրաէներգիա, ինչպես նաև կոմբինացված էլեկտրաէներգիա և ջերմային էներգիա արտադրող կենտրոնացված կայանների կառուցումն է: Ինչպես նշել ենք արդեն, սրանք իրենց հերթին լինում են չոր գոլորշով, թաց գոլորշով, բինարային ցիկլով, ինչպես նաև համակցված կայաններ:

Իր հերթին՝ Հայաստանում էլեկտրաէներգիա ստանալու նպատակով կարող են գործել երկրաջերմային ռեսուրսների զարգացման 3 հնարավոր տարբերակներ (բայց ոչ սցենարներ): **Առաջին դեպքում** դա գոլորշու 180-350°C բարձր ջերմաստիճանի առկայությամբ ռեսուրսներից էլեկտրաէներգիա արտադրվող չոր գոլորշու կայաններն են: Սովորաբար այս կայանները ունենում են մեծ հզորություն և արտադրողականություն: Հատկապես տարածված են Իտալիայում: Ինչպես նշեցինք՝ Հայաստանում նույնպես հնարավոր են չոր գոլորշու ռեզերվուարների առկայություն:

Երկրորդ տարբերակը ենթադրում է թերմալ ջրերի (ջերմաջրերի) 180°C-ից բարձր ջերմաստիճան ունեցող ռեսուրսներից էլեկտրաէներգիայի ստացում, որի դեպքում կիրառելի կլինեն թաց գոլորշու տեխնոլոգիաները, որոնց կայանները նույնպես ունենում են մեծ հզորություններ և մեծ արտադրողականություն, հետևաբար՝ ավելի ցածր ինքնաթիվ:

Երրորդ տարբերակի դեպքում, երբ ջերմաջրերի ջերմաստիճանը համեմատաբար ցածր է (100-180°C), այդ ժամանակ կիրառելի են **բինարային ցիկլային տեխնոլոգիաներ**¹⁶: Այստեղ կարող են օգտագործվել **Kalina** կամ **Organic Rankine Cycle (ORC)** տեխնոլոգիաները: ORC կամ Kalina ցիկլի սարքավորումների օգտագործումը Հայաստանում կարող է տրնտեսական առումով որոշակի արդարացված լինել, երբ ջերմաջրերի ջերմաստիճանը լինի

գոնե 150-180°C սահմաններում: Ավելի ցածրի՝ 100-150°C դեպքում դրանք վիճարկելի են: Ցածր ջերմաստիճանի ջերմաջրերի՝ 110°C դեպքում կիրառելի է նաև Կալեքս տեխնոլոգիան¹⁷: Բոլոր դեպքերում, բինարային կայանները, ինչպես նշեցինք, ավելի կապիտալատար են և ծախսերը ավելի բարձր են: Եթե թաց (Ֆլեշ) գոլորշու կայանների դեպքում Հայաստանում գուցե և տնտեսապես հնարավոր է կոմերցիոն նպատակներով էլեկտրաէներգիայի ստացումը, ապա բինարային կայանների դեպքում՝ առանց պետական օժանդակության և ֆինանսական աջակցության մեխանիզմների, միանշանակ, դրանք շահույթով չեն կարողանա աշխատել: Նշենք, որ բինարային տեխնոլոգիաների նախագծման և շահագործման մեծ փորձառություն ունեն գերմանացիները, որոնց փորձառությունը կարող է օգտակար լինել նաև Հայաստանի համար¹⁸:

Հայաստանում տեսականորեն կիրառելի են նաև **պետրոթերմալ ռեսուրսների յուրացման համակարգերի՝ Stimulated Geothermal Systems (SGS)** շահագործումը, քանի որ մեզ մոտ բացի չոր գոլորշու ռեզերվուարներից, թաց ջրագոլորշու տաք խառնուրդների հանքավայրերից, թերմալ ջրերի հանքավայրերից առկա են նաև չոր, տաք ժայռային ապարների շերտեր, որոնք տաքանում են մագմայի միջոցով և մագմային օջախներ՝ մինչև 1300°C ջերմաստիճան հալեցված լեռնային ապարներով, որոնք իդեալական պայմաններ են ստեղծում վերը նշված համակարգերի շահագործման համար, թեև սրանք ամենաթանկարժեք և ծախսատար կայաններն են:

Տևողությունը: Երկրաջերմային կայանների նախագծերի իրականացումը՝ զաղափարից մինչև գործարկում սովորաբար տևում է 5-ից 7 տարի, իսկ կայանների շահագործումը՝ 30 տարի և ավել: Երկրաջերմային ռեսուրսների հետազոտման և զարգացման փուլերը հիմնա-

¹⁶Օանթ.Բինարային կամ երկուական ցիկլի տեխնոլոգիա, որն գործում է, որպես փակ ջերմափոխանակման համակարգ, որի դեպքում երկրաջերմային ջրերի («առաջնային հեղուկ») ջերմությունը փոխանցվում է «երկրորդական» կամ «աշխատանքային» ցածր ջերմաստիճանում եռացող հեղուկին, որի առաջացած գոլորշին է օգտագործվում է գեներատորի տուրբիններում էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար

¹⁷Կարկարի պոտենցիալ երկրաջերմային էլեկտրակայանի տնտեսական և ֆինանսական գնահատումը: Վերջնական հաշվետվություն, Նոյեմբեր 2012, Դենզլ Հենքինսոն

¹⁸Երկրաջերմային (գեոթերմալ) ռեսուրսների յուրացումը Գերմանիայում և գերմանական փորձի կիրառման հնարավորությունները Հայաստանում, Սարգիս Մանուկյան, Սոնա Բաղդասարյան, «Այլընտրանք» գիտական հանդես, 2018, N4

կանում բաղկացած են լինում հետևյալ 8 փուլերից¹⁹

- (1) Նախնական ուսումնասիրություն (Preliminary Survey),
- (2) Հետազոտում (Exploration), այստեղ իրականացվում է նաև նախնական գնահատման կամ Prefeasibility փուլը,
- (3) Փորձարկման հորատում (Test drilling),
- (4) Նախագծի վերանայում, պլանավորում և իրագործելիության գնահատում (Project review and planning, Feasibility),
- (5) Ջարգացում (Field development),
- (6) Էլեկտրակայանի կառուցում (Power Plant Construction),
- (7) Գործարկում (Commissioning),
- (8) Շահագործում (Operation):

Այս ամբողջ գործընթացում, կկարևորենք նաև երկրաջերմային նախագծի իրականացման համար հիմնական թույլտվությունների ապահովումը, որոնց ձեռքբերման բարդությունները երկրաջերմային էներգետիկայի զարգացման հիմնական խոչընդոտներից են համարվում: Դրանք են՝ ջրային, հողային և լեռնհատկացման իրավունքները, հետախուզման թույլտվությունները, շահագործման թույլտվությունները, հորատանցքերի անցկացման թույլտվությունը, ինչպես նաև էլեկտրակայանների կառուցման և գործունեության համար թույլտվությունները: Կարևոր խնդիրներից է համարվում նաև բնօգտագործման և բնապահպանական վճարների որոշումը, Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության գնահատման և փորձաքննության (ՇՄԱԳ) կամ միջազգային կիրառություն ունեցող Բնապահպանական և սոցիալական ազդեցության գնահատման (ԲՄԱԳ) իրականացումը:

Սովորաբար, երկրաջերմային կայանների գործունեությունը պահանջում է զգույշ մենեջմենթ, իսկ ժամանակի ընթացքում անընդհատ օպտիմալացում: Բոլոր դեպքերում երկրաջերմային կայանների կառուցման համար մի քանի տասնյակ կամ հարյուրավոր միլիոն դոլար ներդրումներ պետք է ապահովել: Ինչպես օրինակ, Ջերմադրյուրի երկրաջերմային 25 ՄՎտ հզորությամբ, 194,4 մլն. կՎտ.ժ արտադրողականությամբ կայանի ներդրումների

համար պահանջվում է՝ 44 մլն. ամերիկյան դոլար, որտեղ ջերմաջրերի ջերմաստիճանը 2500-3000 մետրի վրա կանխատեսվում է 250°C: Իսկ 28,5 ՄՎտ հզորությամբ, 220-250 մլն.կՎտ.ժ տարեկան արտադրողականությամբ Կարկարի էներգակայանի համար անհրաժեշտ է 100 մլն. ամերիկյան դոլար²⁰: Համեմայն դեպս, Կարկարի տեղամասում արդեն հորատված հետախուզական B-1 հորատանցքի 1460 մ խորության վրա ջերմաջրերի առավելագույն ջերմաստիճանը կազմել է մոտ 116°C, իսկ որոշակի հեռավորության վրա հորատված B-2 հորատանցքում 1600 մետր խորության վրա այն կազմել է մոտ 124°C, որտեղ, կոմերցիոն նպատակներով օգտագործելու համար, հորատանցքերում ջրի քանակությունը բավականին ցածր է¹⁷: Եթե հետագա հետախուզական աշխատանքների արդյունքում փաստացի տվյալները չհամապատասխանեն կանխատեսվող տվյալներին, ապա, լավագույն դեպքում, հնարավոր կլինի բինարային կայանի օգտագործումը, որի դեպքում հզորությունը և արտադրվող էլեկտրաէներգիայի քանակը ավելի ցածր կլինեն, իսկ ներդրումային և գործառնական ծախսերը՝ համեմատաբար բարձր:

Անկախ ամեն ինչից՝ ընդհանուր պատկերը իմանալու համար պետք է այդ ռեսուրսների ներուժի բացահայտման մեծածավալ երկրաբանահետախուզական աշխատանքների իրականացում: Հաջորդ փուլում պետք է առանձնացնել ամենահեռանկարային տեղամասերը և այդ տեղամասերի համար ապահովել նախագծերի տնտեսական և ֆինանսական կենսունակության վերլուծություններ: Անհրաժեշտ է կազմել էլեկտրաէներգիայի ծախսերի կառուցվածքը և դրանց վճարող բաղադրիչները, որի միջոցով պետք է պարզվի, թե ինչ միջոցառումներ պետք է իրականացվեն երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացումը տնտեսապես նպատակահարմար դարձնելու համար:

Կարևոր է, որ երկրաբանահետախուզական դրական արդյունքների դեպքում սահմանվի ամենաքիչը 9-10 ամերիկյան ցենտին համարժեք սակագին (43-48 դրամ) 1 կՎտ.ժ-ի երկրաջերմային էլեկտրաէներգիայի համար, որը համարժեք կլինի, կամ գոնե ոչ ցածր կլի-

¹⁹Best Practices Guide for Geothermal Exploration, IGA, Germany, 2014

²⁰ <http://investmentprojects.am/>

նի Հայաստանում հաստատված մյուս վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների սակագներից²¹:

Երկրաջերմային էլեկտրակայանները, իհարկե, կարող են Հայաստանի համար էներգիայի մատակարարման տնտեսական և ֆինանսական առումով կենսունակ և կոմերցիոն լինել, եթե տեղանքի երկրաջերմային ռեսուրսի ջերմաստիճանը 250-300°C-ից բարձր լինի: Եթե առկա է թերմալ ջրերի բարձր և ջերմաստիճան, անհրաժեշտ ծավալի հեղուկի արտահոսք, ապա կարող է կառուցվել թաց գոլորշու (ֆլեշ) ցիկլի էլեկտրակայան: Ենթադրվում է, որ ֆլեշ ցիկլի տեխնոլոգիայի դեպքում 1 կՎտ էլեկտրաէներգիայի արժեքը կտատանվի 0,04-0,07 դոլարի սահմաններում: Իսկ Ֆլեշ տեխնոլոգիաների էլեկտրակայանի ներդրումային ծախսերը կկազմեն՝ 2-3 միլիոն ամերիկյան դոլար 1 ՄՎտ հզորության համար, իսկ բինարային կայանի դեպքում 3-4 մլն դոլար 1 ՄՎտ-ի համար:

Ինչպես նշեցինք, ներդրումների համար պետք է երկրաջերմային ռեսուրսների առկայություն և շահութաբերություն ապահովող հաստատված նախագիծ²²: Այս ռեսուրսների գնահատման համար իրականացվում են հետախուզման, հորատման աշխատանքների զգալի ծախսեր, իսկ արդյունքները ռիսկային են և դա էլ հաճախ պատճառ է լինում ներդրումներից հրաժարվելու համար և բանկերը, սովորա-

բար, դժվարությամբ են վարկեր տրամադրում: Դրա համար, ներդրողները նախօրոք պետք է ձեռք բերեն ֆինանսավորման միջոցներ տարբեր աղբյուրներից՝ գոնե սկզբնական փուլերում որոշակի աշխատանքներ իրականացնելու համար: Կառավարությունը կարող է ռիսկը և ծախսերը նվազեցնել տարբեր եղանակներով: Կարող է ստեղծել պետական ընկերություններ, որոնք հետախուզում և շահագործում են երկրաջերմային ռեսուրսները, հետագայում՝ այն մասնավոր ընկերություններին, որոնք ցանկություն ունեն զբաղվելու այս բիզնեսով, խրախուսելու, ինչու չէ նաև փոխանցելու համար: Կամ այլ եղանակ է, մասնավոր ընկերության հորատման ծախսերի մի մասը պետության կողմից իր վրա վերցնելը կամ պետություն-մասնավոր սխեմաներով ռիսկերի կառավարումը: Հորատման սովորների, երկրաջերմային համակարգերի և գրունտային ջրերի կոնցեպտուալ մոդելների առկայության դեպքում, ռիսկերը կարող են նվազել և ֆինանսական խոչընդոտները կարող են վերանայլ՝ դրանով նպաստելով ռեսուրսների յուրացման արագացմանը:

Եվ այսպես, ամփոփենք. Կանխատեսումները թույլ են տալիս ենթադրել, որ Հայաստանում երկրաբանական պայմանները բարենպաստ կլինեն այս ռեսուրսներից արդյունաբերական մակարդակով էներգիայի ստացման համար: Բացի այդ, երկրաջերմային էներգիայի նախագծերի տնտեսական կենսունակության համար անհրաժեշտ են՝ ճիշտ ընտրված տեխնոլոգիաներ և անհրաժեշտ տնտեսական քաղաքականություն, որտեղ նախ և առաջ կարևորվում է սակագնային քաղաքականությունը և հարկային քաղաքականությունը, ինչպես նաև աջակցության տարբեր ձևերը: Բոլոր տեսակի երկրաջերմային էներգակայանների դեպքում էլ անհրաժեշտ է պետության աջակցությունը: Հայաստանում անհրաժեշտ է մշակել նաև մակերևութային (ոչ խորը) երկրաջերմային էներգետիկայի զարգացման հայեցակարգ:

²¹Օսնոթ. Արևային ՖՎ կայաններից առաքվող էլեկտրական էներգիայի սակագինը կազմում է 42,845 դրամ/կՎտժ՝ առանց ավելացված արժեքի հարկի, հողմային էլեկտրակայաններից առաքվող էլեկտրական էներգիայի սակագինը՝ 42,739 դրամ/կՎտժ՝ առանց ավելացված արժեքի հարկի: Իսկ կենսաբանական զանգվածից էլեկտրական էներգիա արտադրող կայաններից առաքվող էլեկտրական էներգիայի սակագինը՝ 42,739 դրամ/կՎտժ՝ առանց ավելացված արժեքի հարկի:

²²Օսնոթ. Երկրաջերմային կայանների տեխնիկատնտեսական գնահատման Prefisibility և Feasibility փուլերում անպայման պետք է դիտարկվեն և գնահատվեն տարածաշրջանի սոցիալ-տնտեսական իրավիճակը, ներդրումային և ընթացիկ ծախսերը, ֆինանսավորման հնարավորությունները, տնտեսական արդյունավետությունը, իրականացվի ռիսկերի վերլուծություն (հետախուզական, բնապահպանական, տեխնոլոգիական, ֆինանսական ռիսկերը և այլն): Իսկ նախագծերի ֆինանսական կենսունակության չափանիշները բավարարելու համար պետք է հաշվարկվեն առնվազն հետևյալ ֆինանսական չափումները՝ ներդրումների հետզման ժամկետը, գուտ ներկա արժեքը, եկամտաբերության ինդեքսը, շահույթի ներքին նորման և այլն: