

**ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ
ՊԱՏՄԱՄՇԱԿՈՒԹԱՅԻՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ
ՆՊԱՏԱԿՈՎ (ՇԵՆԳԱՎԻԹ, ԵՐԵՎԱՆ)**

**© 2017 Ր. Մ.Ռ. Գևորգյան, Բ.Ռ. Դուրգարյան,
Հայկ Իգիթյան, Էյա Սահակյան**

*ՀՀ ԳԱՍ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտ
(ՀՀ, ք. Երևան 0019, Մարշալ Բաղրամյան պողոտա, 24ա)
e-mail: gevmikayel@gmail.com
Հանձնված է հրատարակչություն 13.03.2017թ.*

Գեոռադարային զոնդավորումը համարվում է մերձմակերեսային ստրուկտուրաների ուսումնասիրման համար երկրաֆիզիկական մեթոդ, որն ունի լայն կիրառում հնագիտության բնագավառում: Գեոռադարային զոնդավորման հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական իմպուլսների վերձանումը և զոնդավորման միջավայրի շերտերի սահմաններից անդրադարձած ազդանշանների գրանցումը, որոնք ունեն տարբեր էլեկտրաֆիզիկական հատկություններ: Հիմնական նպատակն է շերտերի սահմանների հզորության և տեղադրման խորության որոշումը: Քանի որ գեոռադարային զոնդավորման մեթոդիկան աշխատում է անընդհատ ռեժիմով և ստացված անհամասեռությունները տալիս են մեզ տեղեկատվություն անհամասեռության տեղի, դիրքի և չափսերի վերաբերյալ, այդ իսկ պատճառով շատ արդյունավետ է հնագիտական ուսումնասիրություններ իրականացնելու համար: Շենգավիթ տեղամասում գեոռադարային հանույթի ստացված արդյունքները հիմք են հանդիսացել հետագա հնագիտական պեղումների համար:

Հայտնաբերվել են մի շարք թաղված պատմամշակութային կառույցներ, ինչպես նաև առանձնացվել են շերտեր, որոնք իրենց մեջ պարունակում են հին բնակատեղիի տվյալներ: Գեոռադարային հանույթի տվյալների հիման վրա քարտեզագրված հնագիտության տեսակետից հեռանկարային տեղամասերում իրականացվել են փորձարարական պեղումներ, որոնք ամբողջովին հաստատել են գեոռադարային հանույթի արդյունքների հավաստիությունը:

1. Ներածություն

Երկրաֆիզիկական մեթոդները արդյունավետ են մակերեսային և մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման և ուսումնասիրման համար (Գևորգյան, 2015; Իգիթյան և ուր., 2015):

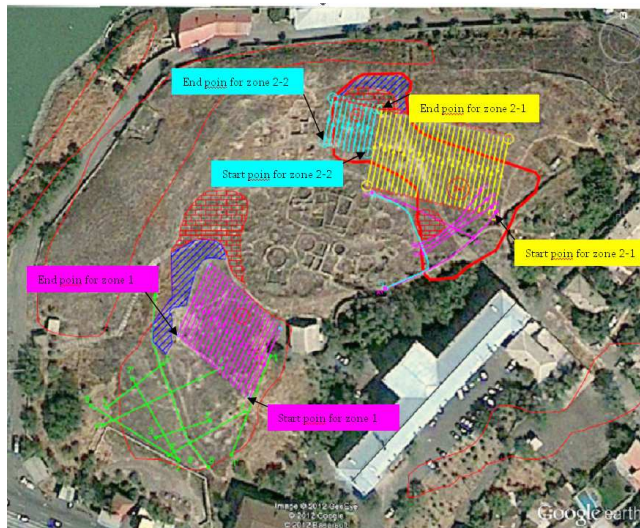
Այս մեթոդները վերջին ժամանակներս լայն կիրառվում են հնագիտության բնագավառում: Դրանք նպաստում են պատմամշակութային թաղված օբյեկտների հայտնաբերման և ուսումնասիրման աշխատանքներին: Իրականացված ուսումնասիրությունների արդյունքների հիման վրա հնարավոր է լինում մեծ ճշտությամբ կազմել տվյալ օբյեկտի եռաչափ մոդելը: Այդպիսի մեթոդներ են հանդիսանում գեոռադարային հանույթը, մագնիսահետախուզությունը և այլն: Այս աշխատանքում

քում կիրառվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթը հնագիտական խնդիրների լուծման նպատակով: Արտերկրում նմանատիպ աշխատանքներ իրականացվել են բազմաթիվ գիտնականների կողմից (Karakhanyan et al., 2014; Conyers et al., 2011; Hansen et al., 2014; Schultz et al., 2011; Novo et al., 2011; Okazaki et al., 2013; Zhao et al., 2013; Bersezio et al., 2007): ՀՀ տարածքում այսօրինակ ուսումնասիրություն կատարվում է առաջին անգամ:

2. Հետազոտությունների նկարագրությունը և մեթոդիկան.

Շենգավիթ բնակատեղիի տարածքում երկու փուլով իրականացվել են հնագիտա-երկրաֆիզիկական հետազոտություններ, առանձնացված 1 և 2 տեղամասերում, որոնց տեղադիրքը ներկայացվում է գեոռադարային հանույթի համար նախատեսված փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա (նկ.1):

Առաջարկվող տեղամասերում եռաչափ (3D) գեոռադարային հանույթ իրականացնելու և հնարավորինս մանրամասն տեղեկատվություն ստանալու նպատակով, տեղամասը բաժանվել է 3 կանոնավոր երկրաչափական մակերեսների, որոնք էլ բաղկացած են առանձին պրոֆիլներից, որոնց միջև հեռավորությունը եղել է 2 մետր՝ պայմանավորված հետազոտվող կառույցների չափերից: Բացի այդ, տեղամասերի առանձին հատվածներում, պայմանավորված ռելիեֆի, հնագիտական պեղումների և ժամանակակից կոմունիկացիոն գծերի առկայությամբ, իրականացվել են միայն պրոֆիլային հանույթներ:



Նկ.1. Առանձնացված 1 և 2 տեղամասերի տեղադիրքը փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա (հիմք՝ Google earth map)

Աշխատանքներում օգտագործվել է SIR-3000 (ԱՄՆ 2008թ.) գեոռադարային համակարգը, 200MHz հաճախականությամբ ընդունիչ և

տվիչ ալեհավաքով, ինչը թույլ է տվել սքանավորել մինչև 9 մետր խորությամբ երկրաբանական կտրվածքը, սակայն հաշվի առնելով հնագետների կարծիքը, հետազոտությունների խորությունը արհեստականորեն սահմանափակվել է 4.2մ խորությամբ:

Գեոռադարային զոնդավորման հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական իմպուլսների վերձանումը և զոնդավորման միջավայրի շերտերի սահմաններից անդրադարձած ազդանշանների գրանցումը, որոնք ունեն տարբեր էլեկտրաֆիզիկական հատկություններ: Հիմնական նպատակն է շերտերի սահմանների հզորության և տեղադրման խորության որոշումը:

Գեոռադարային համակարգի կիրառման համար մուտքային պարամետրեր են հանդիսանում տեսակարար մարումը և միջավայրում էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման արագությունը, որն էլ իր հերթին ներկայացնում է միջավայրի էլեկտրական բնութագիրը: Միննույն ժամանակ, մարումը բնութագրում է զոնդավորման խորությունը, իսկ արագությունը մինչև անդրադարձման սահմանն ընկած հեռավորությունը: Միջավայրում էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման արագությունը կախված է նրա դիէլեկտրիկ և մագնիսական թափանցելիության աստիճանից:

Այսպիսով, արագությունը միջավայրում հակադարձ համեմատական է միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությանը, որտեղ C -ն լույսի արագությունն է վակուումում:

$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$$

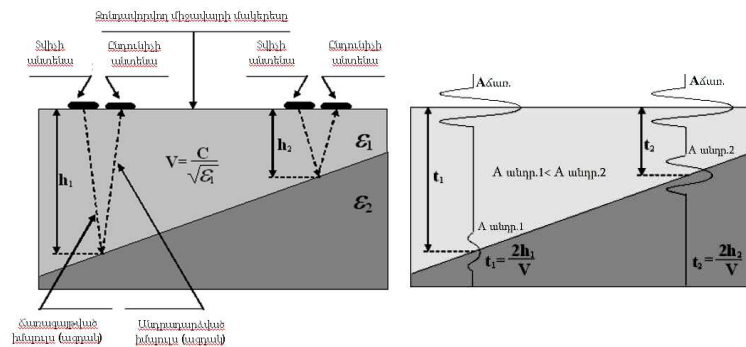
Այսպիսով, միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը և նրանց արագությունը էապես կախված չեն գրունտների տատանման հաճախականությունից և նրանց տիպից, բայց խիստ կախված են գրունտների ջրհագեցվածության մակարդակից:

Առաջին մոտեցմամբ էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածումը ենթարկվում է երկրաչափական օպտիկայի օրենքներին: Գեոռադարային հանույթի դեպքում միջավայրում հիմնական գործընթացները, դրանք ալիքների անդրադարձումը և դիֆրակցումն են (Владов и др., 2004):

Ալիքի նորմալ անկման դեպքում տարբեր ϵ դիէլեկտրիկ թափանցելիություն ունեցող երկու (1 և 2) միջավայրների անդրադարձման գործակիցը հավասար է.

$$K_{0\pi} = \frac{\sqrt{\epsilon_2} - \sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}}.$$

Անդրադարձած էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման սխեման, նրա ամպլիտուդան և տարածման պարբերությունը կունենան հետևյալ տեսքը (նկ.2):



Նկ.2. Անդրադարձված էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման սխեման a) և նրա ամպլիտուդան ու պարբերությունը b)

Դաշտային չափումների արդյունքները մշակվել են Radan 6.5 համակարգչային փաթեթի կիրառմամբ (RADAN Software, 2007):

Ռադարոգրամայի գունային բաժանումը համապատասխանում է այս կամ այն միջավայրի, կամ գրունտների տատանումների սեփական պարբերությանը կամ նրանց բնորոշ ամպլիտուդային ու հետևաբար խտությունների բախշմանը:

Որպես արդյունք, գեոռադարային հանույթի վերջում ալեհավաքներից ստացված տեղեկատվությունը կամ հսկայածավալ ռադարոգրամաների խումբը գրանցվում է ֆայլի տեսքով, որպես էլեկտրամագնիսական ալիքների խումբ, որն էլ հետագայում ինտերպոլացվում և վիզուալացվում է հետագոտված տեղամասի երկրաբանական կտրվածքների կամ եռաչափ մոդելի տեսքով, որոնք կներկայացվեն ստորև՝ առանձին տեղամասերի նկարագրության ժամանակ (Владов и др., 2004):

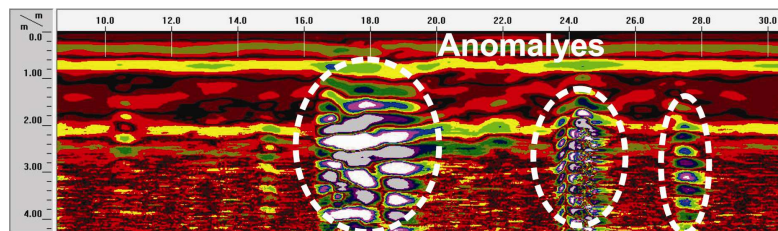
3. Ստացված արդյունքներ

Իրականացված 3D գեոռադարային հանույթի 3 տեղամասերը և առանձին պրոֆիլների տեղադիրքերը ներկայացված են փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա (նկ.1):

Ստորև ներկայացվում է առանձին տեղամասերի նկարագրությունը եռաչափ հանույթի արդյունքում:

Եռաչափ հանույթի ժամանակ առանձնացվել են երեք հիմնական հորիզոններ, որոնցից առաջինը 0-1.2մ խորությունն է, որը հիմնականում ներառում է ժամանակակից կոմունիկացիոն գծեր կամ բետոնի առկայություն: Երկրորդ՝ մեզ համար ամենահետաքրքիր խորությունը, տարածվում է 1.2-2.8մ սահմաններում և հիմնականում ներառում է հնագիտական օբյեկտներ. պատեր, խորշեր և այլն: Երրորդ՝ վերջին շերտը, հիմնականում լցված է ավելի խիտ նստվածքներով, տեղ-տեղ պարունակում է հնագիտական տեսակետից հետաքրքրություն ներկայացնող տարրերի ֆրագմենտներ (կամ մասնիկներ):

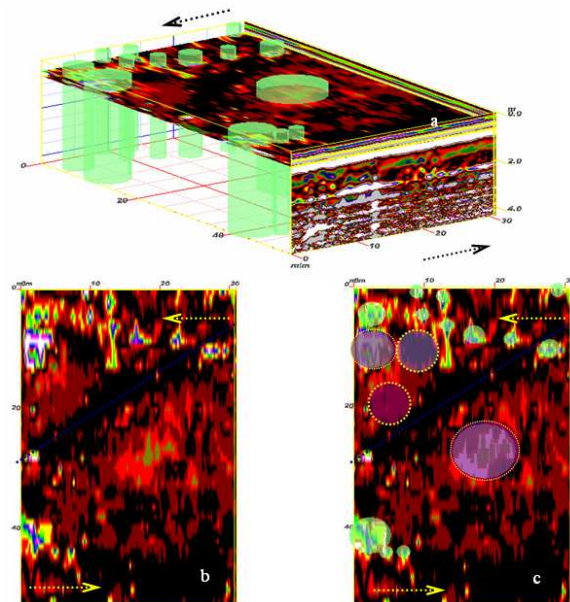
Տեղամաս II-I –ը ընդհանուր պլանի վրա (նկ.1), ներկայացված է դեղինով: Ինչպես երևում է այդ նկարից եռաչափ հանույթը բաղկացած է եղել առանձին պրոֆիլներից, որոնց վրա առանձնացված են երկրակեղևի վերին 4 մետր շերտում տեղ գտած անոմալիաները՝ որպես դատարկություններ, պատեր և այլն (նկ.3):



Նկ.3. 2D գեոռադարային հանույթի առաջին պրոֆիլը առանձնացված տարրերով

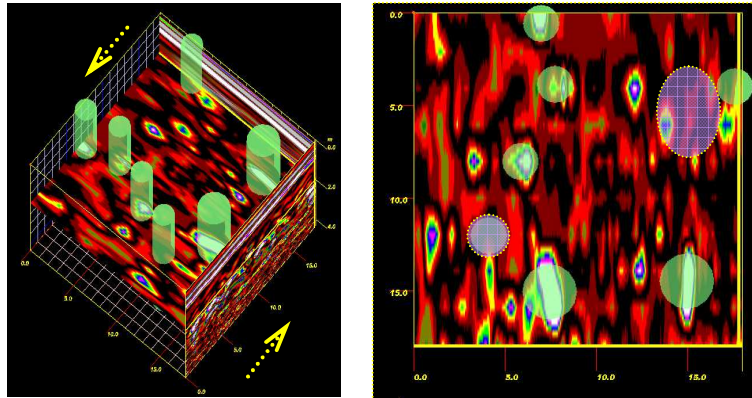
Նկար 3-ում ներկայացված է գեոռադարային ռադարագրամմայի մշակումը, որի արդյունքում ներփակող ապարներից հստակ առանձնանում են անոմալիաները, որոնք նշված են կետագծերով: Ուսումնասիրվող տեղամասում հայտնաբերվել են մի շարք նմանատիպ անոմալիաներ: Վերջիններիս տարածական պատկերը ստանալու համար իրականացվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթ, որի տվյալների հիման վրա կազմվել են անոմալիաների եռաչափ մոդելներ:

Բոլոր տեղամասերի եռաչափ մոդելները կազմելիս օգտագործվել են պրոֆիլներով առանձնացված անոմալիաները (նկ.4):



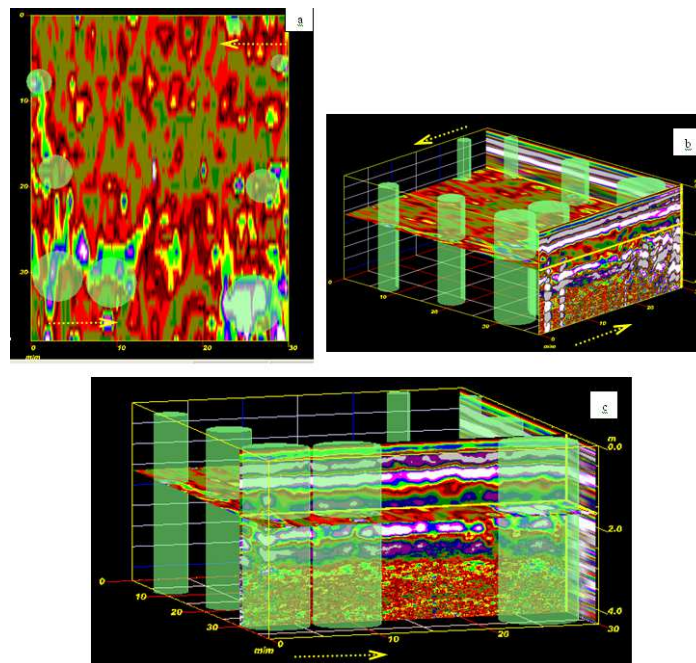
Նկ.4 a-c. II – I Տեղամասում առանձնացված անոմալիաները ըստ առաջնահերթության

Տեղամաս II-II–ը ընդհանուր պլանի վրա (նկ.2) ներկայացված է երկնագույնով, իսկ հետազոտությունների արդյունքները նկար 5-ում:



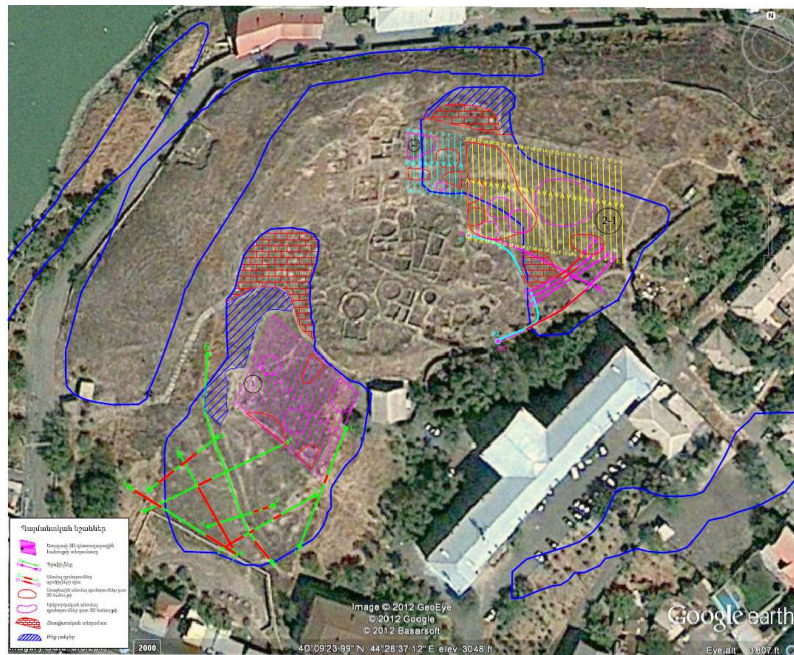
Նկ.5. Տեղամաս II-II ֆիքսված անոմալիաները, մանուշակագույնով ներկայացված է երկրորդական անոմալ դրսևորումը, իսկ առաջնային են համարվում կանաչով առանձնացված շրջաններով ընդգծված անոմալիաները

Տեղամաս I–ը ընդհանուր պլանի վրա (նկ.1) ներկայացված է մանուշակագույնով: Առանձնացված անոմալիաների ներկայացված են նկար 6-ում:



Նկ.6. Տեղամաս I ֆիքսված բոլոր հիմնական անոմալիաները, a- հարթության վրա, b և c եռաչափ կառուցվածքում

Գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալների արդյունքում հիմնականում առանձնանում են զլանաձևին մոտ մարմիններ, որոնք տեղակայված են երկրի մակերեսից մոտավորապես 1.2-2.8մ խորություններում: Այդ մարմիններն ունեն ուղղահայաց տարածում: Երկրաֆիզիկա-հնագիտական վերլուծության արդյունքում նմանատիպ զլանային անոմալիաները կապվում են հնագիտության հետ և համարվում են հեռանկարային տեղամասեր՝ պեղումներ իրականացնելու համար:

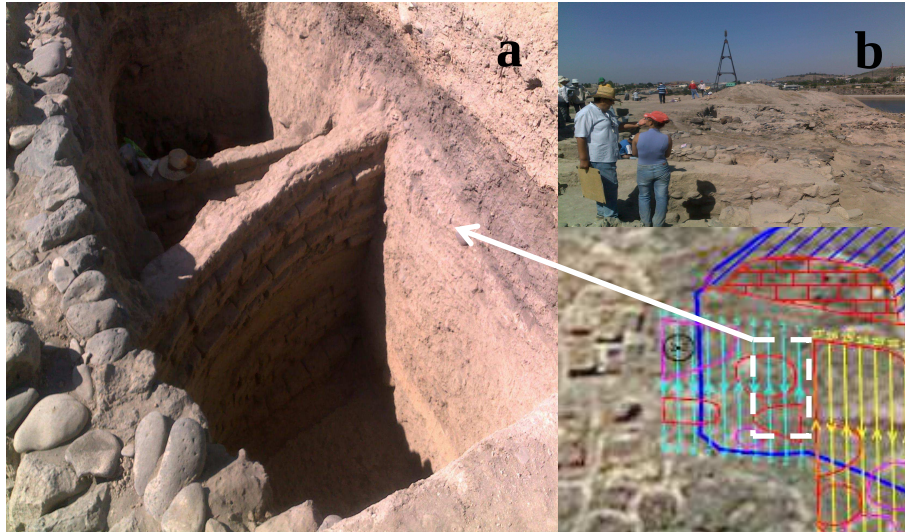


Նկ.7. Առանձնացված հեռանկարային հնագիտական տեղամասերը հետազոտված տարածքի փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա

Այնուհետև դրանք տեղադրվել են փաստացի նյութերի դաշտային սխեմատիկ քարտեզի վրա (նկ.7):

Գեոռադարային հանույթի ուսումնասիրությունների հիման վրա իրականացվել են հնագիտական պեղումներ, որոնց արդյունքում հաստատվել են ստացված տվյալները (նկ.8):

Նկար 8-ի b մասում պատկերված է դաշտային աշխատանքների փաստացի նյութերի սխեմայի այն հատվածը, որը, ըստ երկրաֆիզիկական տվյալների, հեռանկարային է հնագիտական պեղումներ կատարելու տեսակետից: Նկարի a հատվածում պատկերված է պեղումների արդյունքում բացահայտված պատմամշակութային կոթողը, որը զլանաձև է և մեծ ճշտությամբ համընկնում է գեոռադարային եռաչափ հանույթով ստացված անոմալ օբյեկտի հետ:



Նկ.8. Առանձնացված հեռանկարային հնագիտական տեղամասերը և դրանց պեղման արդյունքները

4. Եզրակացություն

Հետազոտված առանձին տեղամասերը, շատ հետաքրքրական էին երկրաֆիզիկական դաշտերի բազմազանության, ինչպես նաև կուտակված նյութի հարստության տեսակետից: Նախապես նշենք, որ հետազոտված ամբողջ տարածքը հարուստ է հնագիտական տարաբնույթ և տարբեր աստիճանի քայքայված կառույցներով, ինչը բավական բարդ իրավիճակ էր ստեղծում գեոռադարային հանույթի համար, շատ դեպքերում ստացվում էին իրարամերժ արդյունքներ, կախված կառույցի առանձին տարրերի քայքայվածության աստիճանից կամ պատրաստված նյութի խտությունից: Այդ պատճառով ընդհանուր դաշտում հնագիտական տեսակետից հետաքրքրական տեղամասերը մեր կողմից առանձնացվել են մեծ վերապահումներով և զգուշությամբ, միայն բազմակողմանի վերլուծության արդյունքում են ընտրվել և քարտեզագրվել տեղամասեր, որոնք հետագայում կարող են ուղեցույց հանդիսանալ հնագետների հետազոտությունների համար:

Հեռանկարային հնագիտական տեսանկյունից ստացված տեղեկատվությունը գնահատվել է նկար 7-ում առանձնացված տեղամասերով, որոնք եռաչափ մոդելներում և երկրաբանական կտրվածքներում աչքի են ընկնում մեծ քանակի վառ արտահայտված անոմալ դրսևորումներով՝ ստորգետնյա արհեստական (անտրոպոգեն) դատարկություններով և իրենց հատուկ պատերով:

Ուսումնասիրված ամբողջ տարածքի համար հետաքրքրական խորությունները առավելագույնը տարածվում են մինչև 3 մետրի նիշը,

առավելագույն անփոփոխ կամ կայուն մնացած խորությունը 2 մետրն է, որտեղ հիմնականում պահպանված են հնագիտական կառույցների կամ դրանց պատերի հիմքերը:

Միևնույն ժամանակ հարկ ենք համարում նշել, որ առանձնակի ուշադրության են արժանի այն տեղամասերում հայտնաբերված անոմալիաները, որոնք տեղադրված են կամ կապվում են կտրվածքի գոգավոր կառուցվածքների հետ, ինչը մեր կարծիքով բնութագրական է Շենգավիթ բնակատեղիի հնագիտական տեղամասի համար:

Պատկերը ավելի պարզ և նկարագրության տեսակետից մատչելի դարձնելու համար պետք է նշենք, որ առանձնացված անոմալիաների մի մասը հաստատվել են պեղումների ժամանակ (նկ.8):

Օգտագործելով գեոռադարային հանույթի տվյալները մյուսների համար կառուցվել են եռաչափ մոդելներ: Գեոռադարային ուսումնասիրությունների, եռաչափ մոդելների և հնագիտական տվյալների համատեղ վերլուծության արդյունքում առանձնացվել են հեռանկարային անոմալիաներ՝ հնագիտական պեղումների տեսակետից: Նմանատիպ վերլուծությունների արդյունքում ուսումնասիրվող տեղամասում առանձնացվել են ավելի քան 20 օբյեկտ:

Գրականություն

- Գևորգյան Մ.**, Գեոռադարի օգտագործումը հնագիտասելյամոլոգիական հետազոտություններում Ամենհոտեպ III Փարավոնի տաճարի տարածքում (Լուսոտր, Եգիպտոս): ԵՊՀ ՈՒԳԸ Գիտական հոդվածների ժողովածու: ԵՊՀ, հրատարակչություն, բնական գիտություններ, 2015, N1.2(5), էջ 86- 93:
- Իզիթյան Հ.Ա., Գևորգյան Մ.Ռ., Դուրգարյան Բ.Ռ., Բաբայան Հ.Ե.** “Ակտիվ խզվածքների գոտում մերձակերեսային ձեղքվածքների հայտնաբերումը գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ (ՍՅՈՒՆԻՔ, ՀԱՅԱՍՏԱՆ)” ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր Գիտություններ Երկրի մասին, 2015, N2, էջ 61-70:
- Владов М., Старовойтов А.**, Введение в георадиолокацию. Учебное пособие-М:Издательство МГУ, 2004, с.25.
- Bersezio R., Giudici M. and Mele M.** Combining sedimentological and geophysical data for highresolution 3-D mapping of fluvial architecture elements in the Quaternary Po plain (Italy). *Sedimentary Geology* 202, 2007, p. 230-248.
- Conyers B L.** «Discovery, mapping and interpretation of buried cultural resources non-invasively with ground-penetrating radar» *JOURNAL OF GEOPHYSICS AND ENGINEERING*, J. Geophys. Eng., 2011, **8**, p.S13–S22.
- Hansen J.D., Pringle J.K. and Goodwin J.**, GPR and bulk ground resistivity surveys in graveyards: locating unmarked burials, in contrasting soil types. *Forensic Science International* 237, 2014, p.14-29.
- Karakhanyan A., Avagyan A., Sourouzzian H., Lopez Roa C., Gevorgyan M.** “Evidence of a Strong Earthquake in the Period Between 1200 and 900 BC Identified in the Temple of Amenhotep III and in Other Temples of the Ancient Thebes”. *Archaeological Heritage and Multidisciplinary Egyptological Studies*, vol 1, 2014, p.321-344.
- Novo A., Lorenzo H., Rial F.I. and Solla M.** 3D GPR in forensics: finding a clandestine grave in a mountainous environment. *Forensic Science International* 204: 2011, p.134-138.
- Okazaki H., Nakazato H. and Kwak Y.** Application of high-frequency ground penetrating radar to the reconstruction of 3D sedimentary architecture in a flume model of a fluvial system. *Sedimentary Geology* 293, 2013, p.21-29.
- RADAN Software:** The Most Advanced GPR Data Processing Software. Geophysical Survey Systems, Inc 2007.

- Schultz J.J. and Martin M.M.** Controlled GPR grave research: comparison of reflection profiles between 500 and 250 MHz antennae. *Forensic Science International*, 209, 2011, p. 64-69.
- Zhao W., Forte E., Pipan M. and Tian G.** Ground penetrating radar (GPR) attribute analysis for archaeological prospection. *Journal of Applied Geophysics* 97, 2013, p.107-117.

Գրախոսող՝ Ս. Առաքելյան

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (ШЕНГАВИТ, ЕРЕВАН)

М.Р. Геворгян, Р.Р.Дургарян, А.А.Игитян, Э.Э.Саакян

Резюме

Георадарное зондирование является геофизическим методом для изучения приповерхностных структур; данный метод имеет широкое применение в археологии. В основе георадарного сканирования лежит излучение электромагнитных импульсов и регистрация отраженных сигналов с границ слоев зондируемой среды, которые имеют разные электрофизические свойства. Основной целью является определения глубины залегания и мощностей границ слоев. Поскольку методика георадарного зондирования работает в непрерывном режиме и полученные неоднородности дают нам информацию относительно места, положения и размера неоднородности, по этой причине данная методика очень эффективна для проведения археологических исследований. Полученные результаты георадарной съёмки на участке Шенгавит послужили основой для проведения дальнейших археологических раскопок.

Были найдены захоронения культурно-исторических построек, а также выделены слои, которые содержали в себе данные о древних поселениях.

На основе данных георадарной съёмки на перспективных, с археологической точки зрения, участках были осуществлены экспериментальные раскопки, которые целиком подтвердили достоверность результатов георадарной съёмки.

THE APPLICATION OF GEO-RADAR FOR REVEALING ARCHAEOLOGICAL OBJECTS (SHENGAVIT, YEREVAN)

M.R. Gevorgyan, R.R.Durgaryan, H.A.Igityan, E.E.Sahakyan

Abstract

Geo-radar sounding is considered a geophysical technique to study subsurface structures, which is largely applied in the field of archeology. Geo-radar sounding is based on the analysis of electromagnetic pulses and record of

signals reflected from the layers of the sounding environment that have different electrical and physical properties. The main purpose is to determine the boundaries, thickness, and bedding depth of the layers. Considering the fact that the geo-radar sounding is operated in continuous mode and that the detected inhomogeneities may inform us on the location, position, and dimensions of an object producing inhomogeneity, the technique has been proven to be very efficient in the course of realization of archeological studies. At the Shengavit site, the results of the geo-radar survey have served the basis for further archeological excavations.

A series of buried historical and cultural structures and layers containing information related to the ancient settlements were identified. Trial excavations have been carried out within the sites mapped by the geo-radar survey data which have completely proven the credibility of the findings of the geo-radar survey.