

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ ՄԻՔԱՅԵԼ ՌԱԴԻԿԻ

**ՊԱԼԵՈՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԵՎ ՀՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ
ՆՊԱՏԱԿՈՎ ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ
ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ ԵՎ ԱՌԱՋՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
(ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՎ ԵԳԻՊՏՈՍԻ ՕՐԻՆԱԿՆԵՐՈՎ)**

Ատենախոսություն

ԻԴ.01.08 «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման
երկրաֆիզիկական մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝

Երկրաբանական գիտությունների դոկտոր,

Ա.Ս.Կարախանյան

Երևան, 2018

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

	ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	3
ԳԼՈՒԽ 1.	ՀԱՐՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՎԻՃԱԿԸ.....	10
1.1	Նմանատիպ աշխատանքների միջազգային փորձը.....	10
1.2	Գեոռադարային հանույթի կիրառումը գեոարխեոլոգիայում.....	13
1.3	ՀՀ-ում իրականացված աշխատանքներ.....	20
1.4	ԱՄՓՈՓՈՒՄ.....	24
ԳԼՈՒԽ 2.	ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹԻ ԵՎ ՄՏԱՑՎԱԾ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	26
2.1	Գեոռադարային զոնդավորման մեթոդաբանությունը.....	26
2.2	Գեոռադարային մեթոդի կիրառումը գետտեխնիկական և պալեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրություններում.....	32
2.3	Գեոռադարային տվյալների մշակման մեթոդաբանությունը.....	40
2.4	ԱՄՓՈՓՈՒՄ.....	43
ԳԼՈՒԽ 3.	ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ԵՐԿՉԱՓ ԵՎ ԵՌԱՉԱՓ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՊԱՏՄԱՄՇԱԿՈՒԹԱՅԻՆ ՕՔՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ԵՎ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՆԵՐՈՎ (ԳԵՂԱՐՈՏ ԵՎ ՇԵՆԳԱՎԻԹ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐԻ ՕՐԻՆԱԿՆԵՐՈՎ).....	45
3.1	Գեղարոտ տեղամաս.....	45
3.2	Շենգավիթի տեղամաս.....	72
3.3	ԱՄՓՈՓՈՒՄ.....	78
ԳԼՈՒԽ 4.	ԵԳԻՊՏՈՍԻ ԼՈՒՔՍՈՐ ՔԱՂԱՔԻ ԱՄԵՆՀՈՏԵՊ III ՓԱՐԱՎՈՆԻ ՏԱՃԱՐԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ԵՐԿՉԱՓ ԵՎ ԵՌԱՉԱՓ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ԳԵՈԱՐԽԵՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ.....	80
4.1	Տարածքի աշխարհագրական տեղադիրքը.....	80
4.2	Տարածքի արխեոսեյսմաբանական ուսումնասիրությունները.....	82
4.3	Տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասի ուսումնասիրությունները	85
4.3.1	Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների մեկնաբանում	86
4.3.2	Գեոռադարային եռաչափ հանույթը և ստացված արդյունքները...	88
4.4	Տաճարի կենտրոնական տեղամասի ուսումնասիրություններ.....	93
4.4.1	Երկրաֆիզիկական աշխատանքների արդյունքները.....	95
4.4.2	Գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալները և դրանց վերլուծությունը.....	96
4.5	Տաճարի հյուսիս-արևմտյան տեղամասի ուսումնասիրությունները.....	101
4.5.1	Գեոռադարային հանույթի ստացված արդյունքները և դրանց մշակումը.....	103
4.6	ԱՄՓՈՓՈՒՄ.....	108
	Եզրակացություններ և առաջարկություններ.....	110
	ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ.....	111

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Գեոռադարային հանույթի կիրառման ոլորտները, մեթոդիկան, օգտագործման առանձնահատկությունները, ստացված արդյունքները և դրանց բազմակողմանի մեկնաբանությունները ներկայացված և քննարկված են աշխատանքում որպես կիրառական խնդիրների ավարտուն արդյունք:

Գեոռադարային հանույթը նախկինում Հայաստանում համարյա թե չի օգտագործվել, սարքավորումների թանկ և ոչ հարմար (պայմանվորված մեծ չափսերով) լինելու պատճառով: Ներկայումս տեխնոլոգիաների սրընթաց զարգացումը և շուկայում առողջ մրցակցությունը հանգեցրել են սարքավորումների մատչելիությանը և դրանց օպտիմալ չափերին և, որպես հետևանք, նրանց կիրառմանը:

Ի թիվս մյուս երկրաֆիզիկական մեթոդների գեոռադարային համակարգի աշխատանքը նույնպես հենվում է ֆիզիկական դաշտերի փոփոխությունների գրանցումների, մշակման և վերլուծության վրա: Այս մեթոդը համեմատում են սեյսմոհետախուզական հետազոտություններում կիրառվող անդրադարձած ալիքների մեթոդի հետ, քանի որ այստեղ նույնպես գործ ունենք ալիքների տարածման, դրանց տարաբնույթ ձևափոխությունների և գրանցման հետ: Սակայն, գեոռադարային համակարգի դեպքում ոչ թե առաձգական ալիքների մասին է խոսքը, այլ էլեկտրամագնիսական: Մեթոդում օգտագործվում է ալիքների տվիչ-ընդունիչ սկզբունքը: Գրանցումների արդյունքում ստացված նյութը նախապատրաստվում և ենթարկվում է մշակման համակարգչային ծրագրային փաթեթների կիրառմամբ: Վերջնական ճշգրտված կտրվածքները, քարտեզները, կառուցված մոդելները քննարկվում և վերլուծվում են:

Վերջին տարիներին լայն կիրառում ստացած գեոռադարային հետազոտությունները ընդգրկում են ուսումնասիրությունների բավական լայն սպեկտր.

- հնագիտությունում – հնագիտական տեղամասերի առանձնացում, դրանց որակական և քանակական բնութագրերի պարզաբանում,

- երկրաբանությունում - տարաբնույթ երկրաբանական անհամասեռությունների մերձմակերևույթային ուսումնասիրություն, երկրաբանական կտրվածքների կառուցում, գրունտային ջրերի մակարդակի որոշում,
- ստորգետնյա կոմունիկացիաների քարտեզագրում (խողովակաշարեր, մալուխներ),
- շինարարական կառուցվածքների որակի գնահատում:

Թվարկված բոլոր ոլորտներում հետազոտությունները իրականացվում են առանց ուսումնասիրման գրունտի մակերեսի վնասման: Ուսումնասիրությունների արդյունքում ստեղծվում, կառուցվում են երկրաֆիզիկական կտրվածքներ, քարտեզներ և եռաչափ մոդելներ: Տեղեկատվության մշակումը և վիզուալիզացիան իրականացվում է թվային միջավայրում, համապատասխան համակարգչային փաթեթների կիրառմամբ:

Ներկայացվող աշխատանքը հիմնականում վերաբերվում է պալեոսեյսմոլոգիական և հնագիտական ոլորտներին:

Հնագիտական ուսումնասիրություններում երկրաֆիզիկոսների և երկրաբանների լուծման հայտնի է եղել դեռ նախորդ դարի կեսերից: Սակայն գեոռադարային համակարգի կիրառումն ու ստացված նյութերի մեկնաբանումը նոր շունչ հաղորդեցին հնագիտական հետազոտություններին, ապահովվեց ուսումնասիրությունների զգալի արդյունավետություն ինչպես գիտական, այնպես էլ ֆինանսական տեսակետից թե Հայաստանում, թե արտերկրում:

Թեմայի արդիականությունը

- Հնագիտական հետազոտություններում գեոռադարային ուսումնասիրությունները ապահովում են պեղումների հեռանկարային և առավել արդյունավետ տեղամասերի ընտրությունը:
- Սեյսմավտանգ տարածքներում գեոռադարային հանույթը հնարավորություն է ընձեռնում ստանալ վստահելի տվյալներ ակտիվ խզվածքների և սեյսմածին գոտիների քարտեզագրման նպատակով:

- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթները օպերատիվ և տնտեսապես շահավետ են ստորգետնյա կոմունիկացիաների որոնման, հայտնաբերման և բնութագրման համար:

Աշխատանքի նպատակը և լուծված խնդիրները

Գիտակիրառական համալիր ուսումնասիրությունների արդյունքում լուծվել են հետևյալ նպատակային խնդիրները.

- Առաջարկվել է ուսումնասիրությունների գեոռադարային համակարգի կիրառման տեխնոլոգիա, մեթոդաբանություն և կատարվել է մուտքային տվյալների ճշգրտում:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների կիրառման արդյունքում Հայաստանում, Վրաստանում, Եգիպտոսում ուսումնասիրվել և հայտնաբերվել են մակերեսային և մերձմակերեսային խզվածքային ստրուկտուրաներ:
- Իրականացվել է հնագիտական հեռանկարային տեղամասերի և օբյեկտների առանձնացում: Որոշվել են դրանց որակական և քանակական բնութագրերը:
- Գեոռադարային եռաչափ մոդելների և հնագիտական տվյալների համատեղ վերլուծության արդյունքում ՀՀ և Եգիպտոսի պատմամշակութային տեղամասերում առանձնացվել են ավելի քան 170 անոմալիաներ, որոնք հեռանկարային են հնագիտական պեղումների տեսակետից, հայտնաբերվել և պեղվել են պատմամշակութային օբյեկտներ:

Պաշտպանվող դրույթները

- Հիմնավորվել է գեոռադարային համակարգի կիրառման, ստացված տվյալների մշակման և մեկնաբանման մեթոդաբանությունը գեոարխեոլոգիական և պալեոսեյսմոլոգիական խնդիրների լուծման նպատակով:
- Հաստատվել է, որ գեոռադարային հանույթի իրականացման համար էմպիրիկ եղանակով ընտրված մուտքային արժեքները և ֆունկցիոնալ պարամետրերը

թույլ են տալիս բավական մեծ ճշտությամբ հայտնաբերել, առանձնացնել և բնութագրել որոնվող կառուցվածքները և օբյեկտները:

- Գեոռադարային հանույթի կիրառման արդյունքում պեղվել և հաստատվել են մեր կողմից առաջարկված ՀՀ տարածքի Գեղարոտ և Շենգավիթ պատմամշակութային տեղամասերի հնագիտական օբյեկտները:
- Եգիպտոսի Ամենհոտեպ III Փարավոնի Տաճարի տարածքում երկրաբանական ուսումնասիրությունների և գեոռադարային համակարգի կիրառմամբ հաստատվել է գրունտների ջրիկացման (Soil liquefaction) փաստը և կազմվել է դրա մոդելը, հիմնավորվել են Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի սյունապատ սրահի սյուների հիմքերի իջեցումների պատճառները:

Հետազոտությունների գիտական նորույթը

1. Առաջարկվել են գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ գծային և տարածական օբյեկտների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և քարտեզագրման մեթոդաբանական նոր մոտեցումներ, ինչպես նաև անհրաժեշտ ֆունկցիոնալ մուտքային տվյալների արժեքներ, որոնք ապահովում են ուսումնասիրությունների արդյունքների հուսալիությունը և ճշտությունը:
2. Հայաստանի Հանրապետության տարածքի բարդ երկրաբանական պայմաններում առաջին անգամ իրականացվել է գեոռադարային համակարգի (սարքավորումներ և ծրագրային ապահովում) լայնամասշտաբ կիրառում փոքր խորություններում գտնվող (մինչև 30մ) տարբեր տիպի կառուցվածքների (օբյեկտների) ուսումնասիրման համար:
3. Առաջարկվող տեխնոլոգիական լուծումները թույլ են տվել իրականացնել հետազոտվող օբյեկտների բնութագրիչ ցուցանիշերի դաշտային էքսպրես վերլուծություն և գնահատում:
4. Գեոռադարային հանույթի օգտագործումն արդյունավետ մեթոդ է մակերեսային և մերձմակերեսային խզվածքային ստրուկտուրաների դիրքի

հայտնաբերման և պարամետրերի որոշման ինչպես նաև մշակութային ժառանգության օբյեկտների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և պահպանման համար:

Ուսումնասիրման մեթոդները

- Երկրաբանական, գեոռադարային և հնագիտական տվյալների համակարգված վերլուծություն, տարածքների և օբյեկտների 2D և 3D մոդելների կառուցում և հանույթի տվյալների մշակում;
- Ժամանակակից համակարգչային ծրագրերի կիրառում՝ Radan 6.5, AutoCAD, Surfer, GIS, CorelDRAW երկրաբանա-երկրաֆիզիկական և հնագիտական տվյալների մշակման և մեկնաբանման նպատակով:

Գեոռադարային մեթոդի կիրառման գործնական ոլորտները, նշանակությունը

- Հնագիտական օբյեկտների ուսումնասիրում, որոնում, առանձնացում:
- Տարածքների մակերեսային և մերձմակերեսային կառուցվածքների/տարրերի քարտեզագրում:
- Տարածքների սեյսմիկ գոտիավորում, սեյսմիկ վտանգի գնահատում:
- Ակտիվ երկրաբանական վտանգավոր երևույթների և պրոցեսների ուսումնասիրություն (սողանքների, նստեցումների, փլուզումների), լանջային գրավիտացիոն երևույթներ:
- Տեխնածին և գեոտեխնիկական կառույցների (ջրամբարների, պոչամբարների, ստորգետնյա ավազանների, քյարիզների) երկրաչափական և ծավալային պարամետրերի որոշում, ճշգրտում, կայունության գնահատում:
- Բնակավայրերի կառուցապատման պլանավորում, կայուն զարգացում:

Փորձահավաստիությունը և հրապարակումները

Աշխատանքի առանձին դրույթները զեկուցվել են Գերմանիայի Դաշնային Հանրապետության Կարլսրույեի Տեխնոլոգիաների Ինստիտուտում (Կառլսրույե, 2015), Վրաստանի Իլիա Պետական Համալսարանի կողմից Աբասթումանում և

Կազմակերպված միջազգային խորհրդաժողովներում (Աբասթուման, 2014; Կազբեկ, 2015), Շվեյցարիայի ազգային գիտական հիմնադրամի, Թբիլիսիի Պետական Համալսարանի և Վրաստանի Իլիա Պետական Համալսարանի կողմից կազմակերպված Առաջին Լեռնային Կովկասի Միջազգային Ֆորումում (Թբիլիսի, 2016), ՌԴ Գիտությունների Ակադեմիայի Վլադիկավկազի Գիտական Կենտրոնի կողմից կազմակերպված «Կովկասի խորքային կառուցվածքի երկրաբանա-երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություններ» միջազգային գիտաժողովում (Վլադիկավկազ, 2017), ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գիտական սեմինարներում, ԵՊՀ աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետում տեղի ունեցած գիտաժողովներում՝ Հայ գրատպության 500-ամյակին և ԵՊՀ ՌԻԳԸ հիմնադրման 65-ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովում (Երևան, 2013), Երևանի Պետական Համալսարանի հիմնադրման 95-ամյակին նվիրված հորեյանական գիտաժողովում (Երևան, 2015): Հրատարակվել են թեմայի վերաբերյալ 7 գիտական հոդվածներ գրախոսվող ամսագրերում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացությունից և առաջարկություններից, գրականության ցանկից՝ 94 անուն գրականությամբ, շարադրված է 122 էջի վրա:

Աշխատանքի կատարման վայրը և շնորհակալությունները

Ատենախոսությունը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների ինստիտուտում՝

Ե.գ.դ. Ա.Ս.Կարախանյանի

 ղեկավարությամբ: Հեղինակը հայտնում է իր խորին երախտագիտությունը գիտական ղեկավարին ցուցաբերած մշտական ուշադրության, արժեքավոր խորհուրդների և դիտողությունների համար: Աշխատանքներին աջակցելու, ինչպես նաև առանձին խորհուրդների համար շնորհակալություն եմ հայտնում Ֆ.-մ.գ.թ. Հ.Բաբայանին, Ե.գ.թ. Ռ.Միրիջանյանին, Ե.գ.թ. Ռ.Դուրգարյանին, Ե.գ.թ. Մ.Ավանեսյանին, Ե.գ.թ. Իգիթյանին, Ե.գ.դ. Ա.Ավագյանին, Է. Սահակյանին, Ս.Բաբայանին, Ս.Առաքելյանին: Հատուկ շնորհակալություն եմ հայտնում ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի տնօրինությանը և աշխատակիցներին՝ կազմակերպած

քննարկումների և օբյեկտիվ գնահատականների համար: Շնորհակալություն եմ հայտնում ԵՊՀ Աշխարհագրության և Երկրաբանության ֆակուլտետի երկրաֆիզիկայի ամբիոնի աշխատակիցներին: Երախտապարտ եմ «Գեոռիսկ» ՓԲԸ-ի ողջ կոլեկտիվին աշխատանքին օժանդակելու, ցուցաբերած օբյեկտիվ վերաբերմունքի և բազմակողմանի օգնության համար:

ԳԼՈՒԽ 1. ՀԱՐՑԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՎԻՃԱԿԸ

1.1 Նմանատիպ աշխատանքների միջազգային փորձը

Աշխատանքի հիմնական նպատակն է գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների կիրառմամբ պատմամշակութային օբյեկտների հայտնաբերումը, ուսումնասիրումը, քարտեզագրումը և եռաչափ մոդելավորումը: Այս հարցերն արդիական են մարդկության պատմության վերականգնման, բնապահպանական, և այլ տեսանկյուններից:

Մարդկության պատմության բոլոր ժամանակաշրջաններում վերոնշյալ խնդիրների լուծման բազմաթիվ փորձեր են իրականացվել:

Սկսած 19-րդ դարի սկզբից, առաջացած խնդիրների արդյունավետ լուծման համար պահանջվեծ տարբեր գիտական ուղղությունների համագործակցություն՝ հումանիտար մասնագետների (պատմաբաններ, հնագետներ, անթրոպոլոգներ) և բնագետների (երկրաբաններ, աշխարհագետներ, մորֆոլոգներ): Մասնավորապես, համագործակցության արդյունքում ստեղծվեծ գիտական ուղղություն՝ գեոարխեոլոգիա ընդունված անվանումով:

Գեոարխեոլոգիան իր մեջ ներառում է Երկրի մասին գիտությունները, մասնավորապես երկրաֆիզիկան, գեոմորֆոլոգիան, լիթոլոգիան, շերտագրությունը և այլն , և հնագիտությունը [38]:

Հնագիտական խնդիրների լուծման նպատակով երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառման հիմքում դրված են փնտրվող օբյեկտի հայտնաբերումը, ուսումնասիրումը և քարտեզագրումը, հիմնվելով օբյեկտի և միջավայրի ֆիզիկական հատկությունների չափումների տարբերության վրա, այդ թվում էլեկտրամագնիսականության, էլեկտրահաղորդականության, առաձգական պարամետրեր, խտություն և այլն:

1946 թ-ին հայտնի հնագետ Զ.Ատկինսոնը էլեկտրահետախուզական մեթոդների կիրառման միջոցով Մեծ Բրիտանիայում հայտնաբերեց Նեոլիթի ժամանակաշրջանի բնակավայրեր [11]: Նրա օրինակին հետևեցին իտալացի մասնագետներ Կ.Լերիչին և Ե.Կարաբելլին, որոնք երկրաֆիզիկական մեթոդների

կիրառման գործում հասան առավել զգալի հաջողությունների՝ հայտնաբերվեց և քարտեզագրվեց Հոռմից հյուսիս գտնվող Թափկվինիայի նիկրոպոլը (մեռյալ քաղաք) Բ.Ա. 5-4 դդ.[19]:

Ռուսաստանում 1957 թ-ին Ա.Վեյենբերգը և Ի.Կրուզովան էլեկտրահետախուզական մեթոդների օգնությամբ Ղրիմում հայտնաբերեցին անտիկ պատեր [7]:

Հետագայում բազմաթիվ երկրներում նշված մեթոդները մեծ հաջողությամբ կիրառվեցին ամենատարբեր պատմական հուշարձանների որոնման համար, այդ թվում բնակավայրերի, գյուղերի, գյուղաքաղաքների, գերեզմանաբլուրների, ինչպես նաև տաճարների, կառույցների փլատակների, հին ոռոգման ցանցերի և այլն:

Գեոարխեոլոգիան, որպես հետազոտություններ իրականացնող գիտական ուղղություն, նշվել է Կլաուդիո Վիտա Ֆինզի կողմից (1969թ., Քեմբրիջի համալսարան) [38]: Այդ ուղղությունը շարունակվեց Միջերկրական ծովի ավազանում հետազոտական աշխատանքներով, որոնք ցույց տվեցին, որ կլիմայական փոփոխությունները և մարդկային գործոնը միաժամանակ եղել են միջավայրի գլոբալ փոփոխության նախադրյալները դեռևս հոլոցենի ժամանակաշրջանում [35,36,64].

Երկրաբանական մեթոդների կիրառմամբ արձանագրվեց հնագիտական պեղումների արդյունավետության աճ, քանի որ երկրաբանական ուսումնասիրությունները հնարավորություն տվեցին առավել ճշգրիտ որոշել հնագիտական պեղումների համար կարևոր նշանակություն ունեցող տեղամասերը:

Օրինակ, զգալի էրոզիոն երևույթները, ջրհեղեղները, գետի հունի փոփոխությունները բերում են լանդշաֆտի մորֆոլոգիական ձևախախտումների: Գեոարխեոլոգիական հետազոտությունները թույլ են տալիս գնահատելու լանդշաֆտի դինամիկան, ուսումնասիրվող կամ որոնվող օբյեկտների տեղադիրքը, որոնք հաճախ թաղված են լինում նստվածքային շերտերում: Իրականացվող հետազոտական աշխատանքները հնարավորություն են տալիս վերականգնելու պատմական տեղեկատվությունը մարդու գործունեության և բնական երևույթների ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա:

Գեոարխեոլոգիական հետազոտությունների հիման վրա տպագրված առաջին գիտական աշխատանքը անդրադառնում է Մայաների հնագիտության դասական ուսումնասիրությանը՝ մասնավորապես հողի դեգրադացիային և դրա հետևանքներին [20].

Ջարամա կիրճում (Կենտրոնական լեռնաշղթա, Գվադալախարա նահանգ, Իսպանիա) տեղի ունեցած պալեո-ջրհեղեղի գեոարխեոլոգիական տվյալների հիման վրա ուսումնասիրվել է նախապատմական տեղամասի և ջրհեղեղի դինամիկայի միջև կապը, որը թվագրվել է սառցադաշտային ժամանակաշրջանի վերջում [32-34]: Գեոարխեոլոգիան, որպես գիտական տերմին, առաջին անգամ կիրառվել է 1976թ-ին [29]: Հետագայում մի շարք հեղինակներ տարբեր ժամանակահատվածներում տվել են գեոարխեոլոգիա տերմինի սահմանումները, ստորև ներկայացված են առավել ընդունված սահմանումները.

- «Երկրաբանական և աշխարհագրական մեթոդների կիրառումը հնագիտական տեսակետից հեռանկարային տեղամասերում՝ լանդշաֆտի դինամիկայի և պալեոմիջավայրերի ուսումնասիրման համար»:
- «Երկրաբանական մեթոդների և հնագիտական ուսումնասիրությունների կիրառումը հնագիտության բանագավառում » [70]:
- «Շրջապատող միջավայրի դինամիկայի ուսումնասիրություններ՝ կապված պատմության և հնագիտության հետ» [37]:

Վերջինս ունի ավելի լայն կիրառում, քան նախորդ սահմանումները:

Հետագայում երկրաֆիզիկական և երկրաքիմիական մեթոդների տեխնոլոգիական զարգացումը նպաստեցին երկրաբանության կիրառմանը հնագիտական խնդիրների լուծման համար: Մասնավորապես, երկրաֆիզիկական մեթոդների զարգացումը հնարավորություն տվեց մեծ ճշտությամբ ուսումնասիրել երկրակեղևի մերձակերեսային ստվարաշերտը [53,56-61]:

Հնագիտական ուսումնասիրությունների համար հետաքրքրություն ներկայացնող օբյեկտները հիմնականում ընկած են նստվածքային՝ մակերեսային և մերձակերեսային շերտերում: Մյուս կողմից, վերոնշյալ մեթոդները

հնարավորություն են տալիս բավական մեծ ճշտությամբ ուսումնասիրելու նստվածքային շերտերը, որի արդյունքում հնարավոր է դառնում հայտնաբերել և քարտեզագրել պատմամշակութային նշանակություն ունեցող օբյեկտները [65-68,76]: Նմանատիպ խնդիրների լուծման համար հիմնականում օգտագործվում են երկրաֆիզիկական էլեկտահետախուզական, գրավիտետախուզական, մագնիսահետախուզական, գեոռադարային և այլ մեթոդներ: Վերջիններիս կիրառումը հնարավորություն է տալիս կազմել պատմամշակութային օբյեկտների երկչափ և եռաչափ տեսքը, որի հիման վրա իրականացվում են հնագիտական պեղումները [21-27]: Գեոռադարային սքանավորման երկրաֆիզիկական եղանակը հնագիտական և մերձմակերեսային երկրաբանության ուսումնասիրություններում կիրառել են բազմաթիվ հեղինակներ [9,12,39-47,49]:

Ներկայացված ատենախոսությունում հնագիտական խնդիրների լուծման նպատակով կիրառվել են գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթները: Հնագիտական հետազոտություններն իրականացվում են Քոնյերսի կողմից առաջարկվող եղանակով [24,52,81]:

1.2. Գեոռադարային հանույթի կիրառումը գեոարխեոլոգիայում

Գեոռադարային հանույթը ունի լայն կիրառություն հնագիտական խնդիրների լուծման աշխատանքներում: Այն մեծացնում է հնագիտական պեղումների արդյունավետությունը՝ նվազագույնի հասցնելով լանդշաֆտի հնարավոր վնասումները: Ստորև ներկայացված են գեոռադարային հանույթով իրականացված հետազոտությունները և դրանց արդյունքները:

Գրասիա Վ. և ուրիշներ, 2000թ-ին Իսպանիայի Վալենսիա քաղաքի Մայր տաճարի տարածքում իրականացվել է գեոռադարային հանույթ, որի արդյունքում հայտնաբերվել են նախքան տաճարի ընդլայնումը կառուցված պատերը, ինչպես նաև դամբարաններ և գերեզմաններ: Ուսումնասիրությունների տվյալների վերլուծության արդյունքում առանձնացվել են մարդկային ակտիվ գործունեության

երեք շերտեր, որոնք համապատասխանում են Հռոմեական կայսրության, արաբական տիրապետության և միջին դարերի ժամանակշրջաններին [79]:

Բանո Մ. և ուրիշներ (2000) կիրառել են գեոռադարային (GPR) մեթոդը չորրորդական նստվածքների տեղամասերի կառուցվածքային առանձնահատկությունները պարզելու նպատակով [17]:

Կողաշարժային կինեմատիկայով բնորոշվող խզվածքի վրա, քաղաքային խիտ բնակեցված տեղամասերում՝ բարձր բնական աղմուկի պայմաններում, կարողացել են հստակ տարանջատումներ տալ բնական և անթրոպոգեն ծագման անոմալ դրսևորումներին [12]:

Մեդրուի և ուրիշներ 2001թ-ին կիրառել են գեոռադարային (GPR) և օժանդակ երկրաֆիզիկական մեթոդներ մերձմակերեսային ստվարաշերտում ակտիվ խզվածքի հայտնաբերման և պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու անցկացման արդյունավետ տեղամասը որոշելու նպատակով [61]:

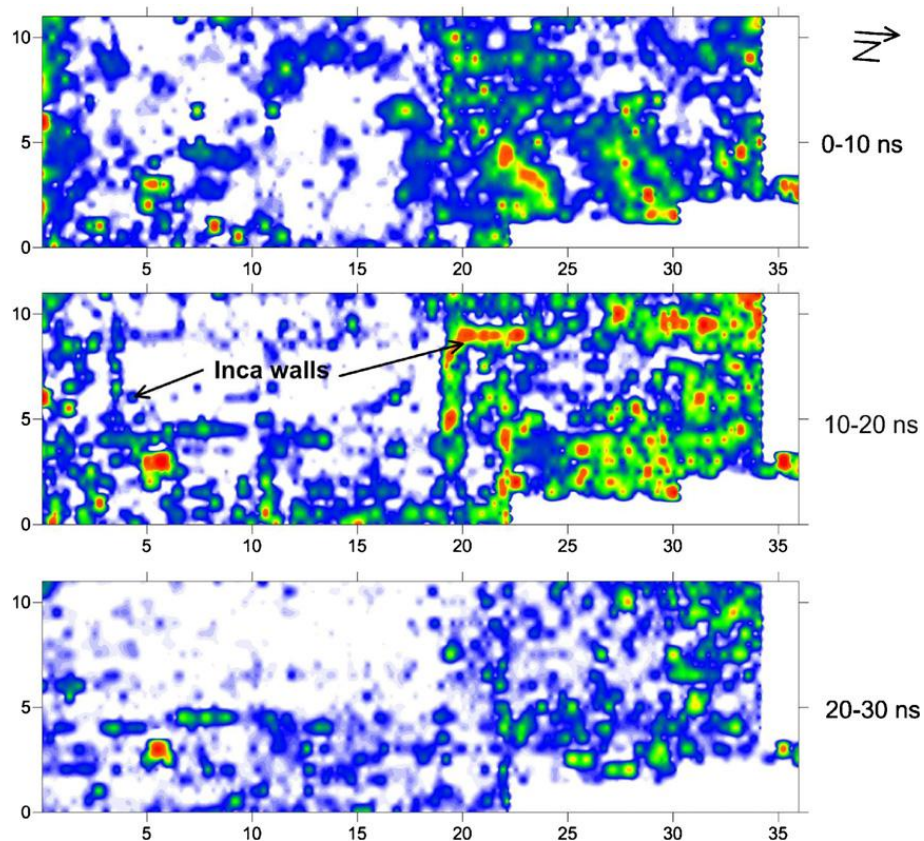
Նուգո Լ. և ուրիշներ, 2002թ-ին Իտալիայի Լեչիե քաղաքի 10 000 մ² մակերես ունեցող հնագիտական տեղամասում իրականացվել է գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթներ, որոնց արդյունքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են քայքայված շերտերը: Հնագիտա-երկրաֆիզիկական համատեղ վերլուծության արդյունքում դրանք կապվել են մարդկային ակտիվ գործունեության հետ [67]:

Գրոս և ուրիշներ, նաև Գրին և ուրիշները 3D GPR ուսումնասիրությունները կիրառել են Սան Անդրեաս խզվածքի մերձմակերևութային ստրուկտուրայի երկրաչափությունը և տեղաշարժերը նկարագրելու համար [44,45]:

Գրին և ուրիշներ 2003թ-ին կատարել են գեոռադարային եռաչափ (3D GPR) հետազոտություններ Երկրի մակերեսին չարտահայտված, սակայն ենթամակերևութային շերտերում տարածվող խզվածքները հայտնաբերելու նպատակով [44]:

Հենրիկե Լ. և ուրիշներ, 2005թ-ին Իսպանիայի Վիգո քաղաքում գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ հայտնաբերվել են Ք.Ա. 4000-3000 հնության դամբարաններ [48]:

2010 թվականին Կոնյերս Լ.-ն իրականացրել է գեոռադարային հանույթ հարավ արևմտյան Ամերիկայում գտնվող անապատում: Ուսումնասիրվող տարածքում առանձնացվել և քարտեզագրվել են անոմալ դրսևորումներ, որի արդյունքում կատարվել է տարածքի լանդշաֆտի հնագիտական առանձնահատկությունների եռաչափ վերլուծություն: Այս տարածքում երկրակեղևի մեծ դեպրեսիաները բացատրվում էին տեղամասում երբևէ գոյություն ունեցած արարողակարգային կառույցների առկայությամբ: Սակայն, գեոռադարային հանույթի արդյունքները ցույց տվեցին, որ այդ անոմալ դրսևորումներն ամենայն հավանականությամբ մեկ կամ մի քանի գյուղական կառույցների պատեր են: Այսպիսով, գեոռադարային եռաչափ հանույթի կիրառումը թույլ է տալիս վերլուծել հնագիտական օբյեկտները, և բացատրել նախապատմական ժամանակահատվածում մի շարք գործոնների ազդեցությունները այդ օբյեկտների վրա [25]:

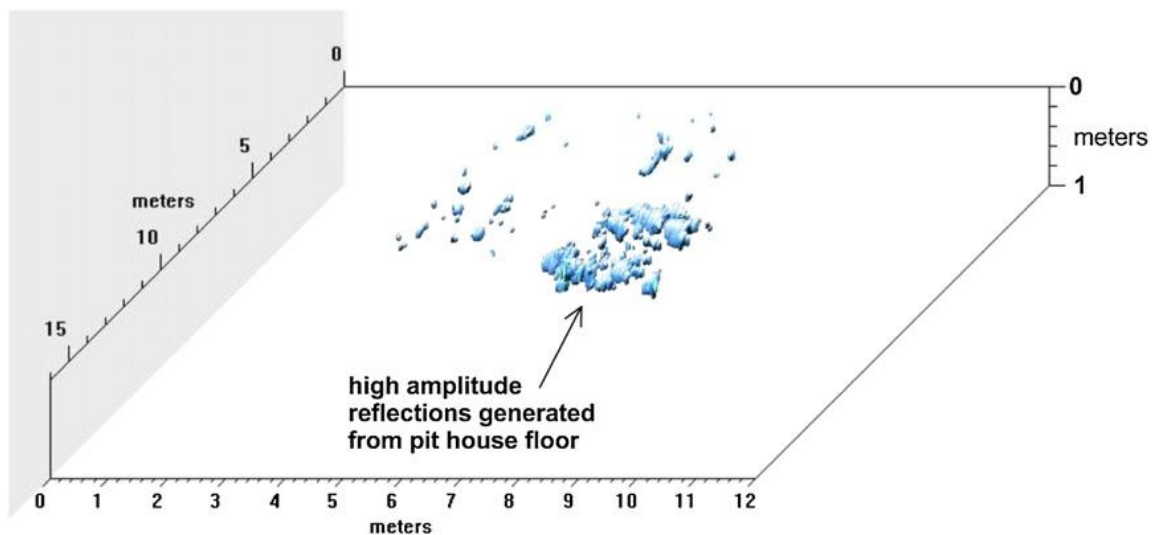


Նկար 1.1. Գեոռադարային հանույթի հորիզոնական շերտերի ըստ խորության վերլուծություն

2011 թվականին Կոնյերս Լ.-ն ուսումնասիրվող տեղամասում մերձակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման և ուսումնասիրման նպատակով իրականացրել է գեոռադարային 2D և 3D հանույթներ:

Նկ. 1.1-ում ներկայացված է գեոռադարային եռաչափ հանույթի հորիզոնական շերտերի ուղղահայաց վերլուծությունը, որի արդյունքում հայտնաբերվել են անոմալ օբյեկտներ: Դրանց հնագիտա-երկրաֆիզիկական համատեղ վերլուծության արդյունքում առանձնացվել են պատմամշակույթային նշանակություն ունեցող պատեր [26]:

Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների տվյալների հիման վրա կառուցվել է տեղամասի պատմամշակույթային նշանակություն ունեցող անոմալիաների եռաչափ մոդելը (նկ. 1.2):

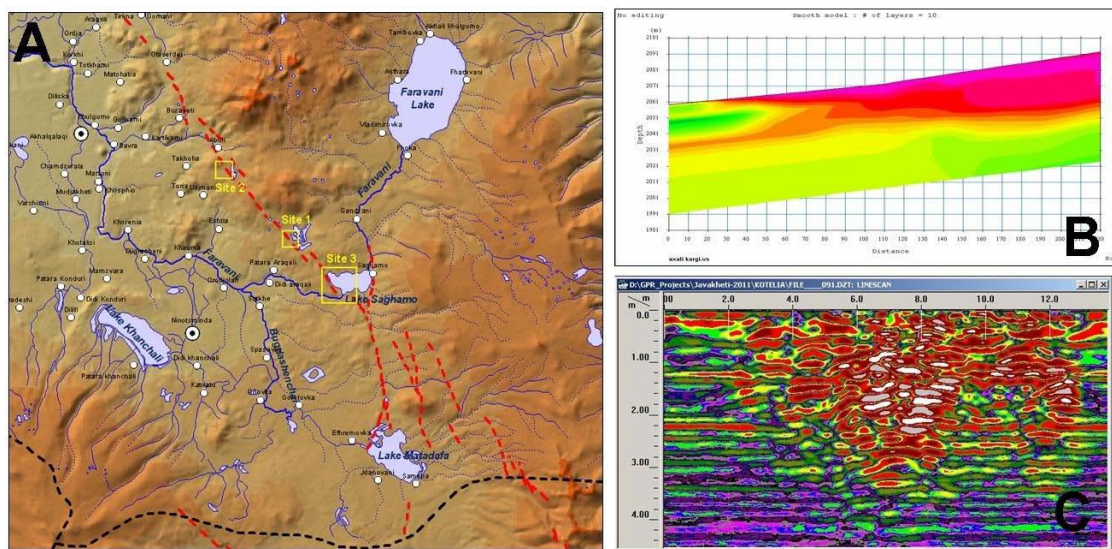


Նկար 1.2. Պատմամշակույթային նշանակություն ունեցող անոմալիաների եռաչափ մոդելը, որտեղ սլաքով նշված է տան հատակը [26]

Եռաչափ մոդելում ներկայացված մեծ ամպլիտուդան համապատասխանում է ավազաթմբերին, որոնցից պատրաստվել են բնակավայրի տների հատակները: Հիմնական օբյեկտի հարակից անոմալիաներն իրենցից ներկայացնում են քարեր, որոնք հնարավոր է մարդկային գործունեության արդյունք են (նկ.1.2): Ուսումնասիրությունների արդյունքում որոշվել է մարդկության գործունեության ակտիվության (անթրոպոգեն) շերտի ստորին սահմանը: Գեոռադարային երկչափ և

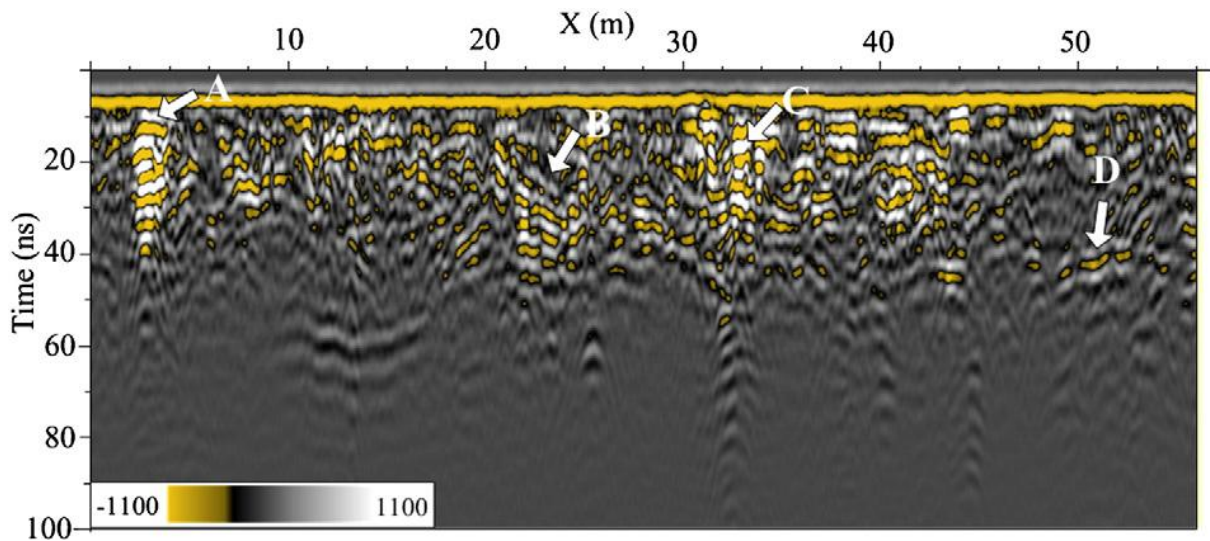
եռաչափ հանույթների տվյալներով առանձնացվել են հնագիտության տեսակետից հեռանկարային տեղամասերը և քարտեզագրվել են հետագա հնագիտական պեղումներ իրականացնելու նպատակով [26]:

Էլաշվիլի և մեր կողմից 2011թ-ին իրականացվել են Վրաստանի հանրապետության Զաքախքի լեռնաշղթայի հնագիտա-սեյսմոլոգիական և պալեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրություններ, որի ընթացքում գեոռադարային հանույթի տվյալների վերլուծության արդյունքում հայտնաբերվել է խզվածքային գոտի: Հանույթի արդյունքները հաստատվել են պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու միջոցով (նկ. 1.3) [31]:



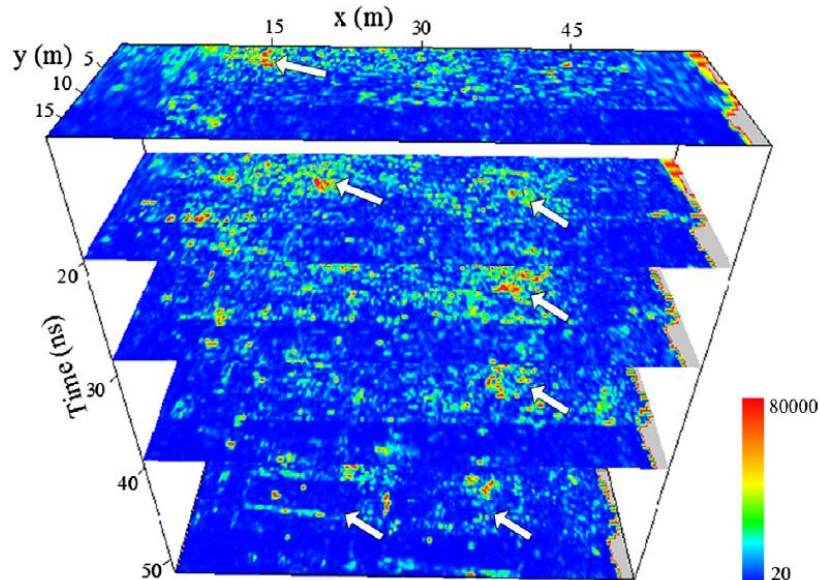
Նկար 1.3 A. Զաքախքի ակտիվ խզվածքի տարածումը (կարմիր) և ուսումնասիրվող տեղամասը (դեղին); B. Սկարային ուղղահայաց պրոֆիլով իրականացված սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի արդյունքները; C. GPR հանույթի պրոֆիլը պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու երկայնքով

Վենկե Զ. և ուրիշներ, 2013թ-ին Իտալիայի հյուսիս-արևելքում գտնվող Ակվիլեայի հնագիտական արգելոցի տեղամասում իրականացվել են երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություններ պատմամշակույթային օբյեկտների հայտնաբերման և ուսումնասիրման նպատակով:



Նկար 1.4. Գեոռադարային երկչափ հանույթի տվյալների մշակման օրինակ (տառերով նշված են անոմալիաները)

Արգելոցը հարուստ է Հռոմեական կայսրության ժամանակաշրջանի պատմամշակութային կոթողներով, որոնք հիմնականում թաղված են 3-4 մետր խորություններում: Տեղամասի նստվածքները հիմնականում ներկայացված են կավավազներով: Այդ օբյեկտների որոնման և հայտնաբերման նպատակով կիրառվել են երկչափ և եռաչափ գեոռադարային հանույթներ [81]: Նկար 1.4-ում ներկայացված է գեոռադարային երկչափ հանույթի տվյալների մշակման օրինակ :



Նկար 1.5. Գեոռադարային եռաչափ հանույթի ըստ խորության հորիզոնական շերտերի վերլուծություն, սլաքներով նշված են հնագիտական տեսակետից հեռանկարային անոմալիաները

Գեոռադարային երկչափ հանույթով հայտնաբերված անոմալիաների տեղամասերի առավել մանրամասն ուսումնասիրման նպատակով կիրառվել է եռաչափ հանույթ (նկ. 1.5):

Գեոռադարային հանույթների արդյունքներով հայտնաբերվել և տարանջատվել են հնագիտական թաղված մի շարք մարմիններ, այդ թվում աղյուսե պատեր, մեկուսացված քարե կտորներ և այլ տիպի հնագիտական մնացորդներ: Հայտնաբերված հնագիտական նշանակություն ունեցող անոմալիաները քարտեզագրվել են հետագա հնագիտական պեղումներ իրականացնելու նպատակով [81]:

2015 թվականին Ջաստին Կեմպ և ուրիշների կողմից Ավստրալիայի հարավ-արևմտյան հատվածում իրականացվել է գեոռադարային հանույթ, որի նպատակն է եղել հայտնաբերել պալեոգետի ռելիեֆը և բացահայտել դրա երկայնքով տեղակայված հնարավոր բնակավայրերը: Այս նպատակով իրականացվել է 8000 մետր քառ. մակերեսով գեոռադարային 3D հանույթ, որի արդյունքում հայտնաբերվել են հինգ անոմալիաներ: Դրանք քարտեզագրվել են և առանձնացվել են որպես հեռանկարային տեղամասեր հնագիտական պեղումներ իրականացնելու տեսանկյունից: Նշված տեղամասերում իրականացված հնագիտական պեղումների արդյունքում հայտնաբերվել է գետի պալեոռելիեֆը, ինչպես նաև դրա ափերին բնակավայրերի հետքերը: Ավստրալիայի հարավ-արևմտյան հատվածում հայտնաբերված բնակավայրի գոյությունը կարևոր է ռեգիոնալ մշակույթի պատմության վերականգնման համար: Այս տվյալները կարևորվում են ինչպես երկրաբանության և հնագիտության, այնպես էլ կենսաբանության տեսակետից, քանի որ բացահայտվել է ժամանակի ընթացքում շրջակա միջավայրի փոփոխությունները [53]:

1.3. ՀՀ-ում իրականացված աշխատանքներ

ՀՀ-ում հնագիտական խնդիրների լուծման նպատակով երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառումը լայն տարածում չի ունեցել: Նմանատիպ խնդիրների լուծմամբ զբաղվել են Ռ.Մինասյան, Գ.Մարկոսյանը և ուրիշներ:

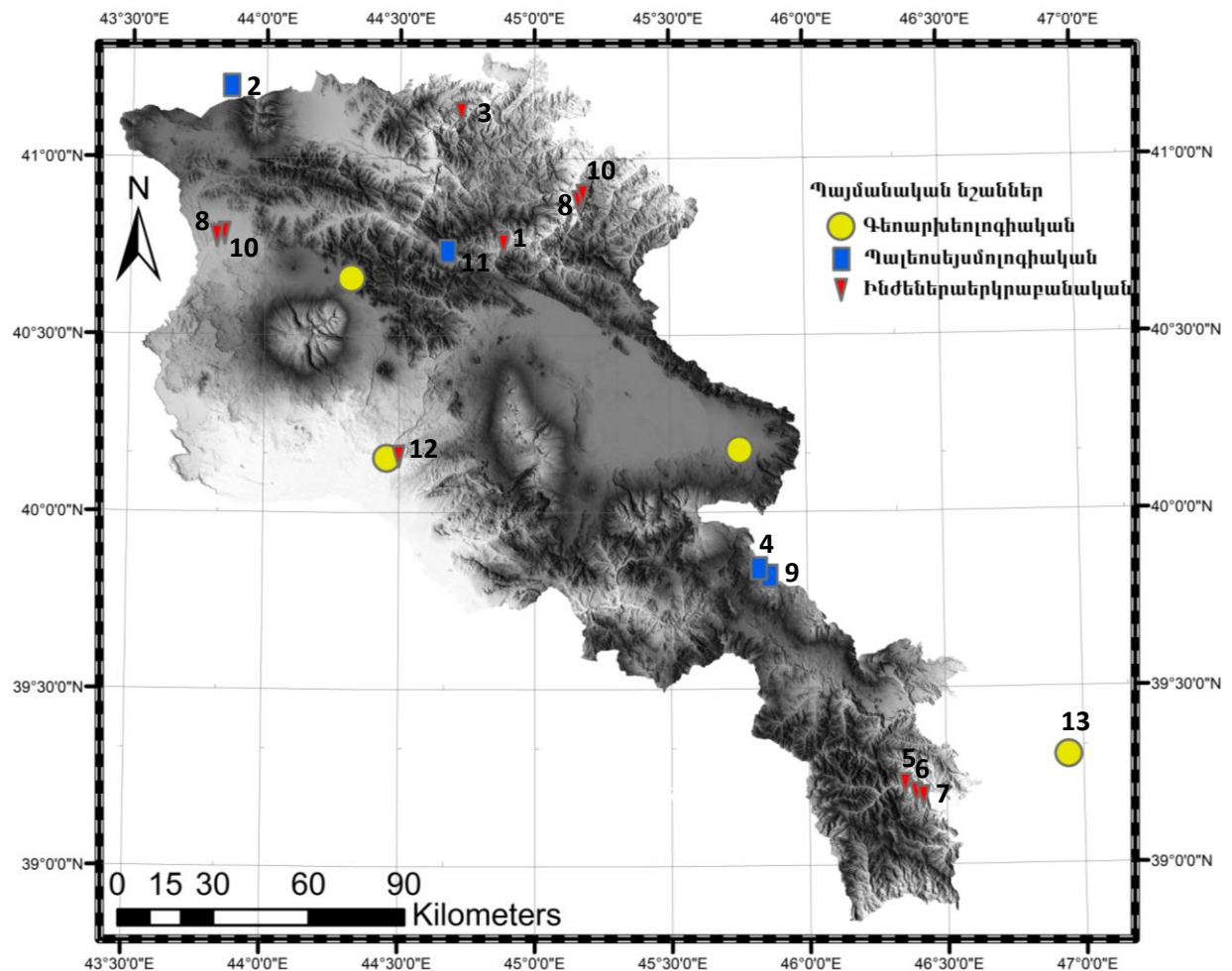
Ռ.Մինասյան և ուրիշները 1999թ-ին Եղվարդ գյուղից 3 կմ հյուսիս-արևելք գտնվող Զորավար տաճարի տարածքում թաղված հնագիտական նշանակության օբյեկտների հայտնաբերման և քարտեզագրման նպատակով կիրառել են էլեկտրահետախուզական և մագնիսահետախուզական մեթոդներ [90]: Երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների արդյունքում ստացված նյութերի վերլուծության հիման վրա կատարվել են հետևյալ եզրակացությունները.

- Տաճարի տեղամասում հաստատվել է ստորգետնյա 2 կառույցների (դատարկության) առկայությունը: Ճշգրտվել է դրանց տարածական դիրքերը, զբաղեցրած մակերեսները:
- Տաճարը շրջապատող տարածքում հայտնաբերվել են մինչև 2-2,5 մետր խորության վրա գտնվող առանձին օբյեկտներ, որոնք կարող են պայմանավորված լինեն ստորգետնյա հիմնապատերով՝ դրանց կանգուն և փլատակված տարբերակներով:
- Բավականին ցայտուն քարտեզագրված է նաև տաճարը շրջապատող մշակույթային շերտը, որը անթրոպոգեն գործունեության արդյունք է:

Գ.Մարկոսյանի և ուրիշների կողմից 2001 թ-ին Արագածոտնի մարզի Ագարակ գյուղից հարավ արևմուտք ընկած բրոնզեդարյա հուշարձանի տեղամասում իրականացվել են երկրաֆիզիկական աշխատանքներ: Ուսումնասիրությունների նպատակն է եղել՝ քարտեզագրել մշակույթային շերտի տարածման հորիզոնական և ուղղաձիգ սահմանները, ստանալ մշակույթային շերտի ընդհանուր և առանձին հզորությունները: Աշխատանքներն իրականացվել են մագնիսահետախուզական և էլեկտրահետախուզական մեթոդներով: Ստացված քարտեզների, գրաֆիկների և սխեմաների հիման վրա հնարավոր է դարձել առանձնացնել մագնիսական և

էլեկտրական դաշտերի անոմալ տեղամասեր, որոնք կապված են մերկացած և նստվածքներով ծածկված հնագիտական օբյեկտների հետ:

ՀՀ-ում գեոռադարային հանույթի կիրառումն թեկուզ և ունի 8 տարվա պատմություն, բայց և այդ կարճ ժամանակահատվածում մեր կողմից արդեն իրականացվել են բազմաթիվ աշխատանքներ, որոնցից հատկանշական են հետևյալներն (նկ. 1.6).



Նկար 1.6 ՀՀ և հարակից տարածքներում մեր կողմից գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ իրականացված աշխատանքների տեղադիրքերը (քարտեզի վրա նշված թվերը համապատասխանում են ստորև թվարկված աշխատանքների համարակալմանը)

1. 2010թ-ին Տավուշի մարզի Դիլիջան քաղաքում կիրառվել է գեոռադարային հանույթ, որի արդյունքում գնահատվել և քարտեզագրվել են ջրահեռացման թունելի անցման ուղղությունը, խորությունը և փլուզման վտանգը [83]:
2. 2011թ-ին Վրաստանի հանրապետության Ջավախքի լեռնաշղթայի հնագիտա-սեյսմոլոգիական և պալեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրությունների շրջամակներում, գեոռադարային հանույթի տվյալների վերլուծության արդյունքում, հայտնաբերվել է խզվածքային գոտի: Հանույթի արդյունքները հաստատվել են պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու միջոցով [31]:
3. 2012թ-ին, Մ-6 Վանաձոր-Ալավերդի-Վրաստանի սահման ա/ճ 82-րդ կմ սողանքային հատվածի (Այրումի սողանք) երկրաբանա-հետազոտական աշխատանքներում կիրառվել է գեոռադարային հանույթ, որի արդյունքում քարտեզագրվել են տարածքի քայքայված և ջարդրտված գոտիները [84]:
4. 2014թ-ին Սյունիքի մարզի Քարքար տեղամասում գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների միջոցով հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են ակտիվ խզվածքի մերձմակերեսային պատռվածքները, կազմվել են դրանց եռաչափ մոդելները [93]:
5. 2014թ-ին Սյունիքի մարզի Կապան քաղաքի Գեղանուշ պոչամբարի պատվարի վտանգի գնահատման աշխատանքներում, գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ պատվարի վրա հայտնաբերել են ձևախախտված, ջրհագեցած և քայքայված հատվածները: Գեոռադարային հանույթի արդյունքների հիման վրա առանձնացված տեղամասերում իրականացվել են հորատման աշխատանքներ, որոնք հաստատել են հանույթի հավաստիությունը [85]:
6. 2014թ-ին իրականացվել են Սյունիքի մարզի Կապան քաղաքի Շահումյան բանավանի փլուզված գոտու տարածքում գեոռադարային հանույթի տվյալներով հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են փլուզման վտանգ ներկայացնող ջարդրտված, քայքայված գոտիները, ինչպես նաև վտանգավոր խորություններում գտնվող մերձմակերեսային բովանգքները [86]:
7. 2014թ-ին իրականացվել է Սյունիքի մարզի Կապան քաղաքի տարածքում առկա հանքային թափոնակույտերի էրոզիոն ռիսկերի և լանջի կայունության գնահատում:

Գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ որոշվել է բնական լանջի ռելիեֆը, որի վրա տեղադրված է թափոնակույտը, գնահատվել է թափոնակույտի հզորությունը [87]:

8. 2014թ-ին Գյումրի և Իջևան քաղաքների առանձնացված տեղամասերում, գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ, բացահայտվել են բարձրավոլտ էլեկտրական մալուխների խորությունները [88]:

9. 2015թ-ին Սյունիք փուլ-ապարտ ավազանի արևելյան հատվածում իրականացվել են հնագիտասեյսմոլագիական գեոռադարային ուսումնասիրություններ՝ խզվածքների անկման անկյունների և նրանց երկրաչափության վերլուծության նպատակով [6]:

10. 2015թ-ին Շիրակի մարզի Առափի և Տավուշի մարզի Գետահովիտ համայնքների սողանքային տեղամասերում գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ որոշվել են սողանքային մարմինների սահքի մակերեսները, սողանքային մարմնի ջարդրտված քայքայված տեղամասերը, որտեղ առկա էին ֆիլտրացիոն պրոցեսները [89]:

11. 2015թ-ին ՀՀ Լոռվա մարզի Ֆիոլետովո տեղամասում իրականացվել է գեոռադարային երկչափ հանույթ, որի արդյունքում ուսումնասիրվող տեղամասի հարավային հատվածում հայտնաբերվել է խզվածք ծաղկի ստրուկտուրայով: Ստացված տվյալները թույլ են տվել գնահատել Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի Ֆիոլետովոյի հատվածի լայնությունը, որը կազմել է մոտ 1կմ [4]:

Գեոռադարային հանույթը լայն կիրառություն ունի նաև ասֆալտի հաստության, բետոնե կառույցների հզորության գնահատման, ինչպես նաև կենսաապահովման գծերի հայտնաբերման և քարտեզագրման աշխատանքներում:

12. 2016-2017 թթ-ին հյուսիս-հարավ ճանապարհի Երևան քաղաքի Արգավանդ-Շիրակ հատվածում իրականացվել են գեոռադարային ուսումնասիրություններ, որի արդյունքում հայտնաբերվում և քարտեզագրվում են կառուցվող ճանապարհը հատող ստորգետնյա կենսաապահովման գծերը [92]:

13. 2017 թ.-ին ԼՂՀ Շուշիի Քարին Տակ քարանձավի ներսում և հարակից տարածքում իրականացվել են երկրաֆիզիկական հետազոտություններ գեոռադարային (GPR) մեթոդով, որի տվյալների վերլուծության արդյունքում քարտեզագրվել են կարստային մարմինները, կառուցվել են եռաչափ մոդելները,

որոնց վրա եզրագծվել են հնագիտական պեղումների համար հեռանկարային տեղամասերը [82]:

1.4. Ամփոփում

- Գեոռադարային զոնդավորումը հանդիսանում է արդյունավետ կիրառական երկրաֆիզիկական մեթոդ մակերեսային՝ մինչև 30 մետր խորությամբ ստվարաշերտի ուսումնասիրման համար:
 - Տեխնիկական և տվյալների մշակման համակարգչային ծրագրերի վերջին տարիների ինտենսիվ զարգացումները մեծապես նպաստել են գեոռադարային հանույթի ճշտության աճին, որը հնարավորություն է տալիս այն արդյունավետ կիրառել գեոարխեոլոգիական խնդիրների լուծման աշխատանքներում:
 - Գեոռադարային հանույթի կիրառումը հնարավորություն է տալիս հայտնաբերել թաղված ստորգետնյա մարմինները, չխախտելով հողաշերտի մակերեսը և չվնասելով փնտրվող հնագիտական օբյեկտը: Հնագետը ստանում է նախնական տվյալներ, որոնք նրա աշխատանքը՝ պեղումների ընթացքը, դարձնում են առավել նպատակային, հատկապես մեծ տարածքների ուսումնասիրման ժամանակ:
 - Հնագիտական պեղումները հաստատում են գեոռադարային ուսումնասիրությունների տվյալների վերլուծության արդյունքում ստացված տվյալների հավաստիությունը:
 - Գեոռադարային մեթոդի արդյունավետությունը կախված է միջավայրի ֆիզկա-երկրաբանական պայմաններից և գեոռադարային համակարգի պարամետրերից, որոնցից հատկանշական են.
 - Ալեհավաքների հաճախականությունների տիրույթը
- ների ընտրությունը, կախված որոնվող օբյեկտներից և դրանց տեղադրման խորությունից:
- Դիէլեկտրիկ թափանցելիության գործակցի արժեքը, որը իր հերթին կախված է ուսումնասիրվող երկրաբանական շերտերի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններից:

- Գեոռադարային հանույթը ունի արդյունավետ կիրառում խզվածքների մակերեսային և մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և քարտեզագրման աշխատանքներում: Գեոռադարային հանույթների օգնությամբ հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են Երկրի մակերեսին չարտահայտված մի շարք խզվածքներ կամ դրանց մերձմակերեսային ստրուկտուրաներ:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների արդյունքները նպաստում են հնագիտական պեղումնային աշխատանքների արդյունավետությանը:
- Գեոռադարային հանույթի արդյունքները համադրվում են հնագիտական ուսումնասիրությունների տվյալների հետ և կատարվում են հնագիտա-երկրաֆիզիկական համատեղ վերլուծություն, որի արդյունքում առանձնացվում են հնագիտական պեղումների համար հեռանկարային տեղամասերը:

ԳԼՈՒԽ 2. ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՏԱՑՎԱԾ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

2.1. Գեոռադարային զոնդավորման մեթոդաբանությունը

Ջեյմս Բլեյք Մաքսվելը 1864թ-ին և Հենրիկ Հերցը 1886թ-ին առաջարկել և զարգացրել են էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման և դրանց անդրադարձման տեսությունը: Այդ տեսությունը օգտագործելով բրիտանացի ֆիզիկոս Ռոբերտ Վաթսոն-Վաթթը 1935թ-ին ստեղծել է առաջին կիրառական գեոռադարային համակարգը [18]: Առաջին գեոռադարային հանույթով ուսումնասիրությունները իրականացվել են 1929թ-ին գերմանացի երկրաֆիզիկոս Վ. Սթերնի կողմից: Գեոռադարային համակարգի մեծ չափսերի պատճառով մեթոդը սկսեցին կիրառել հիմնականում աերոհանույթներով: Մեթոդը գործնական կիրառությունից դուրս եկավ մինչև 1950-ական թ-ի վերջը, քանի որ ԱՄՆ-ի ռազմաօդային ուժերի ինքնաթիռը Գրեյվանդիայի սառույցների ուսումնասիրման ընթացքում չկարողացավ ճիշտ գնահատել դրանց հաստությունը և բախվելով սառույցներին վթարվեց:

Ջոն Բուկը 1960թ-ին առաջարկեց կիրառել գեոռադարային համակարգը մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման և քարտեզագրման աշխատանքներում: Մեթոդի արդյունավետ հետազոտությունների շնորհիվ գեոռադարային մեթոդը աստիճանաբար սկսեց լայն կիրառություն ստանալ [28]:

1976թ-ին Դ.Մոֆֆաթթի և Ռ.Պուսկարի կողմից ներկայացվեց գեոռադարի նոր ալեհավաքի մոդելը [62], որի գրանցումների մշակման ժամանակ աղմուկի կամ խոտանի ֆիլտրացիան ավելի դյուրին էր կատարվում, արդյունքում մեծանում է մերձմակերեսային օբյեկտների հայտնաբերման ճշտությունը: Նշված հեղինակները վերջնական եկել են այն եզրակացության, որ գեոռադարային հանույթի կիրառումը արդյունավետ է մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և քարտեզագրման աշխատանքներում:

1982թ-ին առաջարկվեց գեոռադարային հանույթի տվյալների մշակման և վերլուծության նոր մեթոդիկա՝ Վայաթթը և այլ հեղինակներ օգտագործելով առաջարկվող նոր մոտեցումը հրատարակեցին հիմնավորված հոդվածներ [80]:

Մեթոդը սկսվեց լայն կիրառվել հնագիտական, երկրաբանական, տեկտոնական, ջրաերկրաբանական և այլ ոլորտների խնդիրներ լուծելու նպատակով:

Մեր աշխատանքում ուսումնասիրությունների ժամանակ օգտագործվել է ժամանակակից SIR-3000 (ԱՄՆ 2008թ.) գեոռադարային համակարգը (նկ. 2.1):



Նկար 2.1. SIR-3000 գեոռադարային համակարգը և դաշտային գրանցումների ընթացքը

Համակարգը իմպուլսային էլեկտրամագնիսական ալիքների օգնությամբ սքանավորում է երկրաբանական կտրվածքը, ապահովելով զոնդավորման առավելագույն ճշտություն: Այն արձագանքում է երկրաբանական կտրվածքում առկա շերտախմբերի տեղադիրքը: Գեոռադարային զոնդավորման մեթոդի հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական իմպուլսների վերձանումը և զոնդավորման միջավայրի շերտերի սահմաններից անդրադարձված ալիքների գրանցումը, որոնք պայմանավորված են դրանց էլեկտրաֆիզիկական հատկություններով: Արդյունքում որոշվում են շերտերի հզորությունը և տեղադրման խորությունը:

Գեոռադարային համակարգի կիրառման համար մուտքային պարամետրեր են հանդիսանում միջավայրի էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման արագությունը և մարումը, որն էլ իր հերթին պայմանավորված է միջավայրի էլեկտրական բնութագրով: Միևնույն ժամանակ ալիքների մարումը բնութագրում է կտրվածքի զոնդավորման խորությունը, իսկ արագությունը՝ անդրադարձման սահմանի հեռավորությունը: Էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման արագությունը կախված է միջավայրում դիէլեկտրիկ և մագնիսական թափանցման աստիճանից: Ալիքների տարածման արագությունը միջավայրում հակադարձ համեմատական է դրա դիէլեկտրիկ թափանցելիությանը, կախված լույսի արագությունից վակուումում (C):

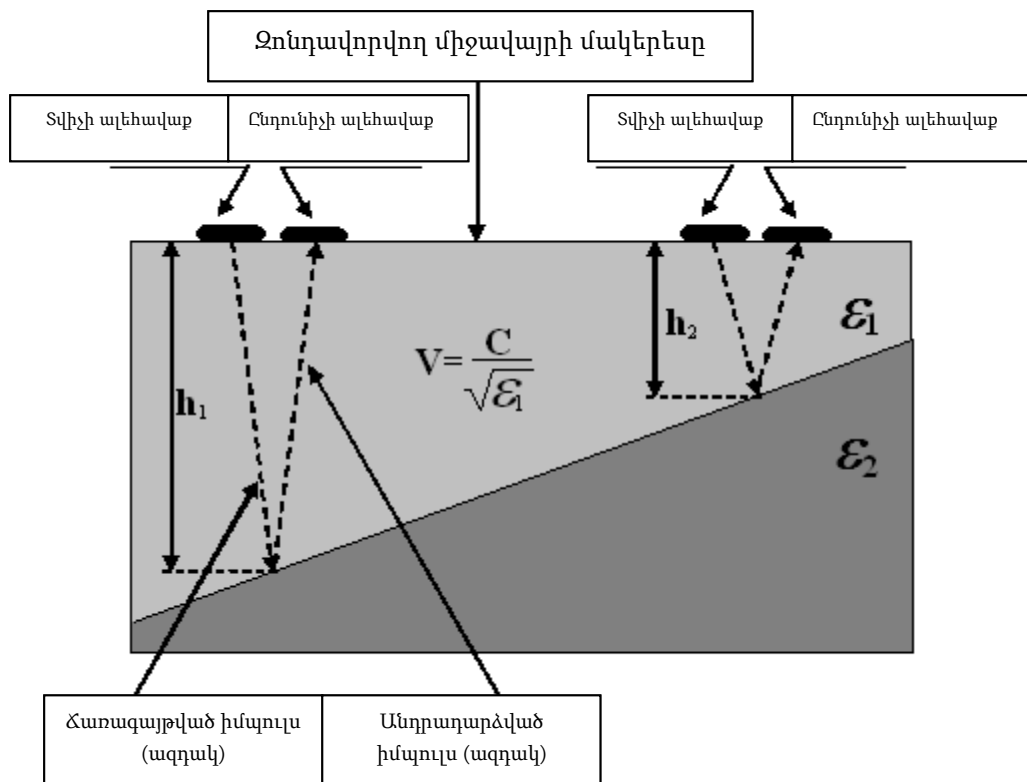
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$$

Հետևաբար, էլեկտրամագնիսական ալիքների դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը և արագությունը պայմանավորված չեն գրունտների տատանման հաճախականությունից և դրանց տիպից, բայց խիստ կախված են գրունտների ջրահագեցվածության աստիճանից: Հիմնավորված է, որ առաջին մոտեցմամբ էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածումը ենթարկվում է երկրաչափական օպտիկայի օրենքներին [8,46,66] և երկրաբանական միջավայրում հիմնական գործընթացները ալիքների անդրադարձումը և դիֆրակցումն են:

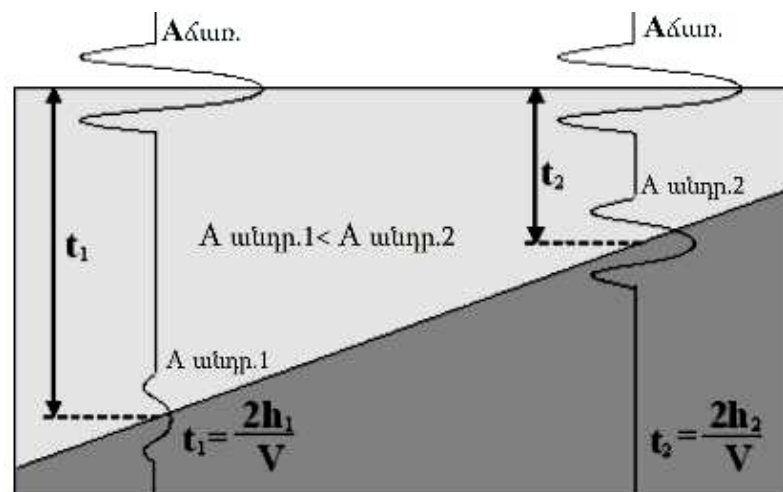
Ալիքի նորմալ անկման դեպքում տարբեր դիէլեկտրիկ թափանցելիություն ունեցող երկու (1 և 2) միջավայրների անդրադարձման գործակիցը հավասար է.

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

Անդրադարձած էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման սխեման ունի նկ. 2.2-ում պատկերված տեսքը, իսկ ամպլիտուդան և տարածման պարբերությունը բերված է նկ.2.3-ում:

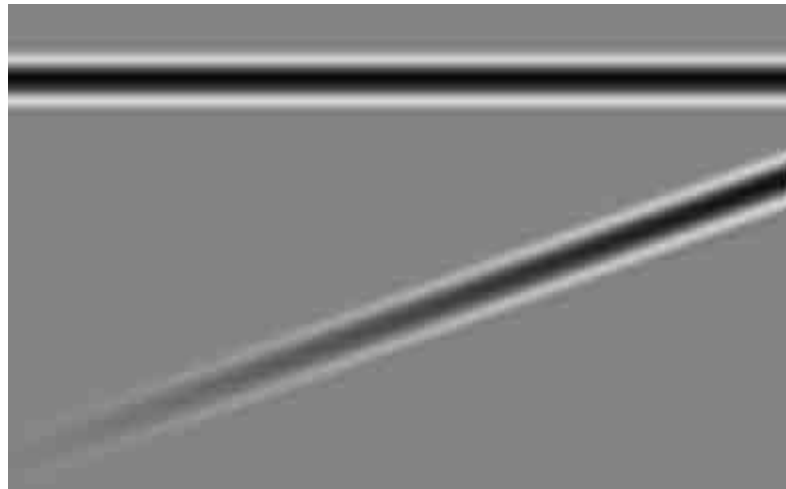


Նկար 2.2. Անդրադարձված էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման սխեման



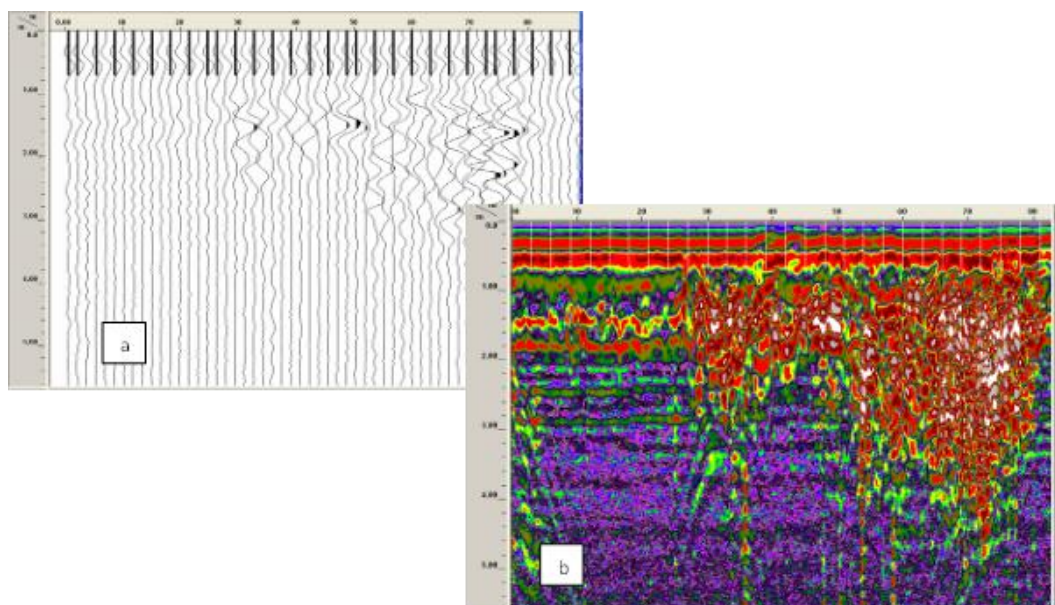
Նկար 2.3. Անդրադարձված էլեկտրամագնիսական ալիքի ամպլիտուդան և պարբերությունը

Ռադարագրամմայի վրա թեք տեղադրմամբ երկու միջավայրերի սահմանը բերված է նկ. 2.4-ում:



Նկար 2.4. Ռադարագրամմայի գունային բաժանման օրինակ

Այսպիսով, ռադարագրամմայի գունային բաժանումը համապատասխանում է միջավայրի կամ գրունտների դիէլեկտրիկ թափանցելիության մեծությանը կամ դրանց բնորոշ ամպլիտուդային (նկ. 2.5):



Նկար 2.5. a) ռադարագրամմաների խումբը ; b/ ստացված երկրաբանական կտրվածքի օրինակը

Նկար 2.5-ում ներկայացված ռադարագրամմաների ուղղաձիգ առանցքներն արտահայտում են կտրվածքի խորությունները, իսկ հորիզոնականները՝ ձգվածությունը՝ մետրերով:

Մեր աշխատանքներում օգտագործվել է 100, 200 և 400 MHz հաճախականությամբ ընդունիչ և տվիչ ալեհավաքները, որոնք թույլ են տալիս սքանավորել մինչև 30, 10 և 5 մետր խորությամբ երկրաբանական կտրվածքները: Գեոռադարային հանույթի վերջնափուլում ալեհավաքներից ստացված տեղեկատվությունը կամ մեծածավալ ռադարագրամմաների խումբը ներկայացվում են հետազոտված տեղամասի երկրաբանական կտրվածքների կամ 2D և 3D մոդելի տեսքով:

Դաշտային պայմաններում գեոռադարային հանույթ իրականացնելու ընթացքում առաջանում են որոշակի խնդիրներ: Դրանք հիմնականում կապված են դիֆրեկտորիկ թափանցելիության մուտքային ցուցանիշի արժեքի հետ: Գեոռադարի տեխնիկական բնութագրի մեջ տրված են դիֆրեկտորիկ թափանցելիության բացարձակ արժեքներ՝ կավերի, ավազների, բազալտների և այլ ապարների համար (աղյուսակ 2.1), կազմված Դավիսի և Աննանի կողմից [30]:

Դրանք կիրառելի են, երբ ուսումնասիրություններն իրականացվում են միատարր շերտում, իսկ շերտերի բազմազանության և դրանց համալիր պարագայում արդյունավետ չեն: Դրված խնդիրների լուծման նպատակով մեր կողմից առաջարկվում է դաշտային աշխատանքների և ստացված տվյալների մշակման նոր մոտեցում:

Դաշտային ուսումնասիրություններ իրականացնելու ընթացքում հիմնականում հանդիպում ենք երկու դեպքի, երբ տեղամասում առկա է երկրաբանական մերկացում, կտրվածք, պալեոսեյսմաբանական խրամուղի, կամ համապատասխան երկրաբանական տվյալները բացակայում են:

Ուսումնասիրվող տեղամասում երկրաբանական մերկացում, կտրվածք, պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղի առկա լինելու պարագայում մեր կողմից էմպիրիկ եղանակով որոշվում է ուսումնասիրվող միջավայրերի արդյունավետ մուտքային դիֆրեկտորիկ թափանցելիության գործակիցների արժեքները: Հետազոտությունների

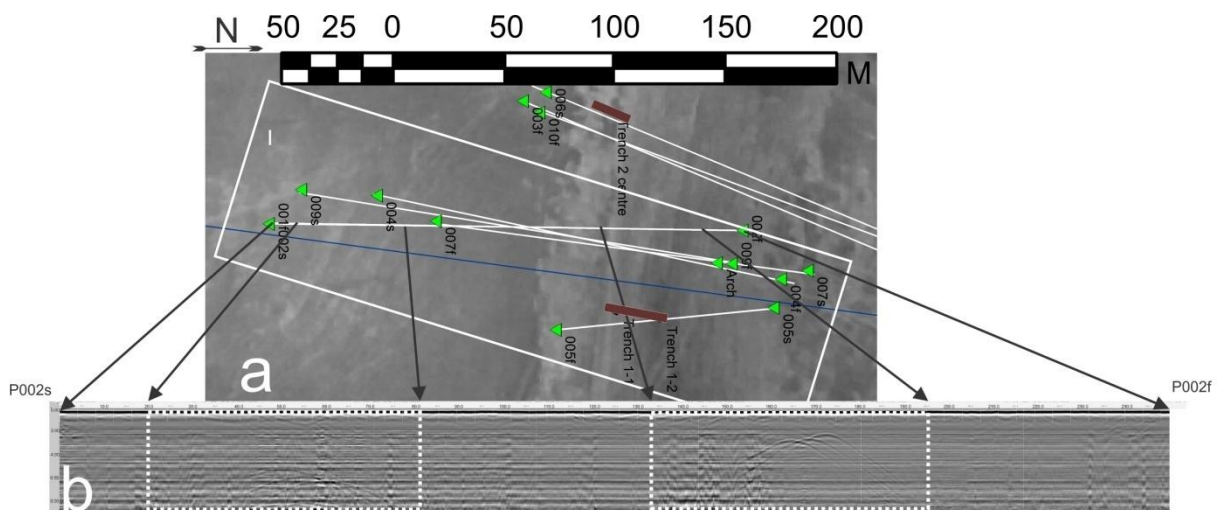
8 տարիների ընթացքում, երկրաբանական, հնագիտական և այլ խնդիրներ լուծելու նպատակով, առանձնացվել են դիելեկտրիկ թափանցելիության արդյունավետ գործակիցներ: Ստացված տեղեկատվությունը ճշգրտվել է մեր և արտերկրի գործընկերների կողմից իրականացված պեղումների արդյունքներով, պալեոսեյսմաբանական խրամուղիների և առկա երկրաբանական կտրվածքների փաստագրման միջոցով:

Դաշտային աշխատանքների ընթացքում լուծվել են պալեոսեյսմոլոգիական, գեոտեխնիկական խնդիրներ, որի արդյունքում լուծվել է երկրաֆիզիկայի հակադարձ խնդիրը՝ մերկացված (փորված) տարածքում իրականացվել է գեոռադարային հանույթ, կիրառելով այդ տեղամասերի նյութերը, որոշվել (գնահատվել) է դրանց դիելեկտրիկ թափանցելիության գործակիցը:

2.2 Գեոռադարային մեթոդի կիրառումը գեոտեխնիկական և պալեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրություններում

Ֆիզիկական տեղամաս.

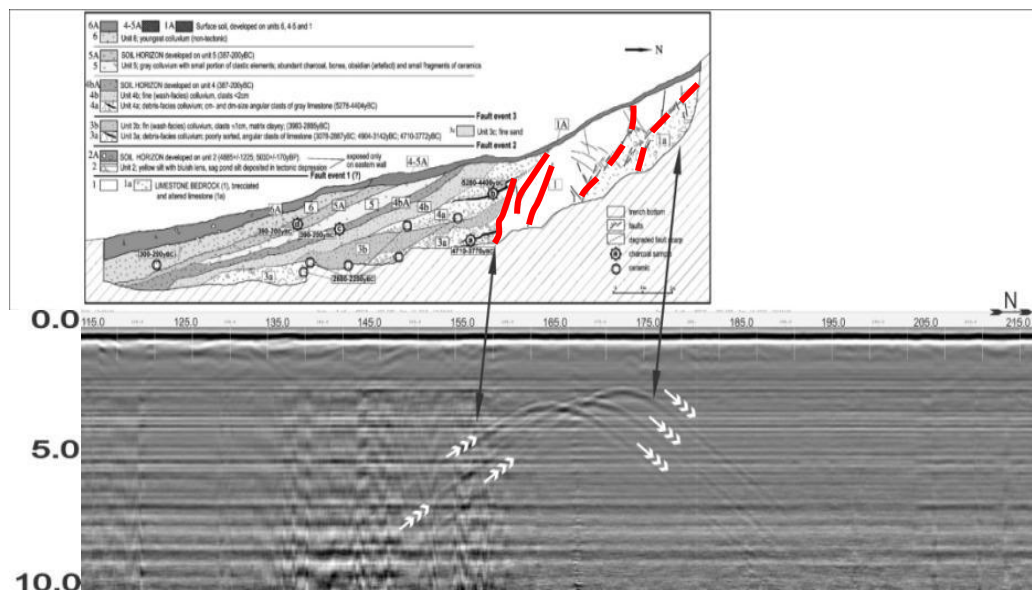
Հետազոտվող տարածքը կազմում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի բաղադրիչ մաս: Այն գտնվում է նշված ակտիվ խզվածքի Արփի-Վանաձոր և Վանաձոր-Արտենիշ սեգմենտների հանգույցներում:



պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղին[69] b) գեոռադարի 002s-002f պրոֆիլի
պատկերը

Տեղամասում խզվածքների մակերեսային և մեծմակերեսային ստրուկտուրաների ուսումնասիրության նպատակով իրականացվել է գեոռադարային հանույթ: Տեղամասի դիէլեկտրիկ թափանցելիության գործակիցը ճշգրտելու նպատակով դաշտային պայմաններում իրականացվել են նպատակային փորձարկումներ:

Պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու կտրվածքը ներկայացված է Էոցենի հասակի բրեկչայացված, կոլումիալ, խիճային, ավազակավերով և դելյուվիալ ապարներով: Բազմաթիվ չափումների արդյունքում որոշվել է տվյալ միջավայրում արդյունավետ դիէլեկտրիկ թափանցելիության գործակիցը հավասար 7.8, որի կիրառմամբ առանձնացված են պալեոսեյսմոլոգիական կտրվածքում առկա երկրաբանական տարրերը և ակտիվ խզվածքները (նկ. 2.7):



Նկար 2.7 Պատկերված է 2001թ-ին Ֆիլիպի և այլոց կողմից փորված պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու [69] և գեոռադարի տվյալների համեմատությունը

Սեմյոնովկա տեղամաս.

Ուսումնասիրվող տեղամասը գտնվում է Գեղարքունիքի մարզի Սեմյոնովկա գյուղում: Այն տեղակայված է Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի երկայնքով, Սեմյոնովկա գյուղից 1.5 կիլոմետր արևելք ընկած հատվածում: Այստեղ 1996 թվականին Ֆիլիպի և այլոց կողմից փորվել է պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղի, որում հայտնաբերվել է որոնվող խզվածք: Խրամուղում մերկացել են պլաստիկ կավերով արտահայտված շերտեր [69]: Պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու երկայնքով իրականացվել է գեոռադարային հանույթ, որի տվյալների մշակման արդյունքում անոմալիաներ չեն հայտնաբերվել: Արված է ենթադրություն, որ միատարր պլաստիկ երկրաբանական միջավայրերում գեոռադարային հանույթի կիրառումը արդյունավետ չէ:

Այն դեպքերում, երբ ուսումնասիրվող տեղամասում չկա որևէ երկրաբանական մերկացում, որպես նախնական տեղեկատվություն օգտագործվել է տեղանքի երկրաբանական ընդհանուր բնութագիրը, ինչը թույլ է ովել ստանալ պատկերացում ուսումնասիրվող տարածքի ապարների մասին: Վերջիններիս համար դիֆֆերենցիալ թափանցելիության գործակցի արժեքները որոշվել են աղյուսակ 2.1-ից:

աղյուսակ 2.1

Երկրաբանական շերտերի հարաբերական դիֆֆերենցիալ հաստատունները (RDC) և արագությունները, կազմնած Դավիսի և Աննանի կողմից [30]

Նյութ	Հարաբերական դիֆֆերենցիալ հաստատուն RDC	Արագություն (սմ/նվ)
Օղ	1	30
Չոր ավազ	3-5	15
Չոր տիղմ	3-30	5,5-17
Սառույց	3-4	15
Ասֆալտ	3-5	15
Հրաբխային մոխիր / պեմզա	4-7	11-15
Կրաքար	4-8	10-15
Գրանիտ	4-6	13

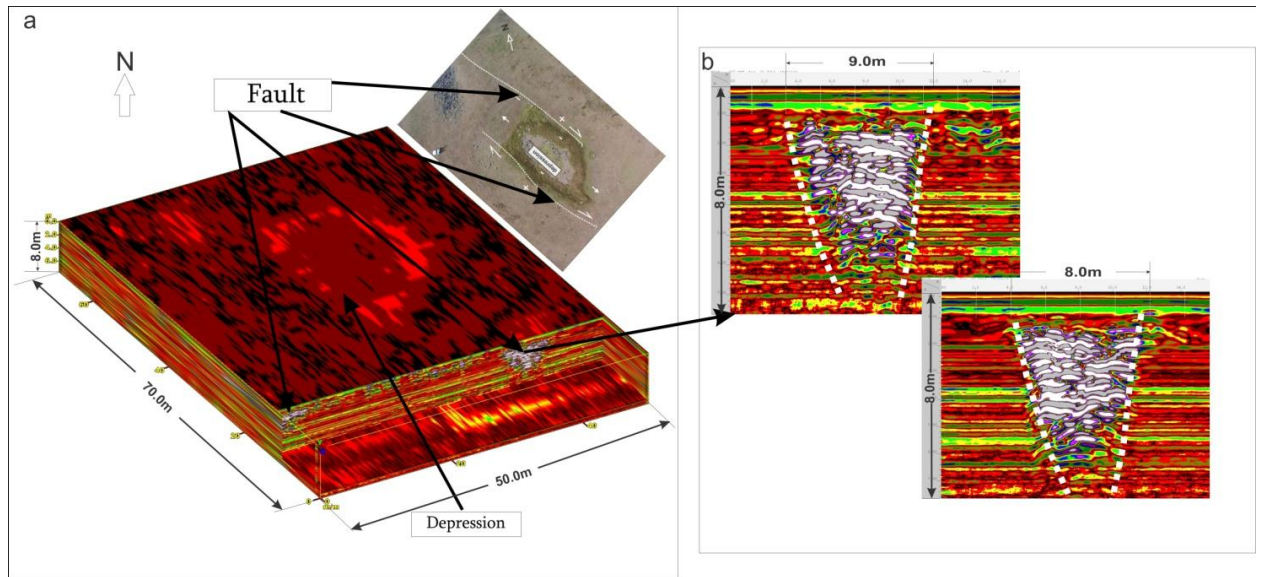
Բազայտ	8	106
Ածուխ	4-5	13-15
Թերթաքար	5-15	8-13
Կավ	5-40	5-13
Ցեմենտ	6	12
Հագեցած տիղմ	10-40	5-10
Չոր ավազոտ ավամերձ հողատարածք	10	10
Միջին օրգանական հարուստ հողի մակերես	15	8
Ճահիճ կամ անտառածածկ հողատարածք	12	8,5
Հագեցած ավազ	20-30	5,5-6,7
Մաքուր ջուր	80	3,3
Ծովի ջուր	81-88	3,3

Տվյալ մոտեցմամբ հետազոտությունների արդյունքի սխալի չափը մեծանում է, երբ ուսումնասիրվող տեղամասերը կազմված է ոչ հստակ տարանջատվող նյութերից: Հետազոտությունների ճշգրտությունը բարձրացնելու նպատակով համեմատվում են նախկինում կատարված աշխատանքների և ուսումնասիրվող տեղամասի երկրաբանական կտրվածքները: Եթե դրանք համընկնում են, ապա օգտագործվում են արդեն որոշված դիֆֆերենցիալ թափանցելիության գործակիցները: Եթե գեոռադարային հանույթի ընթացքում առանձնացվում է անոմալ օբյեկտ, ապա կատարվում են պեղումներ և համեմատվում են գեոռադարային հանույթի տվյալներով առանձնացված օբյեկտների հետ: Հարկ եղած դեպքում կատարվում են համապատասխան ճշտումներ դիֆֆերենցիալ թափանցելիության գործակցի վերաբերյալ: Նման մեթոդական մոտեցման օրինակ է Քարքար տեղամասում իրականացված ուսումնասիրությունները:

Քարքար տեղամաս.

Տեղամասը գտնվում է ՀՀ Սյունիքի մարզում, Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի տարածքում, որտեղ հիմնավորված են հիդրոթերմալ պոտենցիալ ունեցող Քարքարի ու Զերմաղբյուրի տեղամասերը: Այստեղ նստվածքային ստվարաշերտը կազմված է ավազներից, ավազակավերից, պլաստիկ կավերից և անդեզիտոբազալտների բեկորներից [91]: Գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ Քարքար տեղամասում ուսումնասիրվել են ակտիվ խզվածքի մակերեսային և մերձակերեսային ստրուկտուրաները: Քարքարի տեղամասում առանձնացվել են

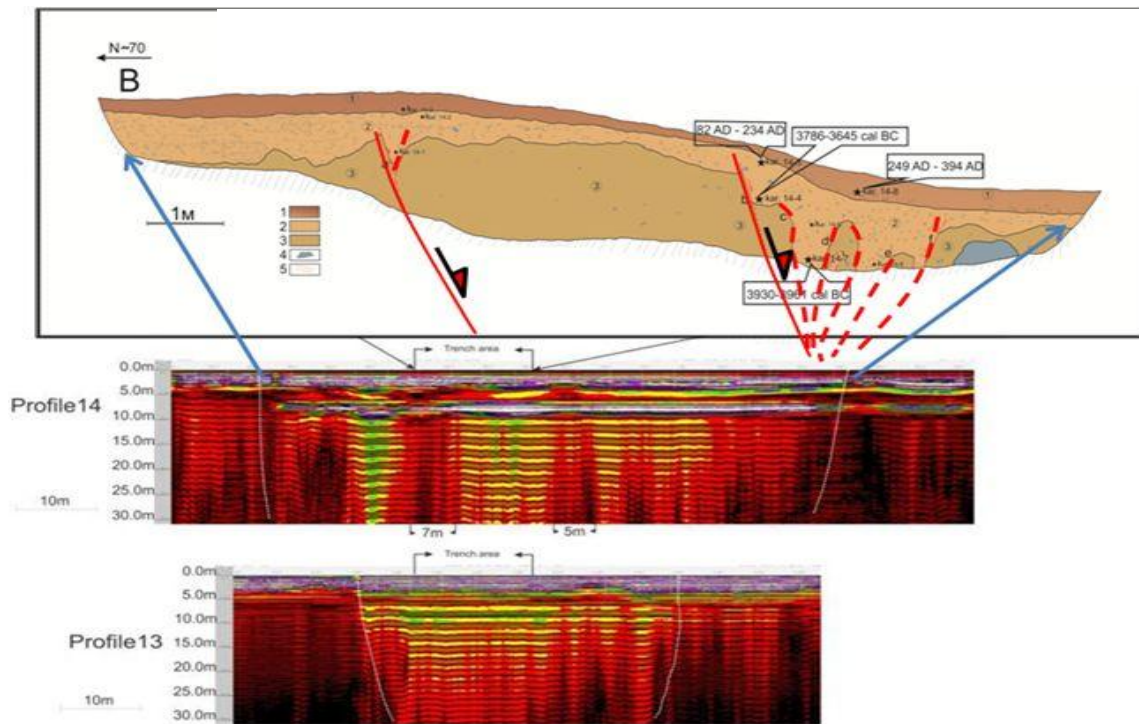
երկու 300X300 ենթատեղամասեր, որոնցում իրականացվել են գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթներ:



Նկար 2.8 Երկրորդ տեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մեկնաբանումը a) 3D հանույթի մշակումը b) 3D և 2D հանույթների տվյալների համադրումը

Գեոռադարային աշխատանքները սկսելուց առաջ, հաշվի առնելով նստվածքային շերտի կազմը, լաբորոտոր պայմաններում գնահատվել է դիֆրեկտորիկ թափանցելիության արժեքը հավասար 8-ի, որը և ընդունվել է որպես մուտքային պարամետր: Հանույթի տվյալների մշակման արդյունքում հայտնաբերվել են առանձին անոմալ տեղամասեր, որոնք կապվում են ակտիվ խզվածքի մակերեսային և մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հետ (նկ.2.8) [51]:

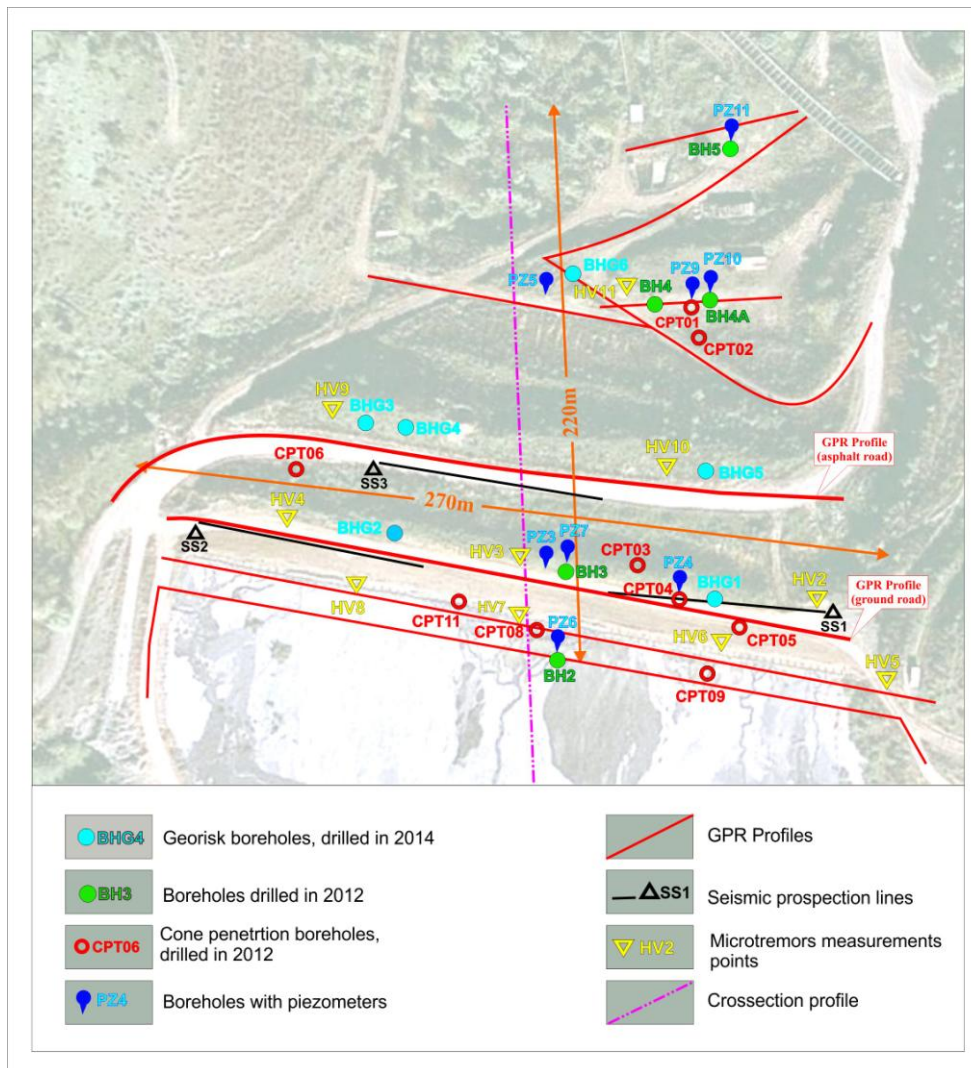
Գեոռադարային հանույթի տվյալների հիման վրա փորվել է պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղի, որը հաստատել է իրականացված հանույթի տվյալների հավաստիությունը:



Նկար 2.9 Պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղու և ռադարագրամմայի անոմալիաների համադրում (խզվածքները կարմիրով)

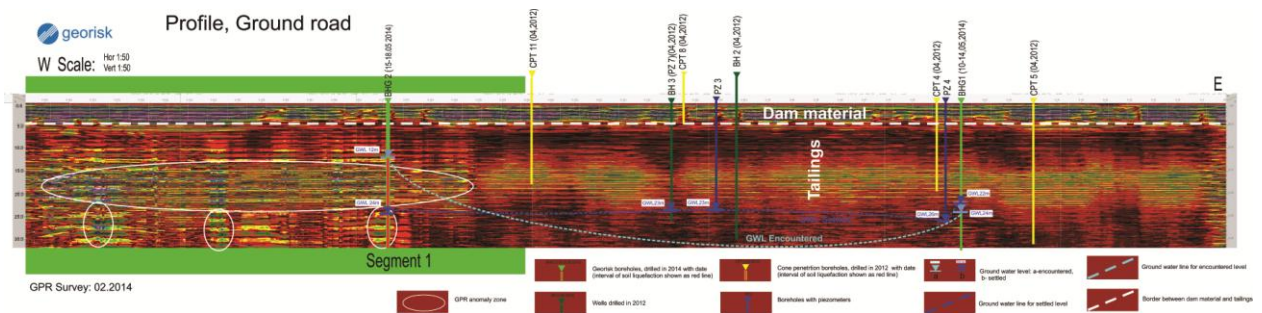
Կապան քաղաքի Գեղանուշ պոչամբարի պատվարի տարածք.

2014թ-ին Սյունիքի մարզի Կապան քաղաքի Գեղանուշ պոչամբարի պատվարի վտանգի գնահատման աշխատանքներում կիրառվել է գեոռադարային հանույթ՝ պատվարի կայունության հաշվարկի նպատակով (նկ. 2.10):



Նկար 2.10 Գեղանուշի պոչամբարի հյուսիսային պատվարի տարածքում կատարված գեոտեխնիկական աշխատանքների փաստացի նյութերի սխեմա

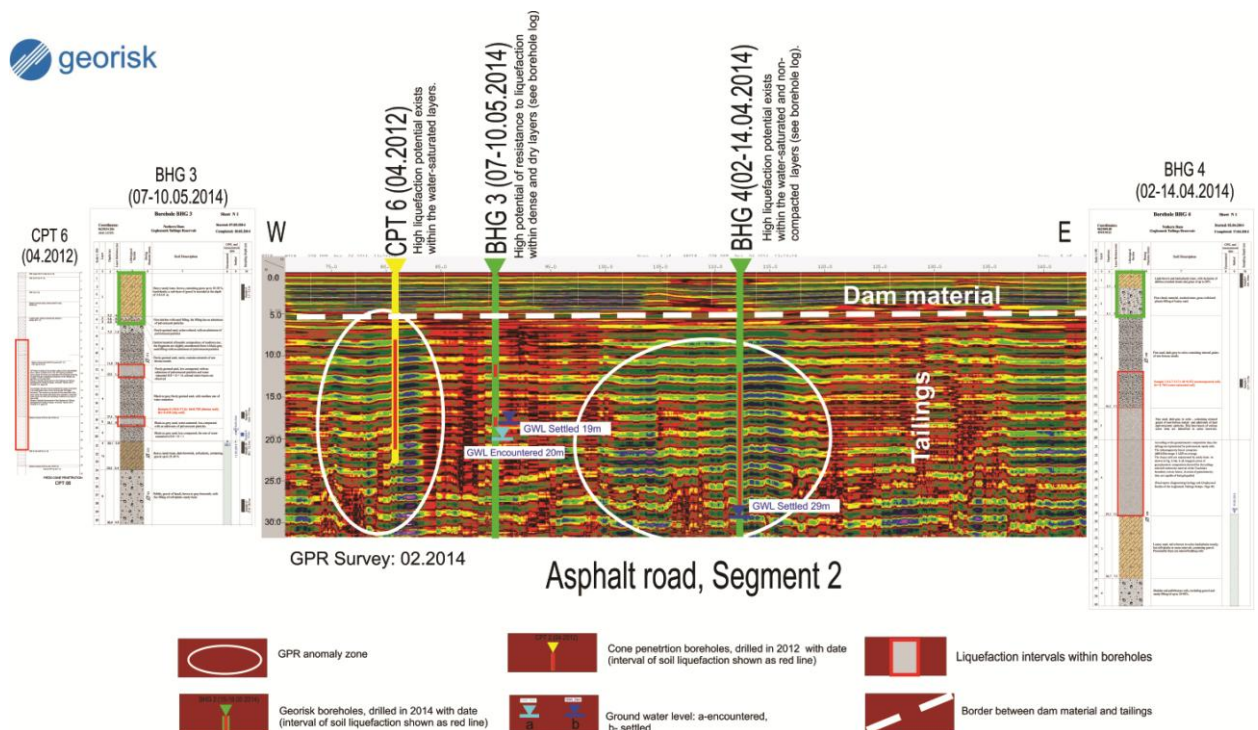
Հանույթի պրոֆիլները տարածվել են պատվարի երկայնքով արևմուտք- արևելք ուղղությամբ և իրականացվել պատվարի բոլոր տեղամասերում (նկ. 2.10):



Նկար 2.11 Գեոռադարային հանույթի տվյալների մշակում և կոմպլեքս գեոտեխնիկական աշխատանքների համադրում

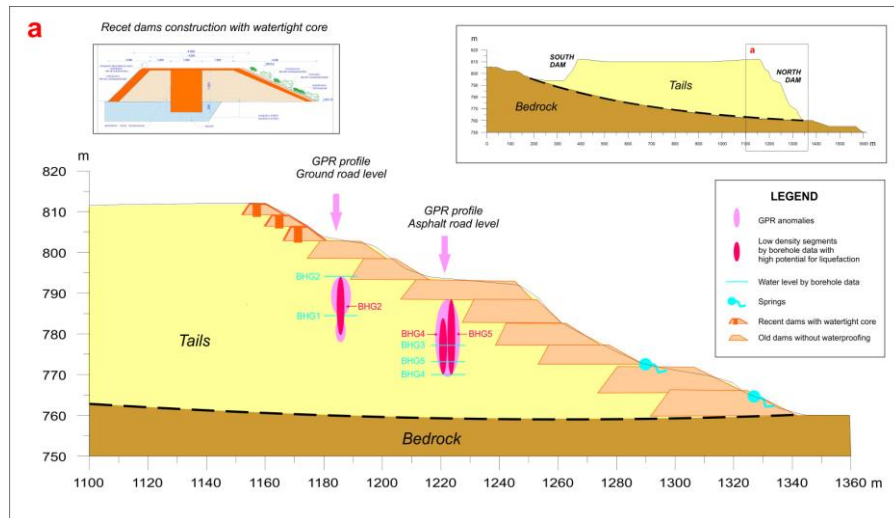
Գեոռադարային հանույթի տվյալների մշակման արդյունքում առանձնացվել են պատվարի մարմնում ջրհագեցած, քայքայված և ձևախախտված հատվածները: Համարելով փլուզման ռիսկային գոտիներ, այդ հատվածներում առաջարկվել է իրականացնել ավելի մանրամասն գետտեխնիկական ուսումնասիրություններ (նկ.2.11)՝ հորատում, գլանաթափանցային փորձարկում (cone penetration test, CPT), ինչպես նաև սեյսմոհետախուզական և սեյսմիկ միկրոտատանումների գրանցման աշխատանքներ:

Գետտեխնիկական համալիր ուսումնասիրությունների արդյունքները համադրվել և համեմատվել են գեոռադարային հանույթի տվյալների հետ (նկ. 2.12):



Նկար 2.12 Գեոռադարային հանույթի տվյալների, հորատանցքերի և գլանաթափանցային փորձարկման (cone penetration test, CPT) համադրումը

Համեմատության արդյունքում հաստատվել են գեոռադարային հանույթի տվյալներով առանձնացված ջրհագեցած, քայքայված և ձևախախտված տեղամասերի տեղադիրքերը:



Նկար 2.13 Գեոտեխնիկական ուսումնասիրությունների արդյունքների համադրումը պատվարի կտրվածքի վրա

Ստացված արդյունքները տեղադրվել են պատվարի կտրվածքի վրա, նրանք օգտագործվել են է պատվարի կայունության հաշվարկներում և համապատասխան առաջարկություններում [85]:

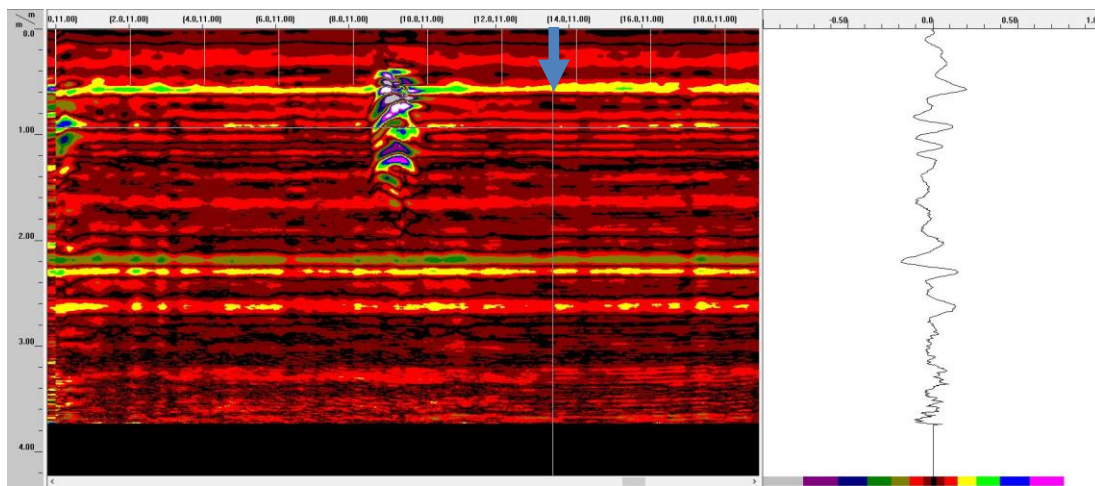
Գեոռադարային հանույթի կիրառումը գեոտեխնիկական խնդիրներ լուծելու նպատակով արդյունավետ են իր անընդհատությամբ, արագությամբ և տվյալների հավաստիությամբ:

2.3. Գեոռադարային տվյալների մշակման մեթոդաբանությունը

Գեոռադարային հանույթի ուսումնասիրության տարածքը, ելնելով ռելիեֆի պայմաններից, բաժանվում է գրիդների (հնարավորինս ուղղանկյունաձև ցանցերի): Առաջադրված հնագիտական խնդրից՝ որոշվում են հանույթի պրոֆիլների երկարությունները և միջպրոֆիլային հեռավորությունը: Աշխատանքի արդյունավետությունը բարձրացնելու նպատակով հանույթի պրոֆիլներն անց են կացվում փոխուղահայաց ուղղություններով, այնպես, որ հնագիտական

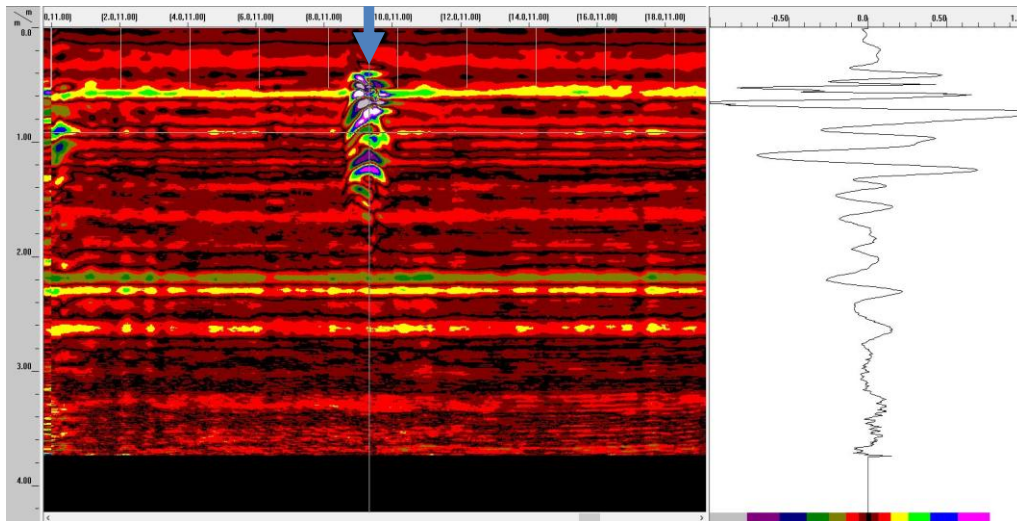
տեսանկյունից հետաքրքրական մարմինները հատվեն առնվազն երեք անգամ: Հանույթի իրականացված գրանցումները ռադարագրամմաների տեսքով ենթարկվում է համակարգչային մշակման: Համակարգչային ծրագիրը թույլ է տալիս ռադարագրամման ներկայացնել գունային բաշխմամբ, ինչի շնորհիվ գոյություն ունեցող անոմալ տեղամասերը առանձնացվում են միջավայրի նորմալ ֆոնից: Ելնելով անոմալիայի ձևից և չափերից՝ դրանք դասակարգվում են, և առանձնացվում որպես հետաքրքրություն ներկայացնող անոմալիաներ:

Հանույթի տվյալների ալիքային վերլուծությունը կատարվում է համեմատական կարգով: Նման օրինակ բերված է (նկ.2.14):



Նկար 2.14. Ռադարագրամմայի մշակման օրինակ՝ սլաքով նշված է նորմալ՝ ֆոնային գրանցումը, իսկ աջ հատվածում դրան համապատասխան ալիքների ամպլիտուդաները (օրինակը Եգիպտոսի կատարված աշխատանքներից)

Ինչպես երևում է նկարից ռադարագրամման արտահայտում է ալիքների տարածման ամպլիտուդաների մեծությունների տարբերությունները: Տեղամասում, որպես ֆոնային համարվել են այն ալիքները, որոնց ամպլիտուդաների պայմանական արժեքներն (ռադարագրամմայի վրա կարմիր, սև և դեղին երանգներով) ընկած են $-0.2 \div 0.2$ միջակայքում: Որպես անոմալիա ընդունվել են այն տեղամասերը, որտեղ ամպլիտուդաների պայմանական մեծությունները 3 և ավելի անգամ գերազանցում են ֆոնային արժեքը (նկ.2.15):



Նկար 2.15. Ռադարագրամմայի մշակման օրինակ՝ սլաքով նշված է անոմալ գրանցումը, իսկ աջ հատվածում դրան համապատասխան ալիքների ամպլիտուդաները (օրինակը Եգիպտոսի կատարված աշխատանքներից)

Նկ. 2.15-ում բերված ռադարագրամմայի վրա սլաքով նշված տեղամասում ամպլիտուդաների պայմանական արժեքներն (նշված են կանաչ, մոխրագույն, մանուշակագույն և կապույտ երանգներով) գտնվում են $-1 \div 1$ միջակայքում, որը 3 և ավելի անգամ գերազանցում է ֆոնային արժեքը: Հետևաբար ռադարագրամմայի այդ հատվածը ընդունվում է որպես անոմալ տեղամաս: Առանձնացված անոմալ տեղամասերում հետազայում կատարվում են ավելի մանրամասն ուսումնասիրություններ: Աշխատանքների մեթոդաբանության եզրափակիչ փուլում կառուցվում են նպատակային անոմալիաների երկչափ և եռաչափ մոդելները՝ որոնք արտահայտում են օբյեկտների երկրաչափությունը և տարածաչափությունը, պատկերները:

Երկչափ (2D) մոդելավորման հանույթ: Ուսումնասիրվող տեղամասի երկչափ մոդելներ կազմելու նպատակով կիրառվում է պրոֆիլային հանույթ: Գրանցվում է էլեկտրամագնիսական ալիքներն անընդհատ ռեժիմով, որի հիման վրա ստանում ենք համապատասխան ռադարագրամման: Ռադարագրամմաների համակարգչային մշակման արդյունքում առանձնացվում են երկրաչափական

բնույթի անոմալ տեղամասեր պայմանավորված մասնավորապես հնագիտական օբյեկտներով:

Եռաչափ (3D) մոդելավորման հանույթ: Եռաչափ մոդելավորման նպատակով գեոռադարային հանույթի կիրառման ժամանակ տեղամասը ներկայացվում է գրիդների տեսքով: Փոխուղղահայաց պրոֆիլները իրականացվում են հանույթի գրանցումների անընդհատ ռեժիմով: Համակարգչային մշակման արդյունքում կառուցվում է ուսումնասիրող տեղամասի եռաչափ մոդելը, որը բնութագրում է որոնվող օբյեկտների տարածական տեղադիրքը, դրանց խորությունները, և ձևաչափը: Եռաչափ մոդելավորման արդյունքում առանձնացվում են հնագիտական տեսանկյունից հեռանկարային տեղամասեր, հետագա ուսումնասիրություններ իրականացման նպատակով:

2.4. Ամփոփում

- Գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ գծային և տարածական օբյեկտների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և քարտեզագրման մեր կողմից առաջարկված մեթոդական մոտեցումը թույլ է տալիս մեծացնել հանույթի ճշտությունը ու անցնել նրանց երկչափ և/կամ եռաչափ մոդելավորմանը:
- Գեոռադարային երկչափ հանույթի կիրառմամբ հայտնաբերվում են որոնվող օբյեկտների հետ կապված անոմալիաները և առանձնացվում են հեռանկարային տեղամասերը: Վերջիններիս մանրամասն ուսումնասիրման նպատակով իրականացվում է գեոռադարային եռաչափ հանույթը, որը հնարավորություն է տալիս ստանալ անոմալ մարմնի ամբողջական կառուցվածքը, տեղադրման խորությունը և երկրաչափությունը:
- Տարբեր տեղամասերում իրականացված լայնածավալ աշխատանքների փորձը բերել է այն եզրահանգմանը, որ.
 - կավավազներից և բազալտների բեկորներից կազմված երկրաբանական կտրվածքում որոնվող օբյեկտների համար գեոռադարային համակարգի

արդյունավետ դիէլեկտրիկ թափանցելիության մուտքային գործակից կարելի է ընդունել $\xi = 6.5$;

-Կավալազից, բրեկչայացված ավազաքարից, սեզոնային հեղեղման օրգանապես հարուստ տիղմից, խիտ կավից, կավալազից և տիղմից, ավազային դայկաներից և սիլերից կազմված նստվածքներում որոնվող օբյեկտների ուսումնասիրման նպատակով դիէլեկտրիկ թափանցելիության մուտքային գործակից կարելի է ընդունել $\xi = 7.2$;

-Կավերից, ավազակավերից և խճից կազմված նստվածքային շերտերի դեպքում, որպես դիէլեկտրիկ թափանցելիության մուտքային գործակից կարելի է ընդունել $\xi = 3$;

-Էոցենի հիմնային և բրեկչայացված տեսակի, կոյուվիալ, խճային, ավազակավային և դեյուվիալ նստվածքային ապարներով ներկայացված ստվարաշերտերում ակտիվ խզվածքների մակերեսային և մերձմակերեսային ստրուկտուրաների հայտնաբերման և քարտեզագրման աշխատանքներում արդյունավետ դիէլեկտրիկ թափանցելիության մուտքային գործակից կարելի է ընդունել $\xi = 7.8$;

-Ավազներից, ավազակավերից, պլաստիկ կավերից և անդեզիտոբազալտների բեկորներից կազմված նստվածքային շերտերում խզվածքի մակերեսային և մերձմակերեսային կառուցվածքների քարտեզագրման աշխատանքներում, որպես դիէլեկտրիկ թափանցելիության մուտքային գործակից կարելի է ընդունել $\xi = 8$;

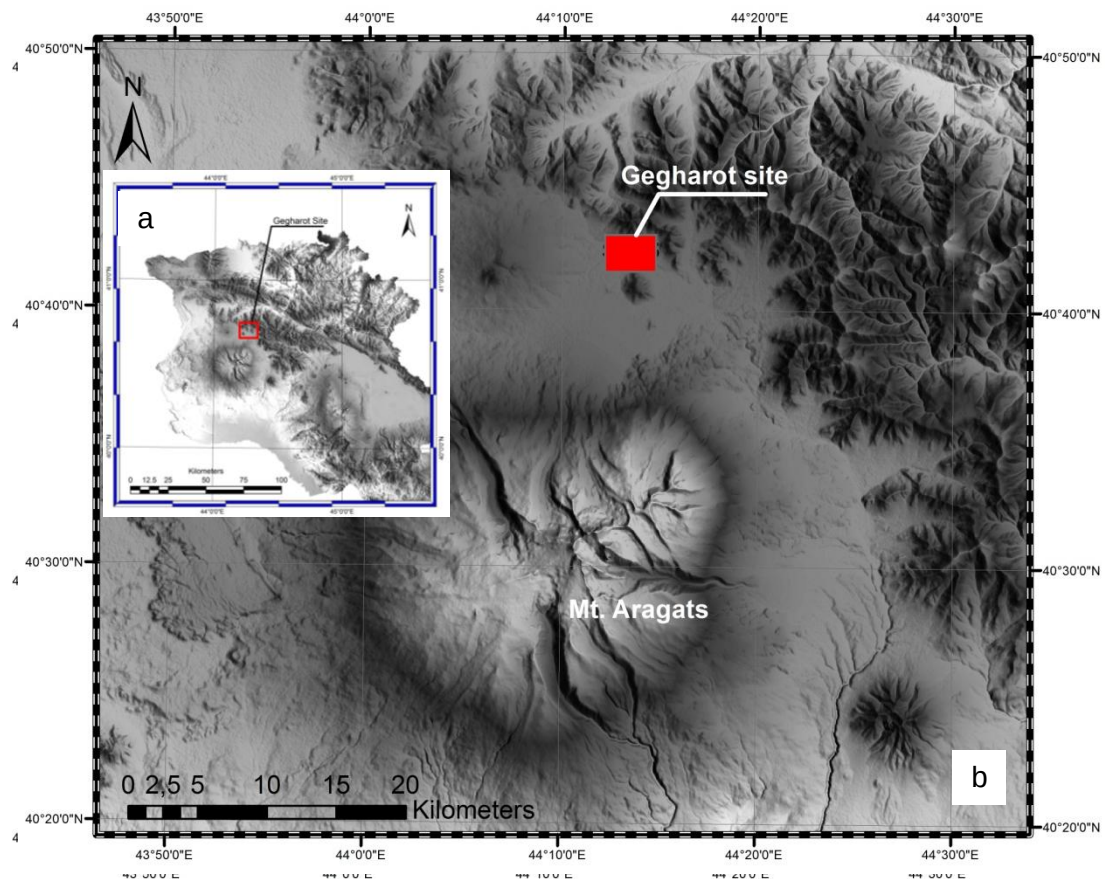
- Պլաստիկ երկրաբանական միջավայրերում գեոռադարային հանույթի կիրառումը արդյունավետ չէ:

- Նշված մեթոդական ուսումնասիրությունների մոտեցումները և մասնավորապես դիէլեկտրիկ թափանցելիության գործակիցներն օգտագործվել են ներքո բերված գեոռադարային հանույթների գործնական օրինակներում, որոնք նպատակամղված են եղել լուծելու հնագիտական և պալեոմորֆոլոգիական տարբեր բնույթի խնդիրներ:

ԳԼՈՒԽ 3. ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ԵՐԿՉԱՓ ԵՎ ԵՌԱՉԱՓ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՊԱՏՄԱՄՇԱԿՈՒԹԱՅԻՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ԵՎ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՆԵՐՈՎ (ԳԵՂԱՐՈՏ ԵՎ ՇԵՆԳԱՎԻԹ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐԻ ՕՐԻՆԱԿՆԵՐՈՎ)

3.1 Գեղարոտ տեղամաս

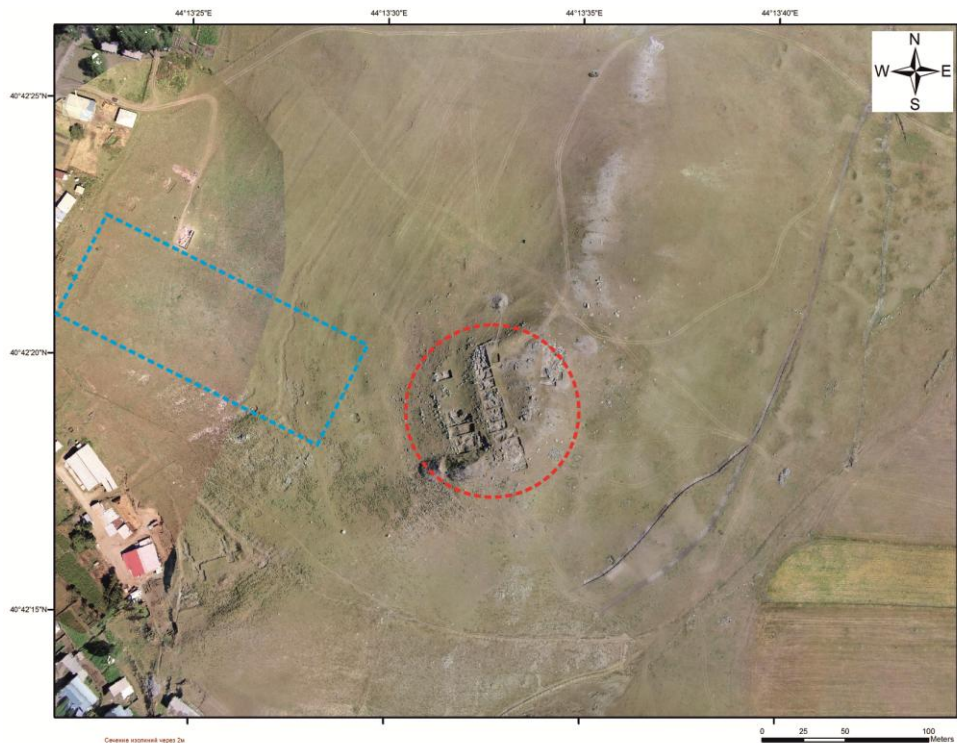
Ուսումնասիրման տեղամասը գտնվում է Հայաստանի Հանրապետության կենտրոնական մասում, Արագածոտնի մարզի Ապարանի շրջանի Գեղարոտ գյուղում (նկ. 3.1), որտեղ, ըստ պատմական տվյալների [10,15,16,47,50,71,74], առկա է բրոնզե դարի բնակավայր: Այն գտնվում է Արագած (4095 մետր) լեռան հյուսիսային լանջին:



Նկար 3.1. a) Ուսումնասիրված Գեղարոտ տեղամաս, b) ուսումնասիրված տեղամասի աշխարհագրական դիրքը բարձրությունների թվային մոդելի վրա (DEM)

Տվյալ տեղամասում հնագիտական ուսումնասիրությունները սկսվել են 1998 թվականից: Աշխատանքներն իրականացվել են Արագածի լանջին՝ ընդգրկելով 98.31 մ² մակերես [13,14,72,74,75]:

2002 թվականին սկսվել է Արագած հայ-ամերիկյան համատեղ գիտահետազոտական ծրագիրը, որի շրջանակներում իրականացվել են հնագիտական ակտիվ պեղումներ (նկ. 3.2) [73]:



Նկար 3.2 Գեղարոտ տեղամաս. կարմիր կետագծերով եզրագծված է նախկինում պեղված օբյեկտները, իսկ կապույտով՝ գեոռադարային հանույթի միջոցով ուսումնասիրված տեղամասը

Այդ աշխատանքների ընթացքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել է ուշ բրոնզե դարի բնակավայրը, որտեղ առանձնացվել են շրջանաձև խցիկներ (նկ. 3.3) [16]:



Նկար 3.3 Հնագիտական պեղումների արդյունքում քարտեզագրված բնակավայրը

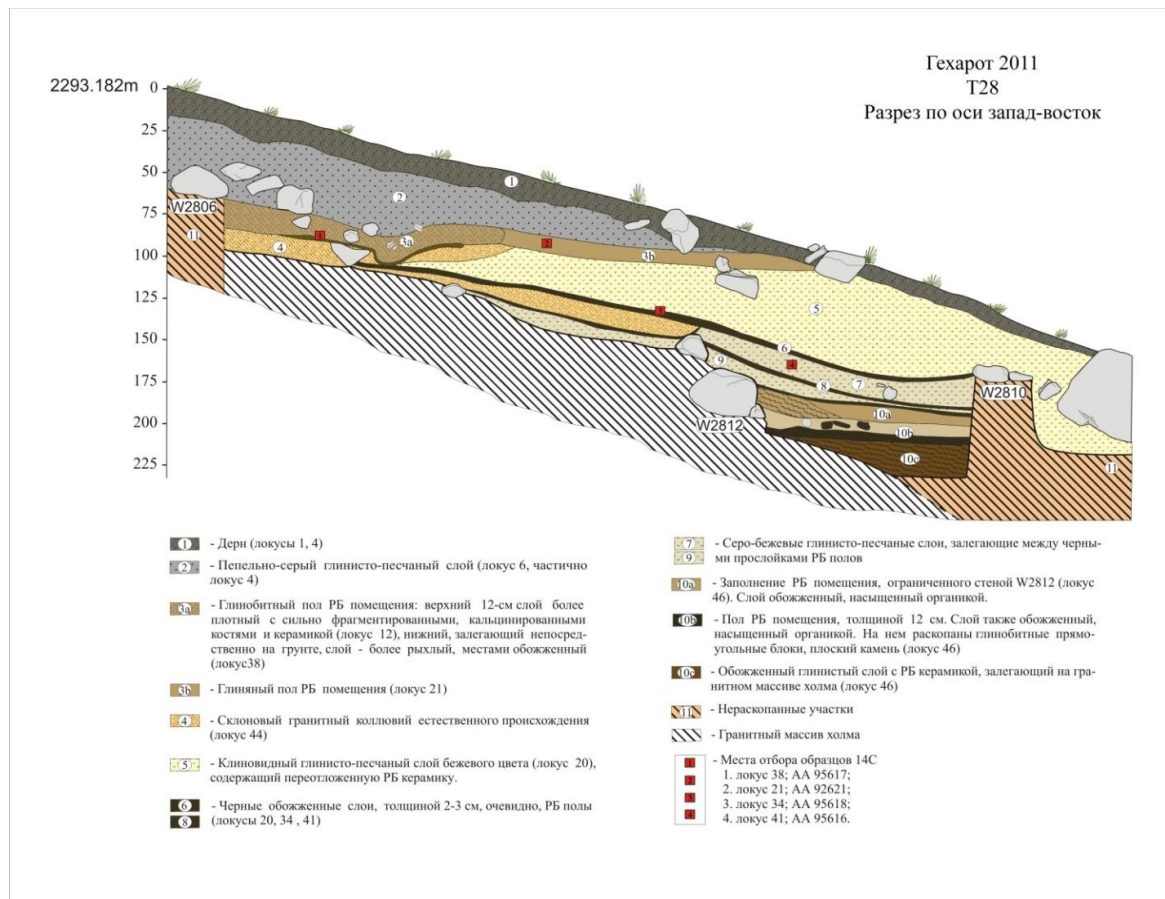
Գեղարտի հնագիտական տեղամասի հնագիտա-երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունները Հնագույն Հայաստանի բրոնզ-երկաթիդարյան հնագիտական մշակույթների բացահայտման, լեռնաշխարհին բնորոշ հասարակական զարգացումների, ինչպես նաև անթրոպոգեն զարգացման առանձնահատկությունների լուսաբանման համար առանցքային նշանակություն ունեն [16]:

Հարկ ենք համարում նշել, որ արդեն իրականացված հնագիտական հետազոտությունները, այդ ընթացքում հայտնաբերված օբյեկտները, դրանց չափերը, տեղադրման խորությունները, հավանական պատերի հզորությունը և տարածման երկարությունները մեր հետազոտություններում հանդիսացան իրական

ուղեցույցներ: Դրանց նախնական ուսումնասիրությունը թույլ տվեց մեզ առավել ճշգրիտ ընտրել հետազոտությունների հնարավոր արդյունավետ տեղամասը, ինչպես նաև վստահ լինել մեր եզրահանգումներում:

Դաշտային երկրաֆիզիկական աշխատանքները իրականացվել են գյուղի հարավ-արևելյան հատվածում ընկած բլրակի վրա (նկ. 3.1)՝ նախկինում ուսումնասիրված տեղամասից դեպի արևմտյան հատվածը (նկ. 3.2): Բլրակը մեղմաթեք է: Գագաթին մերկանում են բազալտային ապարներ, որոնց բեկորները օգտագործվել են բնակավայրի շինարարության համար:

Ուսումնասիրվող ստվարաշերտը ներկայացված է կավերով, կավավազներով և գագաթի բազալտների բեկորներով (նկ. 3.4):



Նկար 3.4 Երկրաբանա-հնագիտական կտրվածք [16]

Ուսումնասիրվող տեղամասում լուծվել է երկրաֆիզիկայի հակադարձ խնդիր՝ էմպիրիկ եղանակով որոշվել է դիֆերենցիալ թափանցելիության արժեքը, ապա կիրառվել: Փորձերը իրականացվել են պեղված պատմամշակութային օբյեկտների հարևանությամբ: Գեոռադարային հանույթի ժամանակ գրունտի երկրաբանական

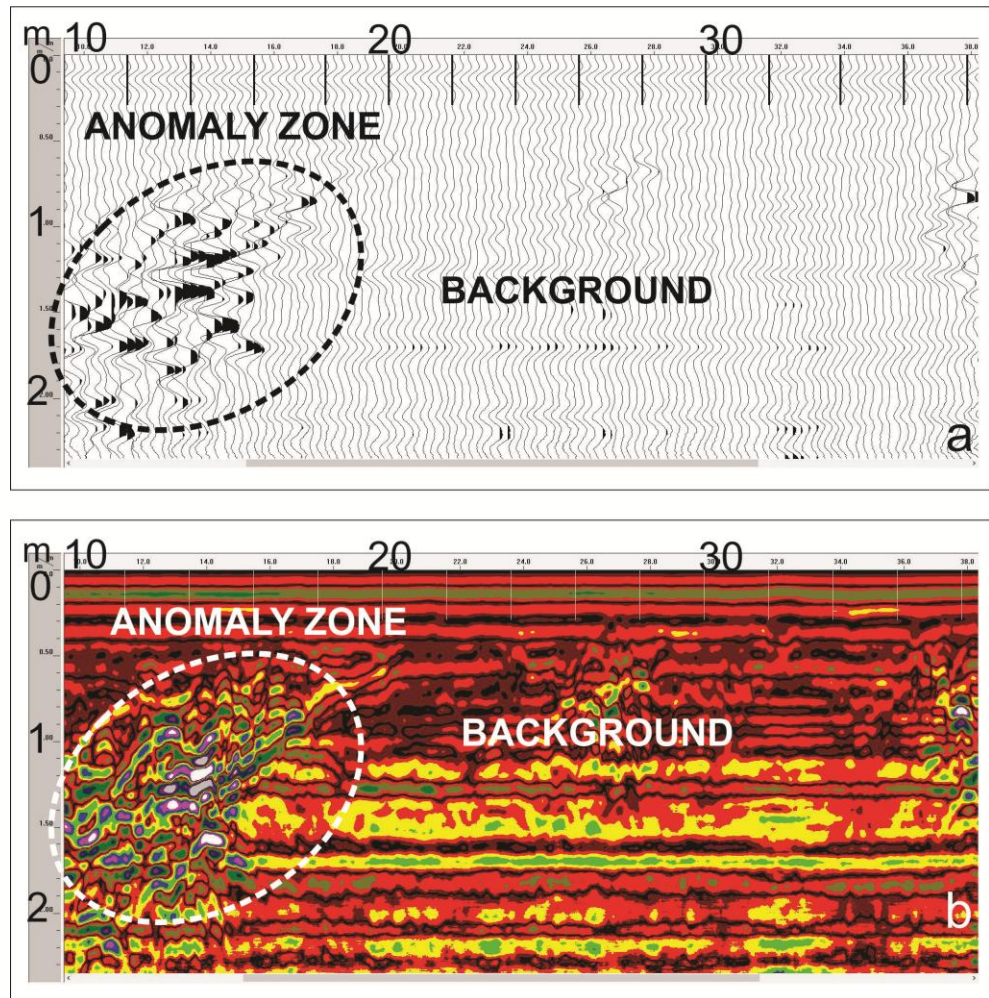
կտրվածքը քարտեզագրվել է հաշվի առնելով ապարների էլեկտրամագնիսական հատկությունները: Ընտրվել են պրոֆիլներ, որոնց երկայնքով փորձարկվել են տարբեր դիֆֆերենցիալ թափանցելիության արժեքներ (նկ.3.5): Դրանց արդյունքում ընտրվել է տվյալ միջավայրի համար առավել արդյունավետ և ճշգրտված դիֆֆերենցիալ թափանցելիության 6.5 գործակիցը:



Նկար 3.5 Պատմամշակութային պեղված օբյեկտը և ab գեոռադարային պրոֆիլը

Նկ. 3.6 a մասում պատկերված են էլեկտրամագնիսական ալիքների գրանցումը, իսկ b մասում այդ ալիքների մշակման և ստվարաշերտում անոմալիայի առանձնացման օրինակը: Ռադարագրամմայի մինչև 0.3 մետր խորությամբ հատվածում առկա է հողաբուսական շերտը: Նկ. 3.6 b աջակողմյան հատվածում (BACKGROUND) ֆոնային ալիքներն են, որոնք պայմանավորված են ավազներով և

կավերով: Իսկ նկարի ծախսակողմյան մասում (ANOMALY ZONE) եզրագծված է անոմալ տեղամասը, որը պայմանավորված է բազալտե բեկորներով:



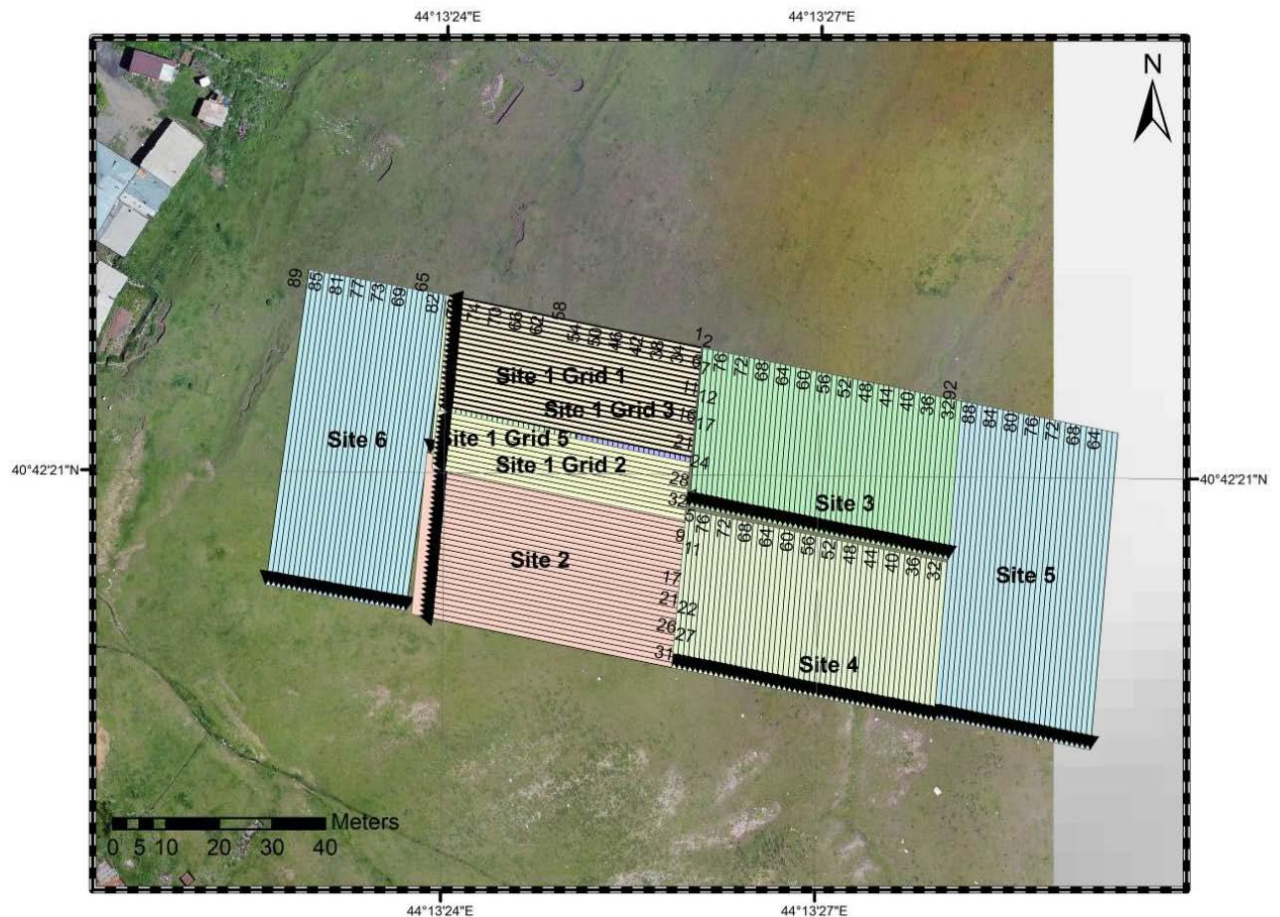
Նկար 3.6 a) Գեոռադարային հանույթի էլեկտրամագնիսական ալիքները b) ռադարագրամմայի վրա առանձնացված անոմալիան

Հաշվի առնելով նմանատիպ խնդիրների լուծման միջազգային և մեր փորձը, երկրաբանա-երկրաֆիզիկական աշխատանքների ընթացքում ուսումնասիրվել է մերձմակերևույթային՝ մինչև 2 մետր ստվարաշերտը:

Վերջին տասնամյակի ընթացքում գեոռադարային մեթոդի տեխնիկական և ծրագրային բարելավումները հնարավորություն են ընձեռում մանրամասն ուսումնասիրել և քարտեզագրել նստվածքային շերտերը: Մեթոդը նաև հնարավորություն է տալիս նստվածքային շերտում առանձնացնել ոսկորներ, քանի

որ դրանց ֆիզիկական հատկությունները հստակ տարբերվում են շրջակա ապարների հատկություններից [53]:

Ռելիեֆի պայմաններից ելնելով ուսումնասիրվող տեղամասը բաժանվել է վեց ենթատեղամասերի (նկ. 3.7):

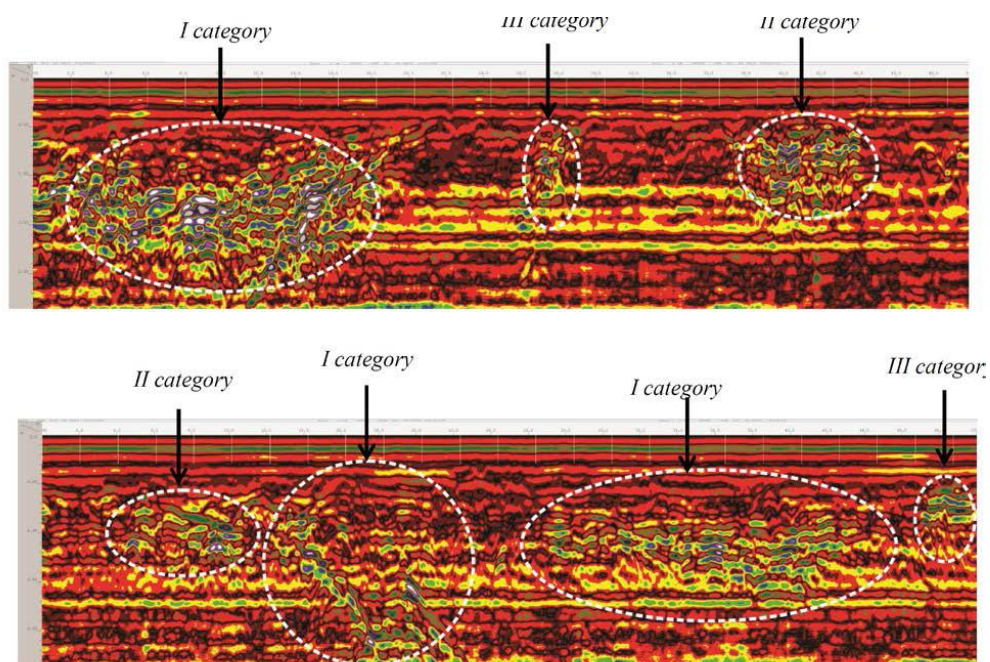


Նկար 3.7 Գեղարոտ համայնքի գեոռադարային աշխատանքների փաստացի նյութերի սխեմա

Ենթատեղամասերն ունեն տարբեր չափեր, իսկ դրանց հանրագումարը կազմում է 14.800 մ² մակերես: Հանույթներն իրականացվել են 358 պրոֆիլների միջոցով, որոնք ներառված են գրիդների (հետազոտությունների ցանց) մեջ: Գրիդներում պրոֆիլների միջև եղած հեռավորությունները կազմում են մեկ մետր, իսկ երկարությունները՝ կախված ռելիեֆից տարբեր են: Սկզբնական փուլում իրականացվել է գեոռադարային 2D հանույթ, որի արդյունքում առանձնացվել են

անոմալ տեղամասեր: Այնուհետև այդ տեղամասերում կիրառվել է 3D հանույթ, որի արդյունքում առանձնացվել են ստրուկտուրաները և կազմվել են դրանց 3D մոդելները: Գեոադարային հանույթի տվյալների մշակման ընթացքում հայտնաբերված անոմալիաները տարբերակելու և մատչելի ներկայացնելու համար դրանք, կախված իրենց կառուցվածքից և չափերից, բաժանվել են երեք կատեգորիաների (նկ. 3.8, աղյուսակ 3.1).

- առաջին կատեգորիայի մեջ ներառվում են համեմատաբար մեծ չափերով, հստակ արտահայտված անոմալիաները, որոնք ունեն հնագիտական պեղումների համար առաջնային նշանակություն (սխեմաներում և քարտեզներում ներկայացված է կարմիր գույնով):
- երկրորդում՝ տարբեր չափերի թույլ արտահայտված անոմալիաները, որոնք ունեն պատմամշակութային երկրորդական նշանակություն (սխեմաներում և քարտեզներում ներկայացված են դեղին գույնով):
- երրորդում՝ փոքր, լոկալ անոմալիաներն են (սխեմաներում և քարտեզներում ներկայացված են կանաչ գույնով):



Նկար 3.8 Անոմալիաների դասակարգումը: Կետագծերով նշված են անոմալ տեղամասերը

աղյուսակ 3.1

Անոմալիաների դասակարգումը	Նկարագրությունը	Պայմանական գույներ
I	Խիստ արտահայտված անոմալիա	Կարմիր
II	Միջին անոմալիա, որը հստակ դրսևորումներ չունի	Դեղին
III	Թույլ արտահայտվածությամբ անոմալիա	Կանաչ

Գեղարոտ համայնքում պատմամշակույթային օբյեկտների չափերը, ըստ հնագիտական տվյալների, կազմում են մի քանի սանտիմետրից մինչև տասնյակ մետրեր: Հաշվի առնելով այս հանգամանքը, գեոռադարային հանույթը իրականացվել է խիտ ցանցով: Ուսումնասիրությունների տեղամասերը բաժանվել են ճշգրիտ երկրաչափական պատկերների (գրիդ) տեսք ունեցող մարմինների (քառակուսի, ուղղանկյուն), որոնց նկարագիրը բերված է աղյուսակ 3.2-ում:

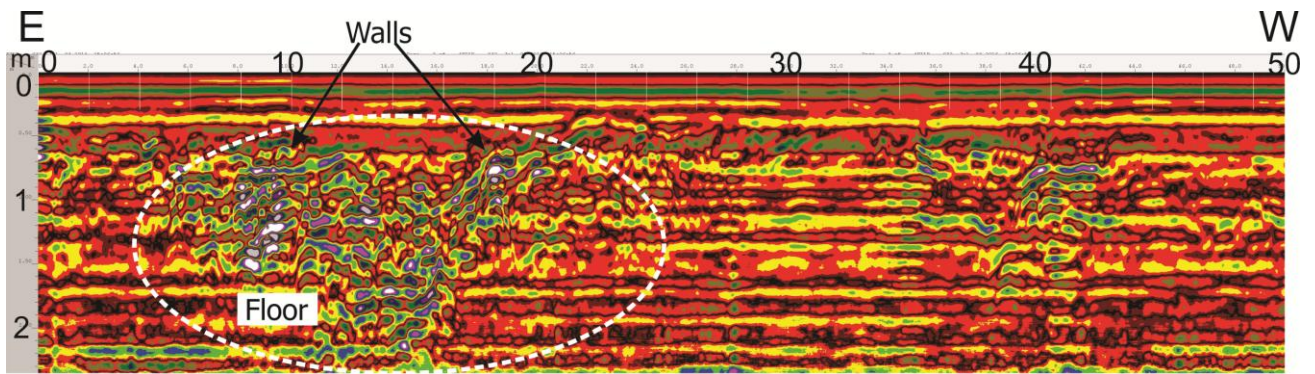
աղյուսակ 3.2

N	Պրոֆիլների քանակը	Յուրաքանչյուր պրոֆիլի երկարությունը (մ)	Ընդհանուր երկարությունը (մ)	Ուսումնասիրվող Տեղամասի մակերեսը (մ ²)
GRID 1	21	50	1050	1000
GRID 2	10	50	500	450
GRID 3	23	30	690	660
GRID 5	28	30	840	810

Առաջին տեղամասում ուսումնասիրություններն իրականացվել են չորս գրիդների միջոցով, որոնք միասին զբաղեցնում են 2920 մ² մակերես (նկ. 3.7, աղյուսակ 3.2):

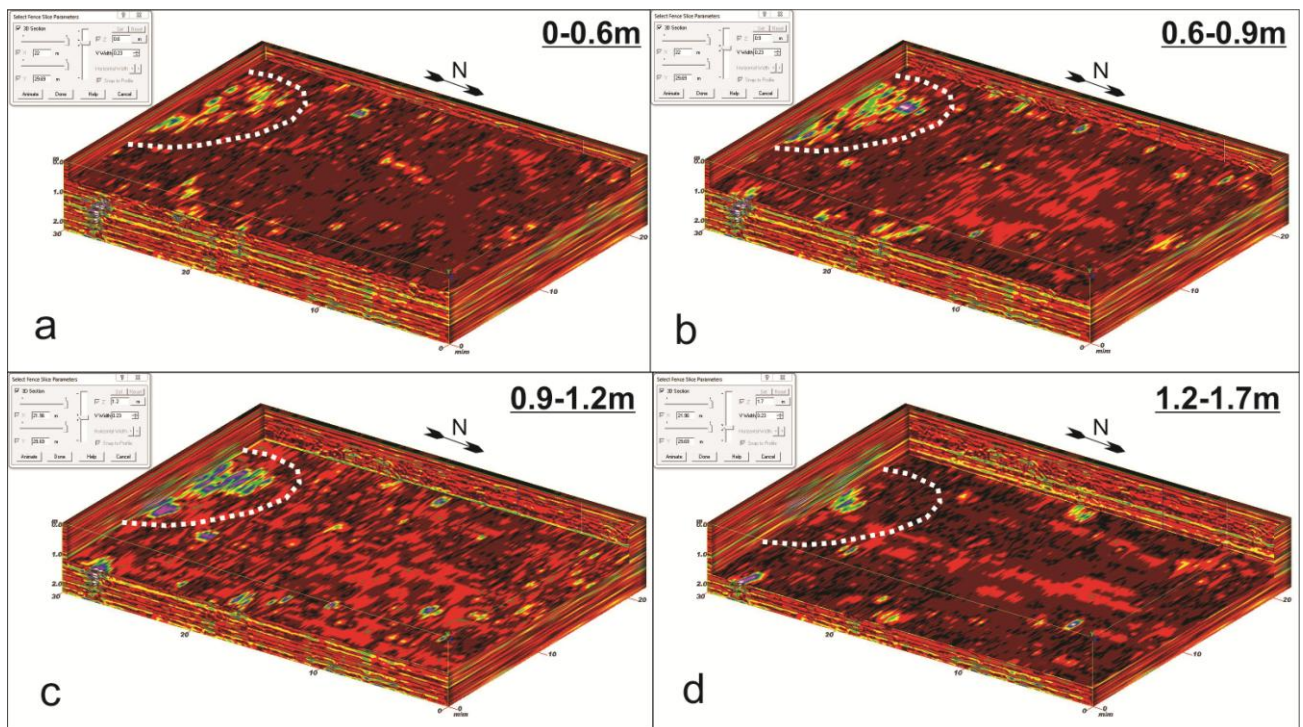
Առաջին գրիդ

Նկ. 3.9-ում բերված պրոֆիլը ունի 50 մետր երկարություն և 2 մետր խորություն: Այն տարածվում է արևելք-արևմուտք ուղղությամբ (նկ. 3.7 Site 1, Grid 1): Պրոֆիլի մինչև 0.2-0.3 մետր խորությունը կազմում է հողաբուսական շերտը:



Նկար 3.9 Գեոռադարային 2D հանույթի պրոֆիլի վերլուծություն: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Ռադարագրամմայի վրա ընդհանուր առմամբ արձանագրվել է համասեռ միջավայր: Առանձնանում է միայն 8-20 մետր հատվածում առկա անոմալիան (առանձնացված է սպիտակ կետագծով), որն ունի մինչև 2 մետր խորություն: Անոմալիայի վրա առանձնացված են երկու կողմերից սահմանափակող սյուներ, որոնք հավանաբար պատեր են, իսկ ներքևից եզրագծող հաստվածքը ենթադրյալ հատակն է: Այս հատվածում նմանատիպ անոմալիաները 2D հանույթի պրոֆիլների վրա կրկնվում են: Անոմալ տեղմասերը առավել մանրամասն ուսումնասիրելու նպատակով իրականացվել է գեոռադարային 3D հանույթ (նկ.3.10): Նկ. 3.10-ում ընդգծված հատվածը համընկնում է նկ. 3.9-ի անոմալիայի տեղամասի հետ: Գեոռադարային 3D հանույթի տվյալներով հստակ առանձնանում է անոմալ տեղամասը: Այն սկսվում է մոտավորապես 0.6 մետր խորությունից և շարունակվում է մինչև 1.7 մետր ընկած հատվածը: Անոմալ մարմինն ունի 12 մետր լայնություն և 8 մետր երկարություն: Օբյեկտը ունի շրջանաձև կառուցվածք, որը բնորոշ է բրոնզե դարի բնակավայրերին: Ստացված արդյունքների և հնագիտական տվյալների համատեղ վերլուծության արդյունքում կարելի է ենթադրել, որ այս շերտը հանդիսանում է կենսոլորտ:



Նկար 3.10 Գեոռադարային 3D հանույթը և դրա վերլուծությունը

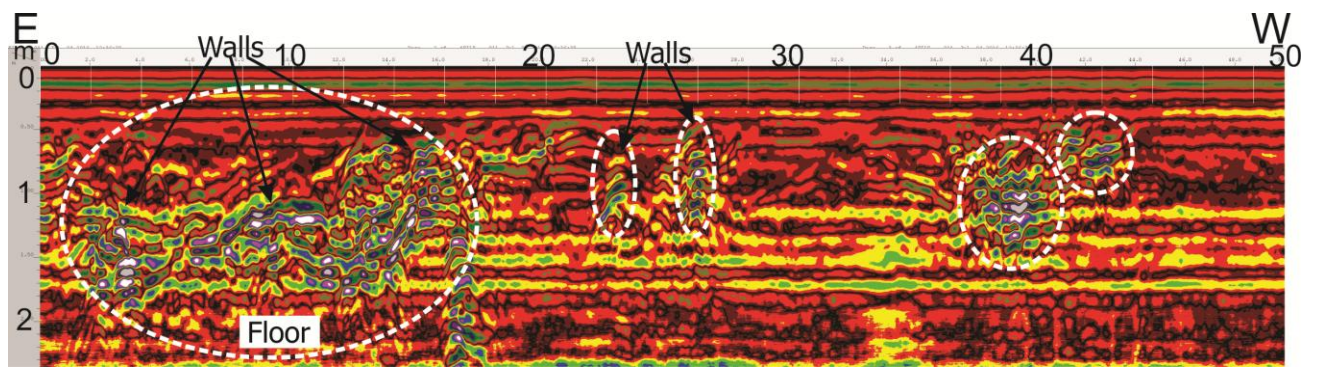
Առանձնացված նստվածքների խորությունը՝ a) 0-0.6 մետր b) 0.6-0.9 մետր c) 0.9-1.2 մետր d) 1.2-1.7 մետր: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Ուսումնասիրվող տեղամասում հայտնաբերված և առանձնացված բոլոր անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25):

Փաստացի նյութերի սխեմաների վրա նշված անոմալիաների գույները արտահայտում են նրանց համեմատական չափսերը (աղյուսակ 3.1):

Երկրորդ գրիդ

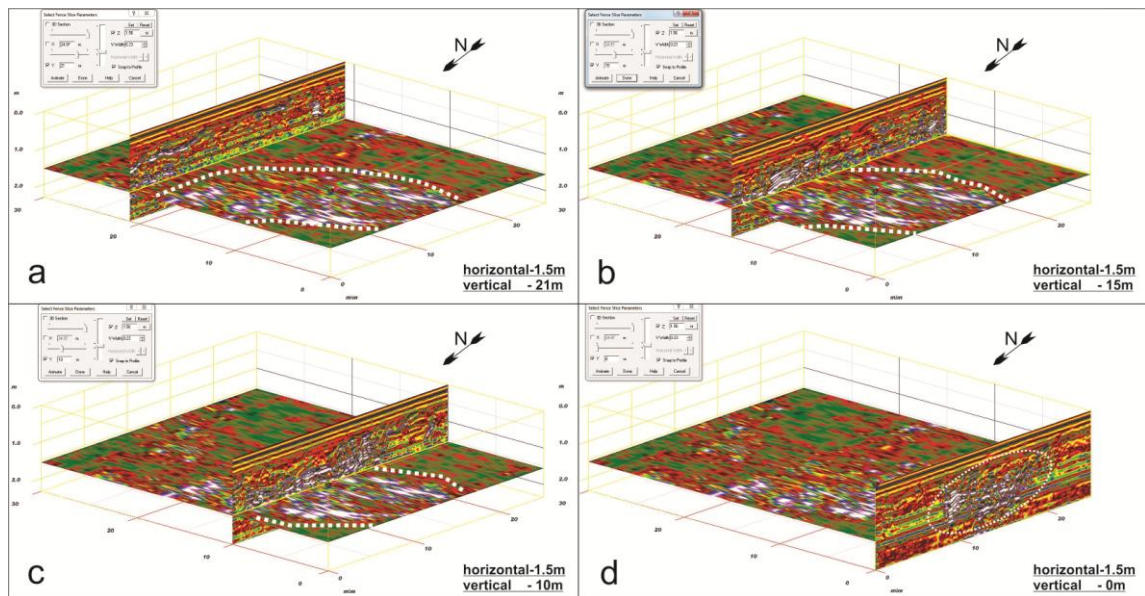
Գեոռադարային հանույթն իրականացվել է 1500 մ² մակերես ընդգրկող տարածքում (նկ. 3.7) 31 պրոֆիլների միջոցով: Պրոֆիլներն ունեցել են հյուսիս-հարավ տարածում: Ուսումնասիրություններն ընդգրկել են մինչև երկու մետր խորությունը, իսկ աշխատանքների մեթոդիկան նույնն, ինչ առաջին գրիդում:



Նկար 3.11 Երկրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 2D հանույթի
ռադարագրամմայի մշակման օրինակ: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Նկ.3.11-ում պատկերված է գեոռադարային 2D հանույթի մշակումը: Ռադարագրամմայի մինչև 0.35 մետր խորությունը ընկած հատվածը կազմում է հողաբուսական շերտը: Հաջորդ շերտը սկսվում է 0.35 մետրից և շարունակվում է մինչև 2 մետր խորությունը: Այս շերտը կենսոլորտ է, քանի որ այստեղ առկա են անոմալիաներ, որոնք կարող են հանդիսանալ պատմամշակութային օբյեկտներ: Գեոռադարային 2D հանույթի արդյունքում, հորիզոնական ուղղությամբ, առանձնացվել են նմանատիպ անոմալիաներ: Առաջինը, ռադարագրամմայի վրա, արձանագրվել է 2 մետրից և շարունակվում է մինչև 18 մետր հատվածը: Ինչպես երևում է ռադարագրամմայից, օբյեկտի 16 մետր երկարության վրա, 4, 8 և 15 մետր հատվածներում ընդգծվում են ուղղահայաց անոմալիաներ, որոնցից երկուսը եզրագծում են օբյեկտը՝ բաժանելով այն երկու հատվածների (նկ. 3.11): Երեք ուղղահայաց սյուներն ունեն ընդհանուր հատակ: Հնարավոր է, որ անոմալիան իրենից ներկայացնում է միևնույն պատով առանձնացվող երկու սրահ:

Երկրորդ օբյեկտն առանձնանում է ավելի փոքր չափերով, սկսվում է ռադարագրամմայի 22 մետրից մինչև 26 մետր հատվածը, խորությունը - 0.4 մինչև 1.2 մետր: Այն կազմված է երկու ուղղանկյունաձև սյուներից, որոնք չունեն ընդհանուր հատակ:

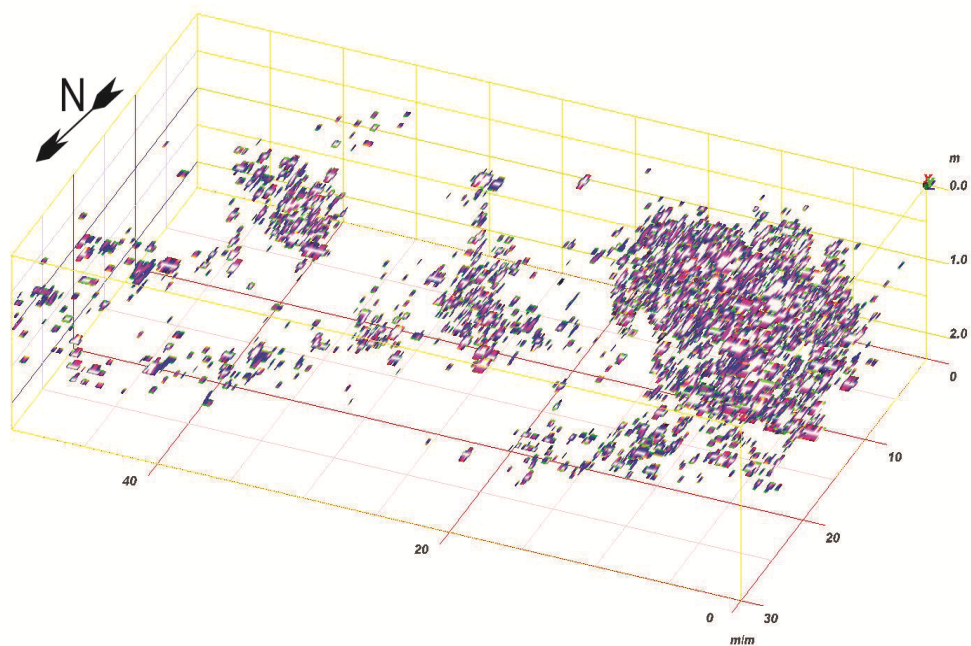


Նկար 3.12 Երկրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մշակում:
 Հորիզոնական շերտի խորությունը կազմում է 1.5 մետր: a) գրիդի 21-րդ պրոֆիլը b)
 գրիդի 15-րդ պրոֆիլը c) գրիդի 10-րդ պրոֆիլը d) գրիդի առաջին պրոֆիլը:
 Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Երկու անոմալ մարմիններից առաջինը թե՛ իր չափերով, թե՛ կառուցվածքով ավելի հեռանկարային է պատմամշակութային նշանակության տեսակետից: Գեոռադարային 2D հանույթի ժամանակ նմանատիպ անոմալիաներով առանձնացված տեղամասում իրականացվել է գեոռադարային 3D հանույթ (նկ. 3.12):

Գեոռադարային 3D հանույթի տվյալները թույլ տվեցին ճշգրտել երկրորդ տեղամասի կենսոլորտի ստորին սահմանը, որը կազմում է 1.5 մետր: Անոմալ մարմինը արձանագրվել է գրիդի սկզբից և շարունակվել է մինչև 20 մետր հատվածը (նկ. 3.12 a,d): Այն ունի մոտավորապես 10 մետր լայնություն: Նկ. 3.12 d-ում պատկերված ռադարագրամման համընկնում է նկ. 3.11-ում պատկերված անոմալիայի հետ: Ուստի այս ամբողջական մարմինն իր մեջ ներառում է ուղղահայաց անոմալիաներ, հնարավոր հատակ, այսինքն ենթադրվում է երբեմնի մարդկային ակտիվ գործունեության տեղամաս:

Գեոռադարային 2D և 3D հանույթների վերլուծության արդյունքում արձանագրված բոլոր անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25; աղյուսակ 3.1): Ինչպես երևում է նկ.3.25-ից, այս տեղամասում պատմամշակութային (կարմիր) նշանակության անոմալիաները բավական մեծ մաս են կազմում: Ուսումնասիրությունների արդյունքում ստացված են դրանց խորությունները, լայնություններն ու երկարությունները: Օգտագործելով այդ տվյալները՝ կազմված են ենթադրյալ պատմամշակութային օբյեկտների 3D մոդելները՝ մոդելավորման արդյունքում տեղամասի արևելյան հատվածում առանձնացված է 20 մետր լայնությամբ և 20 մետր երկարությամբ անոմալիա (նկ.3.13): Այն ունի 0.6-ից մինչև 2 մետր խորություն: Անոմալիան համալիր է և կազմված է առանձին շրջանաձև օբյեկտներից:



Նկար 3.13 Երկրորդ ենթատեղամասի անոմալիաների 3D մոդել

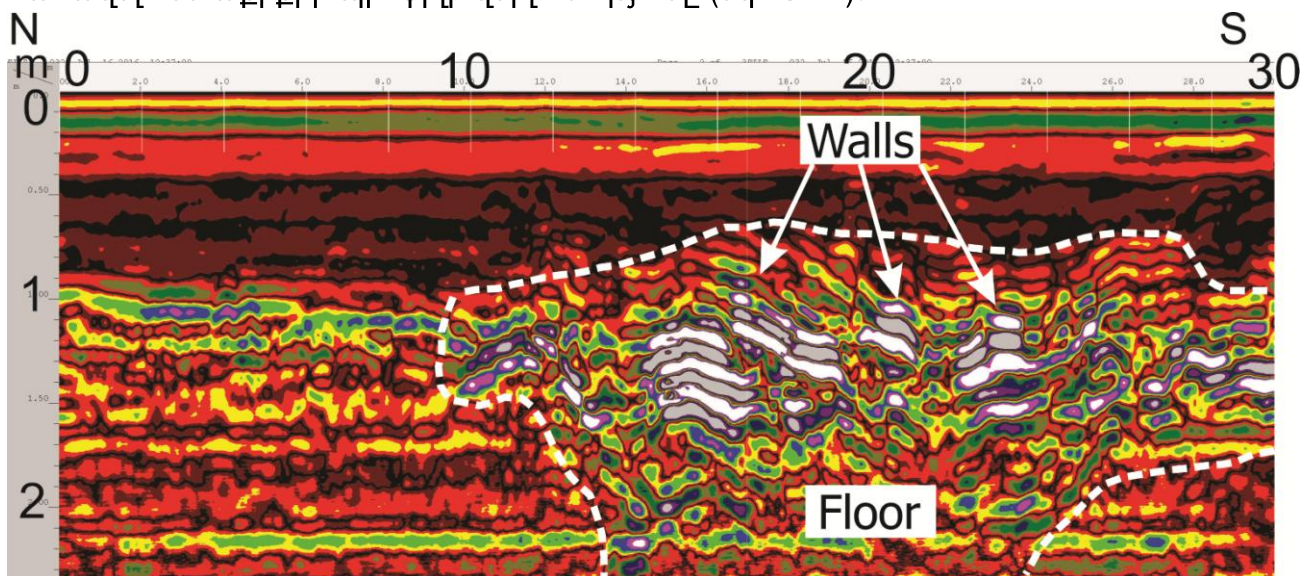
Տեղամասի արևմտյան հատվածում ևս արտահայտվում են երկու անոմալիաներ, որոնք սակայն ունեն ավելի փոքր չափեր: Այդ երկու անոմալիաները կարող են հանդիսանալ համալիր անոմալիայի բաղադրիչ մաս կամ ունենալ դրան սպասարկող նշանակություն (նկ.3.13):

Այսպիսով, գեոռադարային 2D և 3D համալիր հանույթների արդյունքում երկրորդ ենթատեղամասի արևելյան հատվածում հայտնաբերված և մանրամասն ուսումնասիրված է անոմալ տեղամաս, որը իր չափերով և կառուցվածքային առանձնահատկություններով դիտարկվում է որպես հնագիտական տեսակետից հեռանկարային օբյեկտ:

Երրորդ գրիդ

Հանույթն իրականացվել է 51 զուգահեռ պրոֆիլներով, որոնք ունեն 30 մետր երկարություն (նկ. 3.7) և տարածվում են հյուսիս-հարավ ուղղությամբ: Եռաչափ հանույթը նույնպես իրականացվել է ուղղանկյունաձև ցանցով և ծածկում է 1500 քառակուսի մետր մակերես:

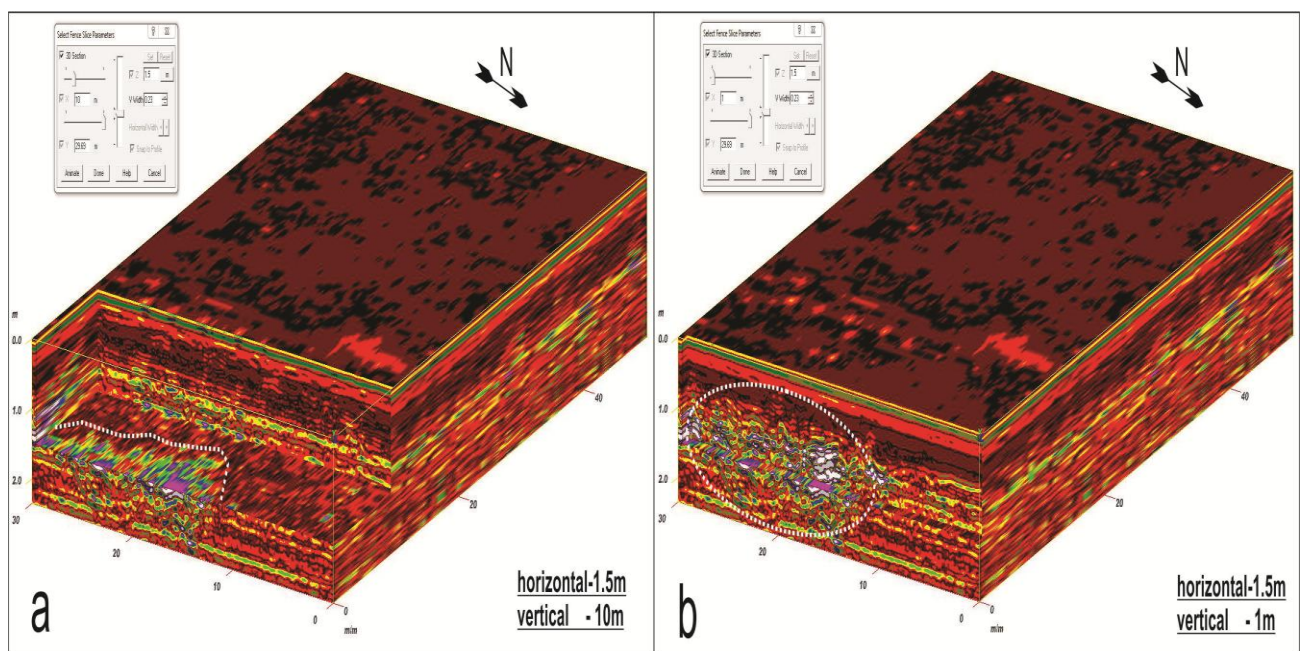
Ներկայացնենք տեղամասի երկչափ հանույթի հնագիտական տեսակետից առավել հետաքրքիր պրոֆիլի վերլուծությունը (նկ. 3.14):



Նկար 3.14 Երրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 2D հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Տարածական պրոֆիլի մինչև 0.6 մետր խորությունը կազմում է հողաբուսական շերտը: Դրան հաջորդում է կենսոլորտը մինչև 1.7 մետր խորությամբ: Հայտնաբերված անոմալիան (նկ. 3.14-ում ընդգծված է կետագծերով) հորիզոնական ուղղությամբ արձանագրվել է ռադարագրամմայի 10-րդ մետրից

մինչև 30 մետր հատվածը և ունի խորություն 0.6 մինչև 1.7 մետր: Անոմալիան կազմված է միմյանց, գրեթե զուգահեռ, երկու ուղղահայաց սյուներից, իսկ կենտրոնական մասում առկա են մոտավորապես 45° տակ թեքված երկու մարմիններ: Ամենայն հավանականության ուղղահայաց սյուները բրոնզե դարյա շինության պատերն են, իսկ թեքություն ունեցող մարմինները՝ ուղղահայաց սյուների վերին փլուզված հատվածները: Անոմալիա հանդիսացող մարմինները ունեն ընդհանուր հատակ (նկ.3.14): Երրորդ տեղամասում անոմալ մարմինը սահմանափակ է և ունի փոքր չափեր:



Նկար 3.15. Երրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մշակում:

Հորիզոնական շերտի խորությունը կազմում է 1.5 մետր: a) գրիդի 10-րդ պրոֆիլը b) գրիդի առաջին պրոֆիլը: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Գեոռադարային եռաչափ հանույթի օգնությամբ հաստատվեց կենտրոնի խորությունը, որը մոտավորապես կազմում է 1.5-1.7 մետր: Տեղամասի արևմտյան հատվածում առանձնանում է անոմալ մարմին, որը իր չափերով փոքր է: Անոմալիան ունի մոտավորապես 20 մետր երկարություն և 9 մետր լայնություն: Այն սկսվում է 0.6 մետր խորությունից և շարունակվում է մինչև 1.7 մետր հատվածը: Հավանաբար

այս մարմինը երկրորդ տեղամասում հայտնաբերված անոմալիայի շարունակությունն է (նկ.3.15):

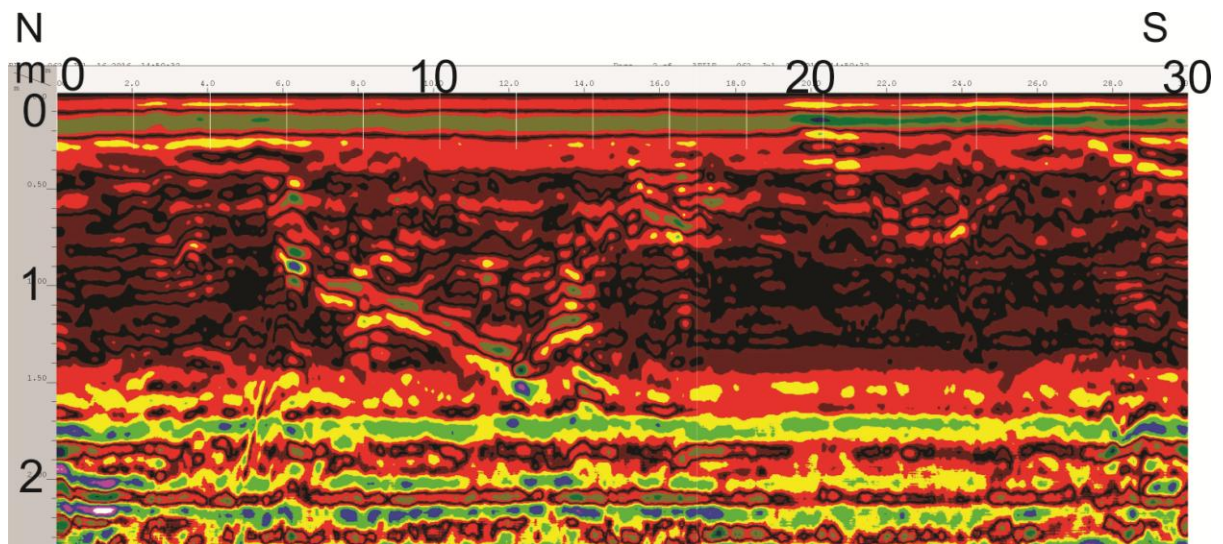
Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների մշակման արդյունքում ստացված անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25):

Ինչպես երևում է փաստացի նյութերի սխեմայից, երրորդ ենթատեղամասում անոմալիաները շատ չեն և ունեն փոքր չափեր: Ուստի այս տեղամասը պատմամշակութային օբյեկտների հայտնաբերման և ուսումնասիրման տեսանկյունից հեռանկարային չէ:

Չորրորդ գրիդ

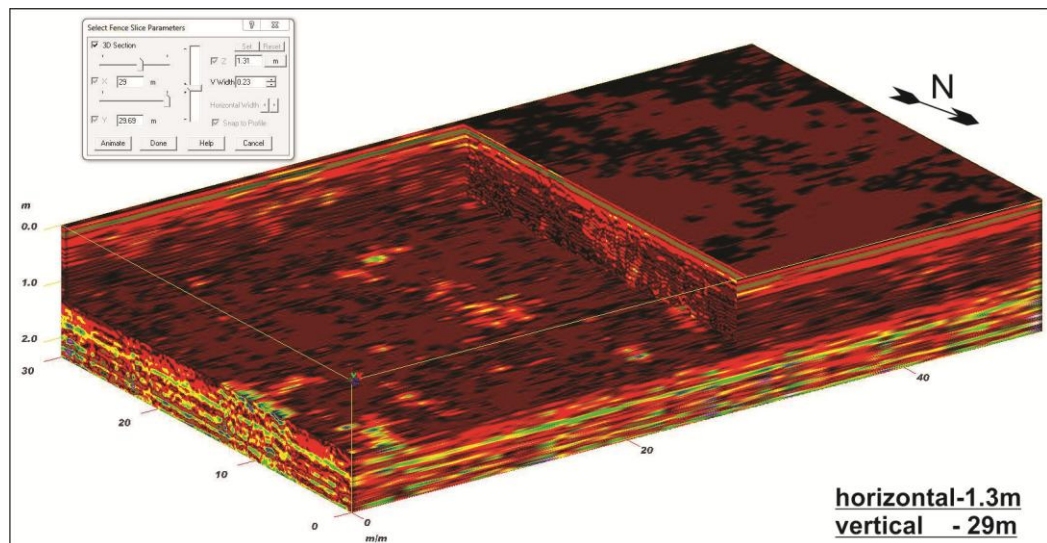
Գեոռադարային հանույթն իրականացվել է 51 միմյանց զուգահեռ պրոֆիլներով, որոնք ունեն 30 մետր երկարություն (նկ. 3.7): Դրանք տարածվում են հյուսիս-հարավ ուղղությամբ: Եռաչափ հանույթը նույնպես իրականացվել է ուղղանկյունաձև ցանցով: Այն ծածկում է 1500 մ² մակերես:

Դիտարկենք նկ. 3.16 –ում պատկերված երկչափ հանույթի ռադարագրամման:



Նկար 3.16 Չորրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 2D հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

Ռադարագրամմայի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ տեղամասում պատմամշակութային նշանակության երկրաֆիզիկական անոմալիա չի արձանագրվել:



Նկար 3.17 Երրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթ: Հորիզոնական շերտի խորությունը կազմում է 1.3 մետր: Ներկայացված է գրիդի 29-րդ պրոֆիլը

Նույն տեղամասում իրականացված գեոռադարային եռաչափ հանույթը (նկ. 3.17) ևս հաստատել է, որ տվյալ տեղամասը պատմամշակութային պեղումների համար հեռանկարային չէ:

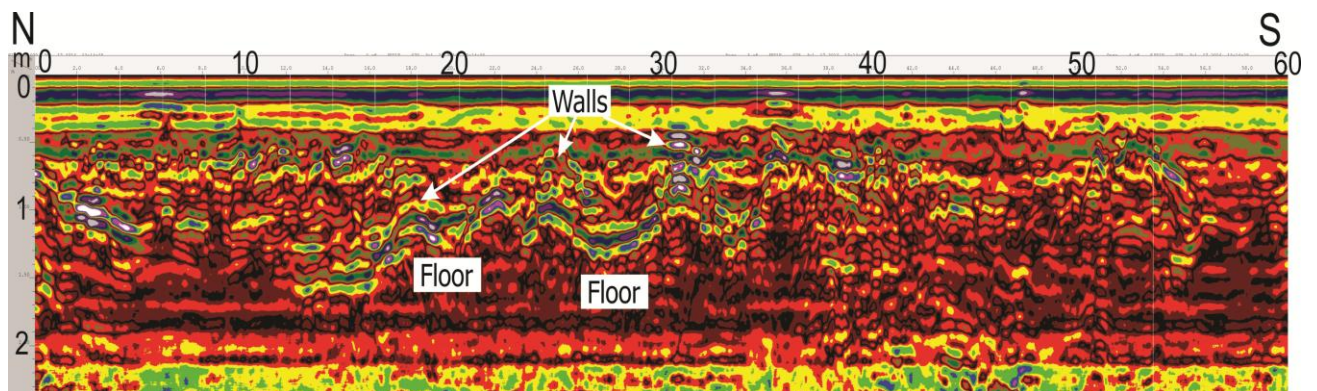
Չորրորդ ենթատեղամասի գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների մշակման արդյունքում ստացված անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25):

Տեղամասում առկա են երկրորդ և երրորդ կարգի անոմալիաներ, որոնց հնագիտա-երկրաֆիզիկական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ իրենց կառուցվածքներով նրանք չեն համապատասխանում որոնվող հնագիտական օբյեկտների կառուցվածքներին և պեղումներ իրականացնելու տեսակետից ունեն երկրորդական նշանակություն:

Հինգերորդ գրիդ

Գեոռադարային հանույթն իրականացվել է ուղղանկյունաձև և կազմված է եղել 31 միմյանց զուգահեռ պրոֆիլներից, որոնք ունեն 60 մետր երկարություն (նկ. 3.7): Դրանք տարածվում են հյուսիս-հարավ ուղղությամբ և միմյանց միջև հեռավորությունը կազմում է մեկ մետր:

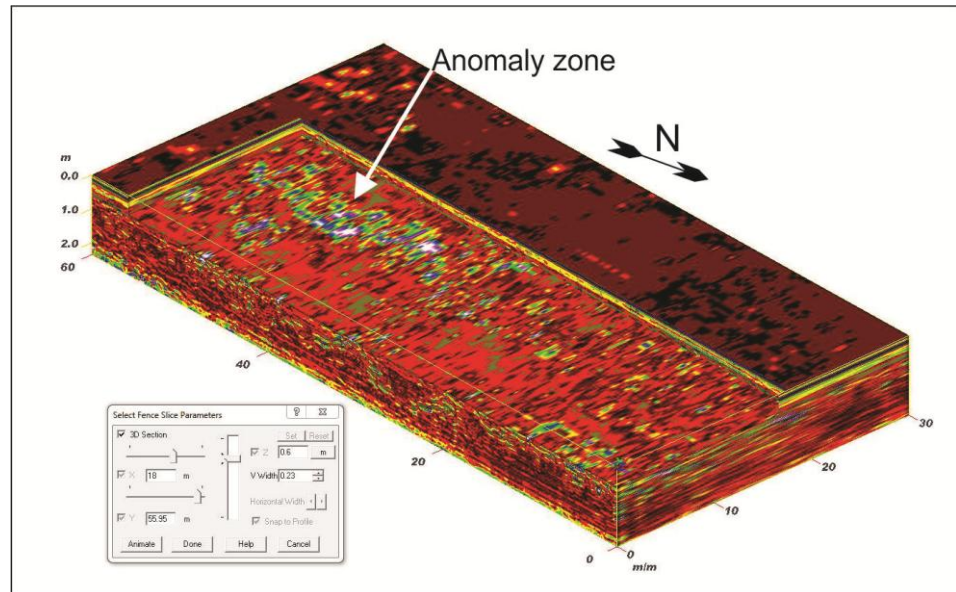
Նկար 3.18-ում ներկայացված են հնագիտական տեսակետից հետաքրքրական անոմալիաները և դրանց վերլուծությունը:



Նկար 3.18 Հինգերորդ ենթատեղամասի գեոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

Հողաբուսական շերտին, որն ունի մինչև 0.4 մետր խորություն հաջորդում է կենսոլորտը, որը շարունակվում է մինչև 1.4 մետր խորությամբ հատվածը: Կենսոլորտում առկա է անոմալիա, որը կազմված է երեք միմյանց գրեթե զուգահեռ ուղղահայաց սյուներից, և որոնք աստիճանաձև իջնում են հարավից հյուսիս: Ամենայն հավանականությամբ դրանք պատեր են: Ուղղահայաց մարմիններն ունեն նույնատիպ հատակ, որը ընդհանուր չէ և ընդհատվում է սյուներով: Ամենայն հավանականությամբ դրանք միմյանց հաջորդող առանձին շինություններ են: Նկարագրված անոմալիան սկսվում է ռադարագրամմայի 15-րդ մետրից և շարունակվում է մինչև 30 մետր հատվածը: Երկչափ հանույթի վերլուծության արդյունքում առանձնացվել է նմանատիպ անոմալիաների խումբ:

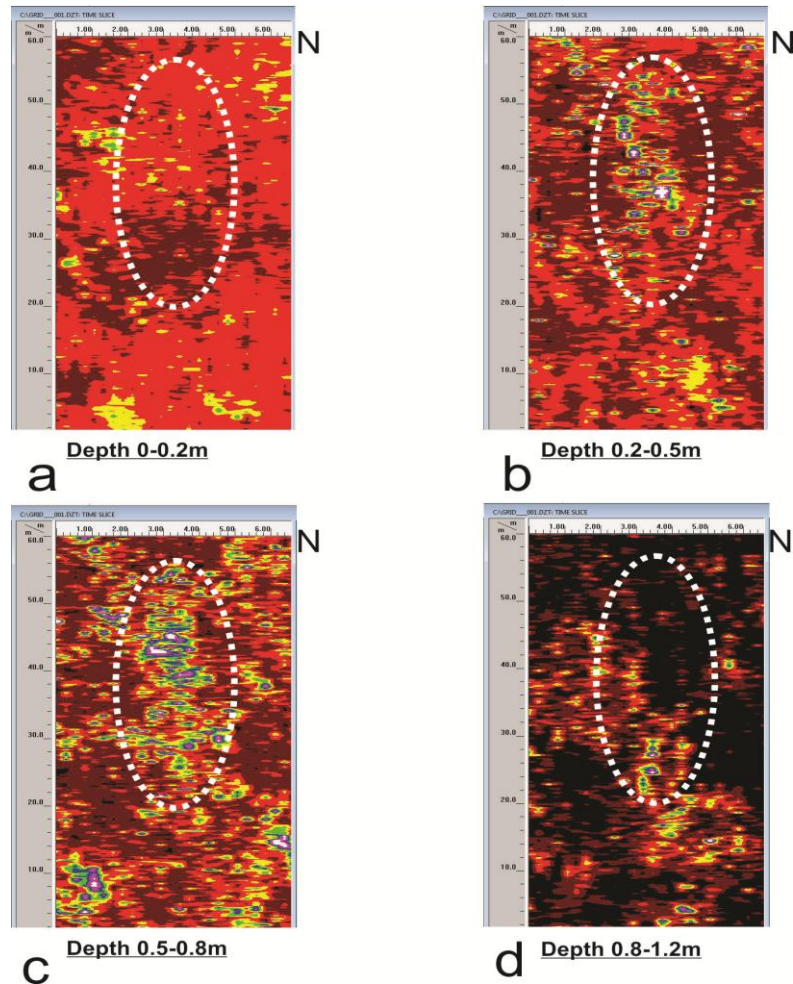
Տեղամասի այդ հատվածի իրականացված գեոռադարային եռաչափ հանույթը պատկերված է նկ. 3.19-ում:



Նկար 3.19 Հինգերորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մշակում

Եռաչափ հանույթի արդյունքում տեղամասում առանձնացված անոմալիաները հաստատվեցին (նկ.3.19): Հանույթի գրեթե կենտրոնական հատվածում առանձնանում է համալիր անոմալիա, որի մարմինը ունի 18 մետր լայնություն և 20 մետր երկարություն: Առանձնացված օբյեկտի մանրամասն ուսումնասիրման նպատակով իրականացվել է եռաչափ հանույթի հորիզոնական շերտերի վերլուծություն (նկ.3.20):

Տեղամասի 0-0.2 մետր ստվարաշերտը պայմանավորված է հողաբուսական շերտով (նկ.3.20;a): Անոմալ մարմինը սկսվում է 0.2-0.5 մետր խորությունից, այն ունի 2 մետր երկարություն և 25 մետր երկարություն (նկ.3.20;b): Տեղամասում մարդու գործունեության հիմնական շերտ է հանդիսանում 0.5-0.8 մետր խորությամբ հատվածը, այն ունի մոտավորապես 35 մետր երկարություն և 4 մետր լայնություն: Անոմալիան ըստ խորության բաժանվում է շրջանաձև օբյեկտների, որոնք ամենայն հավանականությամբ, բրոնզե դարի շինություններ են (նկ. 3.20;c): Մարմինը տարածվում է մինչև 0.8 մետր խորությունը (նկ. 3.20;d):



Նկար 3.20 Հինգերորդ գրիդում գեոռադարային 3D հանույթի հորիզոնական շերտերի վերլուծությունը ըստ խորության a) 0-0.2 մ b) 0.2-0.5 մ c) 0.5-0.8 մ d) 0.8-1.2 մ: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

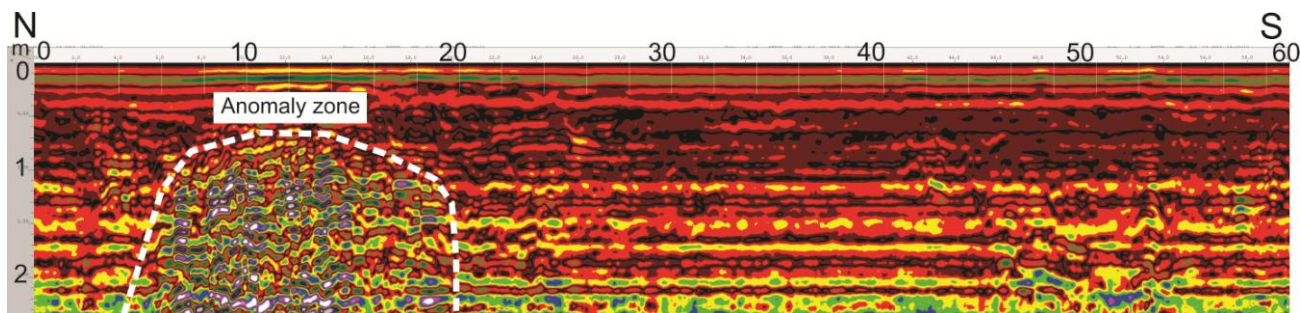
Ենթատեղամասում գեոռադարային հանույթի արդյունքներով ստացված անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25):

Տեղամասում գեոռադարային եռաչափ հանույթի հորիզոնական վերլուծության արդյունքից կարելի է եզրահանգել, որ նրա կենտրոնական հատվածում հայտնաբերվել է պատմամշակութային տեսանկյունից հեռանկարային օբյեկտ: Այն կարող է հանդիսանալ բրոնզե դարյա մարդու գործունեության արդյունք:

Վեցերորդ գրիդ

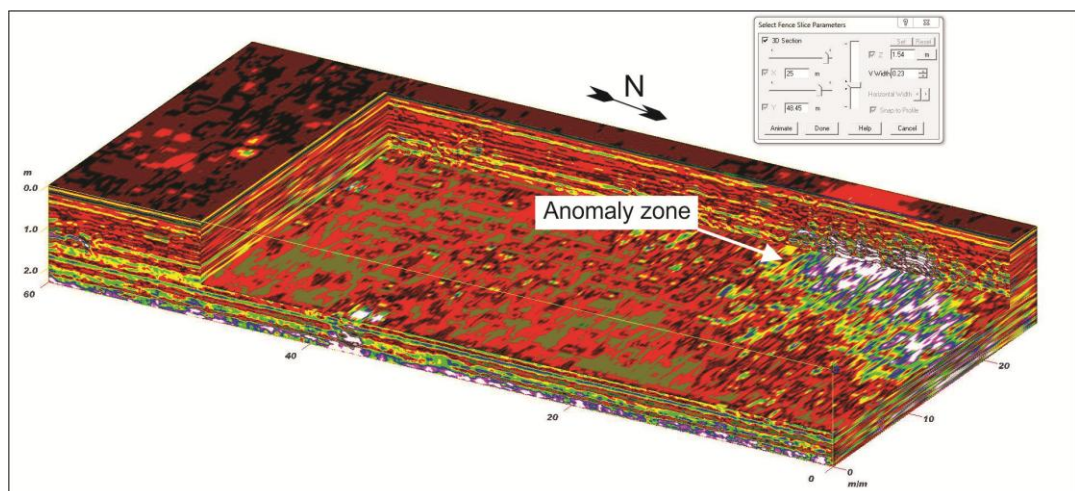
Գեոռադարային երկչափ հանույթի վերլուծության արդյունքում առանձնացվել են անոմալիաներ, որոնք համարվել են հեռանկարային հնագիտական տեսանկյունից (նկ. 3.7) և իրականացվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթ: Հանույթը իրականացվել է ուղղանկյունաձև ցանցով (երկարությունը - 60 մետր, լայնությունը - 27 մետր, մակերեսը - 1620 մ²):

Երկչափ հանույթի տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս (նկ. 3.21), որ մինչև 0.6 մետր խորությունում տեղակայված է հողաբուսական շերտին հաջորդում է կենսոլորտը, որը տարածվում է մինչև 2.3 մետր խորությունը:



Նկար 3.21 Վեցերորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 2D հանույթի ռադարագրամմայի մշակում: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

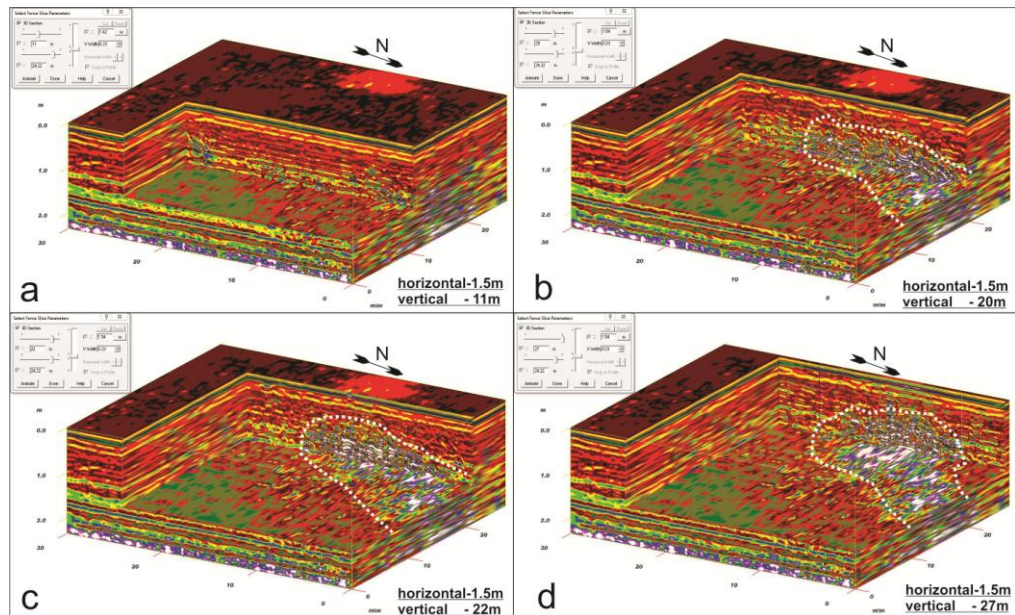
Պրոֆիլի հյուսիսային հատվածում առանձնանում է անոմալ դրսևորում որը սկսվում է 5-րդ մետրից և շարունակվում է հարավային ուղղությամբ մինչև 20-րդ մետրը:



Նկար 3.22 Վեցերորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի մշակում

Անոմալիան իրենից ներկայացնում է մարմին ուղղահայաց սյուներով, որոնք ունեն ընդհանուր հատակ: Նմանատիպ անոմալիաներն առանձնացվել են և դասակարգվել են իբրև առաջին կարևորության անոմալիաներ և որոնց հատվածում իրականացվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթ (նկ.3.22):

Եռաչափ հանույթի վերլուծության արդյունքում ուսումնասիրվող տեղամասի հյուսիս արևելյան հատվածում հստակ առանձնանում է երկչափ հանույթով արձանագրված անոմալիան (նկ. 3.22): Այն ունի 20 մետր լայնություն և 20 մետր երկարություն: Ներքո ներկայացվում է այդ քառակուսային մարմնի եռաչափ հանույթի վերլուծությունը և դրա արդյունքում ստացված տվյալները (նկ.3.23):



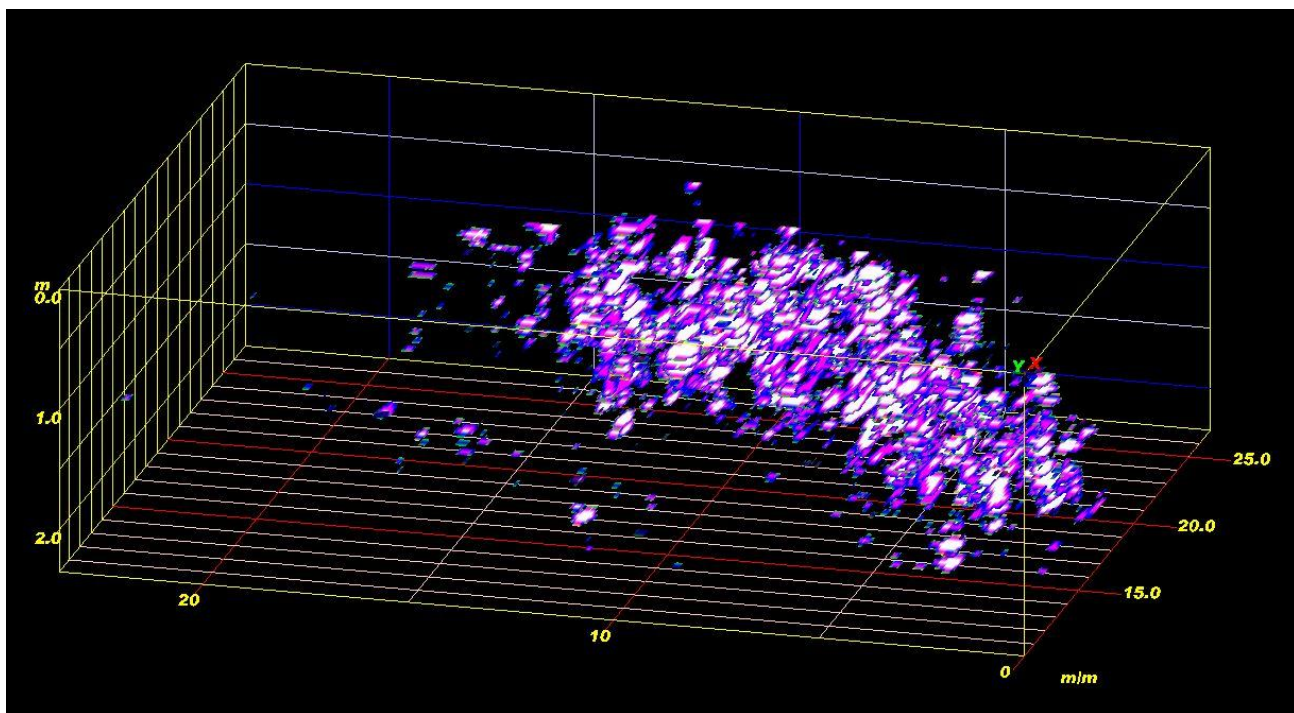
Նկար 3.23 Վեցերորդ ենթատեղամասի գեոռադարային 3D հանույթի ուղղահայաց շերտերի վերլուծություն: Հորիզոնական շերտի խորությունը 1.5 մետր a) ուղղահայաց 11-րդ մետրի շերտը b) ուղղահայաց 20-րդ մետրի շերտը c) ուղղահայաց 22-րդ մետրի շերտը d) ուղղահայաց 27-րդ մետրի շերտը: Կետագծերով նշված է անոմալ տեղամասը

Ընդհանուր անոմալ տեղամասի հողաբուսական շերտի հզորությունը կազմում է 0.6 մետր: Կենսոլորտի ստորին սահմանը տարածվում է մինչև 1.5 մետր խորությունը: Դրա հետևանքով եռաչափ հանույթի ուղղահայաց վերլուծության

հորիզոնական սահման է ընտրվել 1.5 մետր խորությամբ շերտը (նկ.3.23): Անոմալ մարմինը (նկ. 3.23-ում ներկայացված է կետագծերով) հանույթի արևմտյան ուղղությամբ սկսվում է 10-րդ մետրից և շարունակվում է մինչև 27-րդ մետրը (նկ. 3.23; a;b;c;d) և ունի մոտավորապես մեկ մետր հզորություն:

Գեոռադարային հանույթների արդյունքում ստացված անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 3.25):

Տեղամասի հարավային հատվածը պատմամշակութային տեսակետից ունի առաջնային նշանակություն: Դրան արևելյան ուղղությամբ հաջորդում են երկրորդական և երրորդական նշանակության անոմալիաները: Գեոռադարային երկչափ հանույթի և եռաչափ հանույթի ուղղահայաց վերլուծության հիման վրա կառուցվել է անոմալ մարմնի եռաչափ մոդելը (նկ. 3.24):



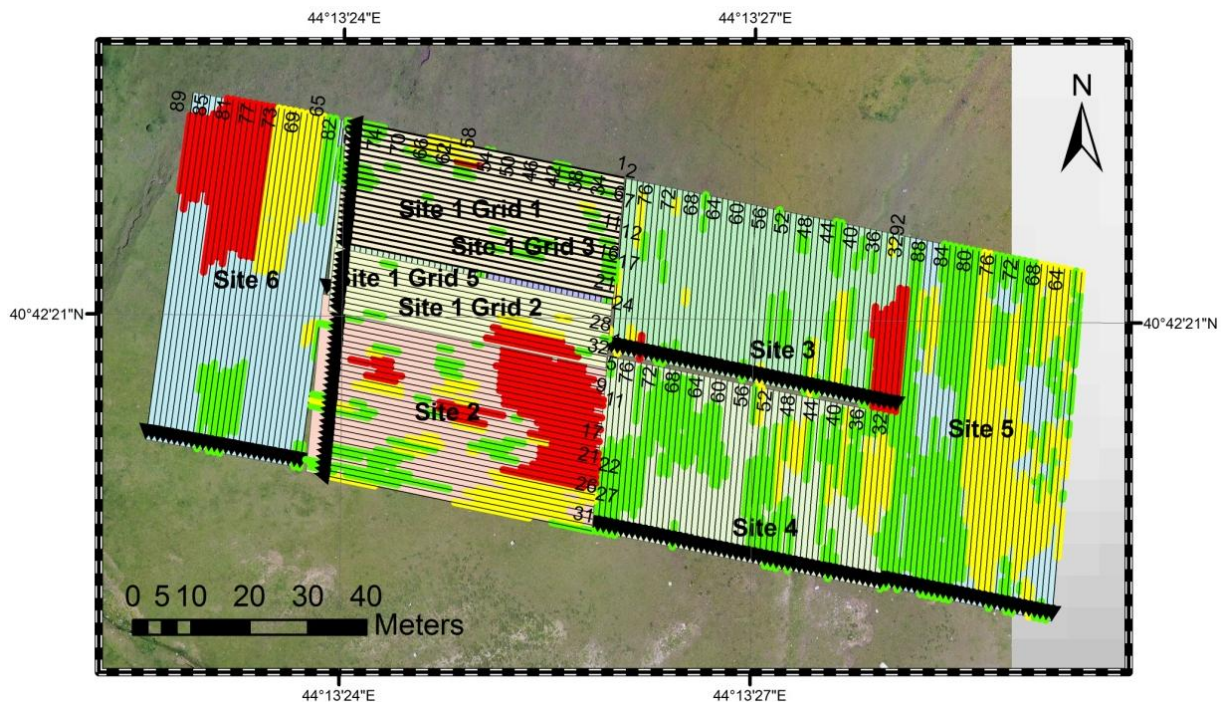
Նկար 3.24 Վեցերորդ ենթատեղամասի անոմալիաների 3D մոդել

Եռաչափ մոդելում հստակ առանձնացված է անոմալ մարմինը , որը ունի մոտավորապես մեկ մետր հզորություն և 15 մետր երկարություն: Արևելքից արևմուտք ուղղությամբ մարմնի լայնությունը փոփոխվում է 10-15 մետրի սահմաններում: Այն սահմանափակ է , էլեկտրամագնիսական հատկություններով

կտրուկ տարբերվում է շրջակա միջավայրից և ունի կտրուկ սահմաններ: Նմանատիպ էլեկտրաֆիզիկական հատկություններով ապարներ չեն առանձնանում ամբողջ տեղամասում, ուստի կարելի է ենթադրել, որ դրանք բնական ճանապարհով չեն հայտնվել տեղամասում: Հաշվի առնելով վերոնշյալը՝ ուսումնասիրվող տեղամասի այս հատվածը հեռանկարային է հնագիտական պեղումների համար:

Գեղարուրի փարածքի ենթատեղամասերի ստացված արդյունքների ամփոփում

Ամփոփվել են ենթատեղամասերի արդյունքները և ստացված բոլոր անոմալիաները տեղադրվել են փաստացի նյութերի սխեմայի վրա (նկ.3.25):

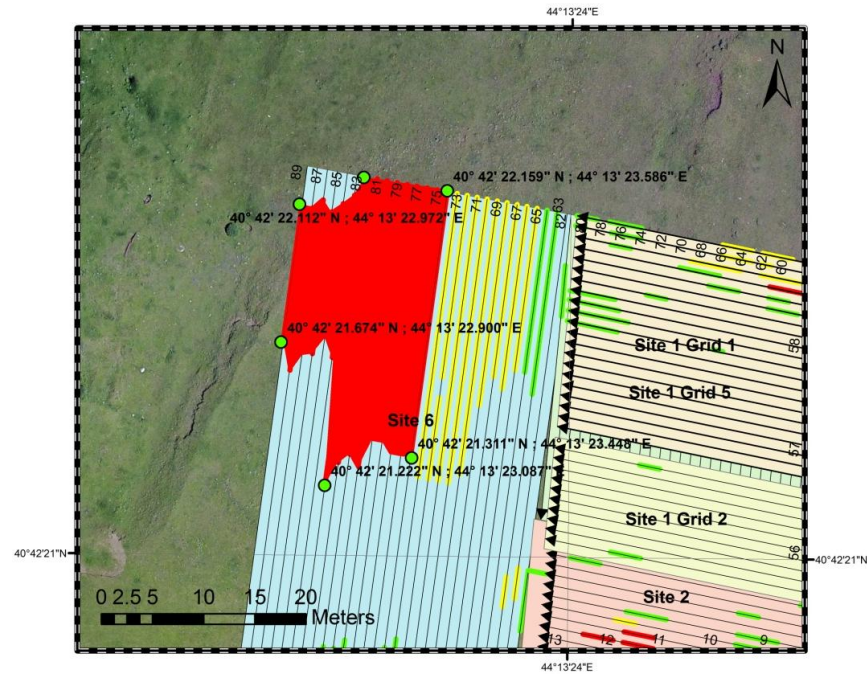


Նկար 3.25 Գեղարուտ տեղամասի գեոռադարային 2D և 3D հանույթների անոմալիաների տեղադիրքի սխեմա

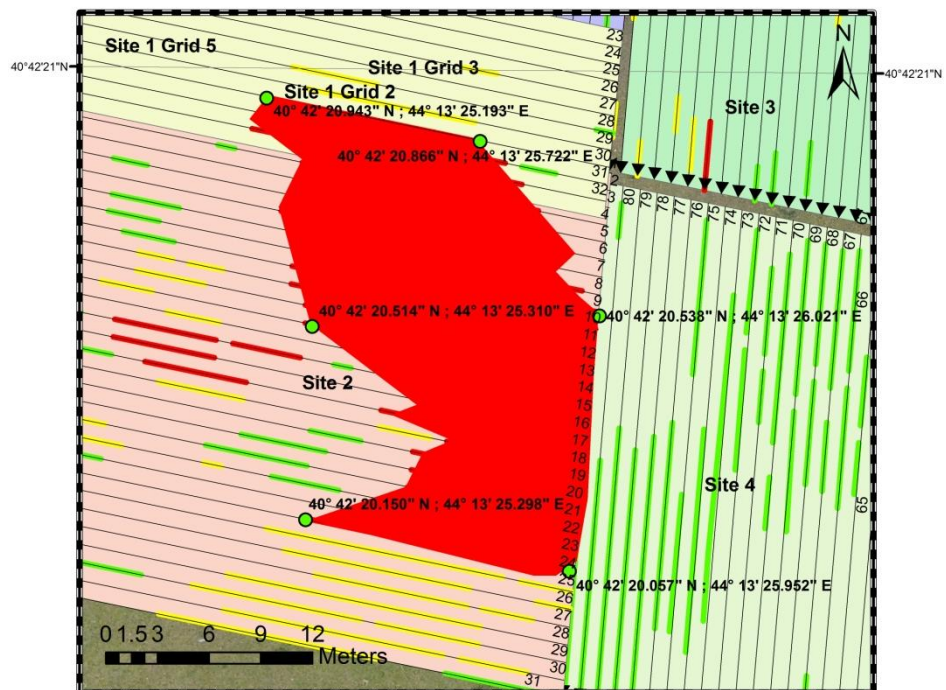
Հնագիտական տեսակետից սխեմայի հյուսիս-արևմտյան հատվածում քարտեզագրված է առաջնային նշանակություն ունեցող անոմալիա (նկ. 3.26; կարմիր երանգ), որից արևելք նույնպես առանձնացված է առաջին կարգի անոմալիա, որն իր մեջ ընդգրկում է առաջին ենթատեղամասի հարավային և

երկրորդ
երանգ):

ենթատեղամասի հյուսիս-արևելյան հատվածները (նկ.3.27;կարմիր

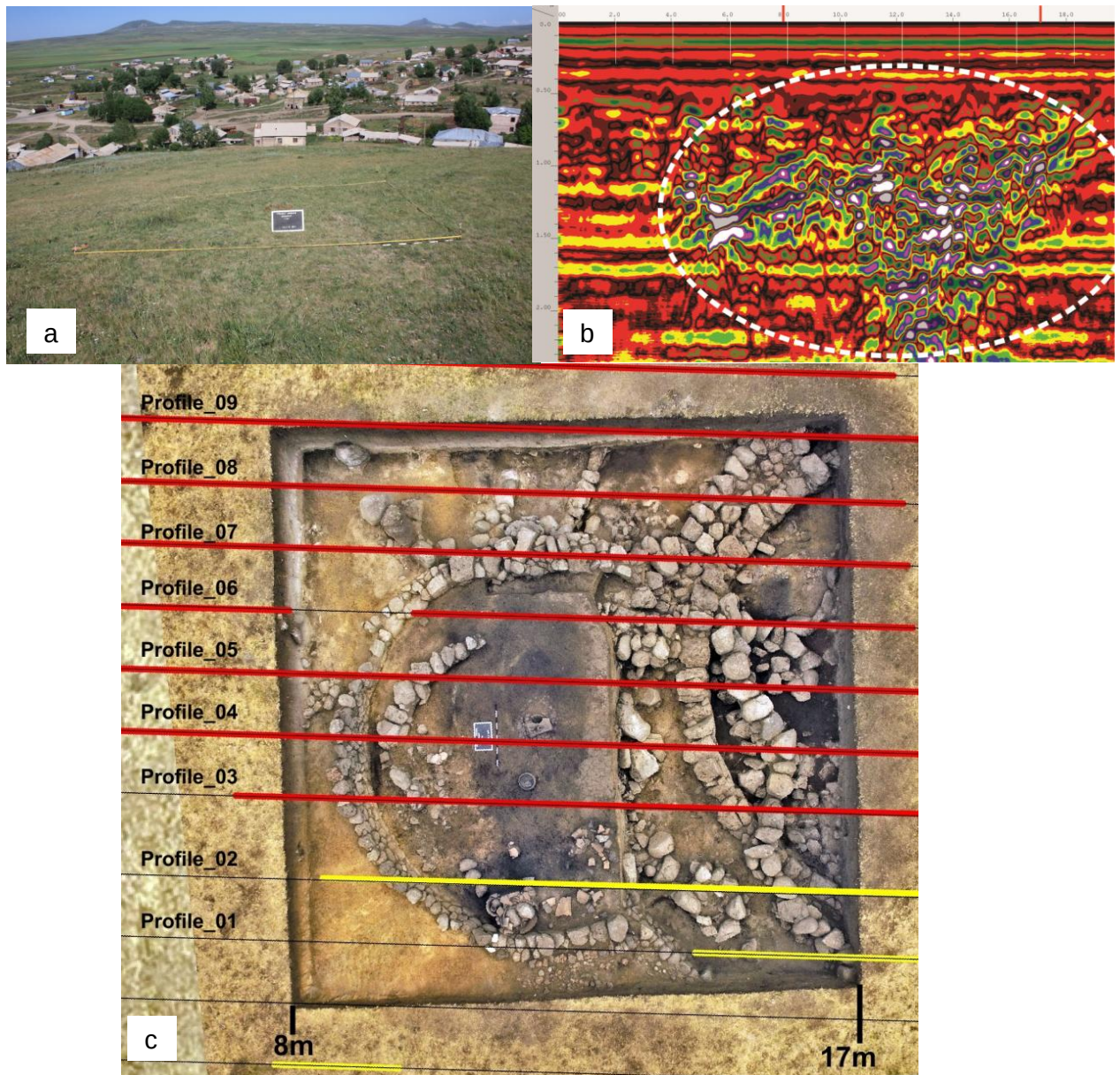


Նկար 3.26 Գեղարոտ տեղամասի գեոռադարային 2D և 3D հանույթների արդյունքում ստացված պատմամշայության օբյեկտ



Նկար 3.27 Գեղարոտ տեղամասի գեոռադարային 2D և 3D հանույթների արդյունքում ստացված պատմամշակության օբյեկտ

Տվյալ անոմալիաները արտահայտում են լոկալ մարմիններ: Դրանք դրսևորվում են միմյանց զուգահեռ, ուղղահայաց պատերով և կազմված են առանձին սալերից, որոնք տեղադրված են իրար վրա: Պատերն ունեն ընդհանուր հատակ, որը երբեմն ընդհատվում է սյուներով: Այստեղից կարելի է ենթադրել, որ այս «ստրուկտուրաները» բնական ճանապարհով չեն առաջացել: Այս տեղամասում 2017թ. իրականացվել են պեղումներ Արագած արշավախմբի կողմից և ամբողջովին հաստատվել է անոմալ դրսևորման հնագիտական նշանակությունը (նկ.3.28):



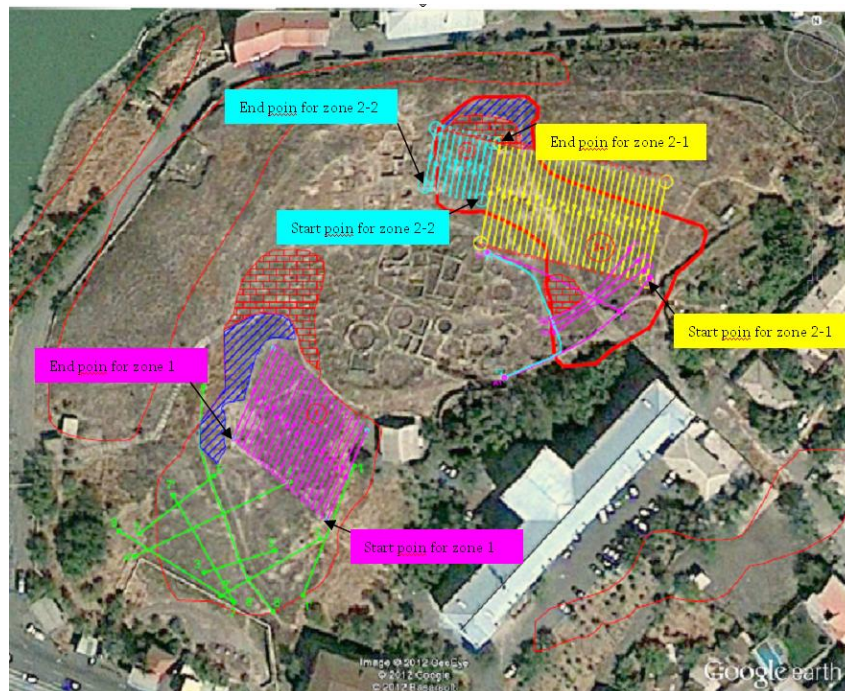
Նկար 3.28 Գեղարոտ տեղամասում կատարված պեղումների արդյունքը.

a)ուսումնասիրվող տեղամաս. b) գեոռադարային հանույթի անոմալիա. c) պեղված օբյեկտ

Նշված հատվածից արևելք երրորդ ենթատեղամասի արևմտյան հատվածում ևս առկա է առաջին կարգի, համամատաբար փոքր չափերի, անոմալիա (նկ.3.25; կարմիր երանգ), որը չի համարվել հեռանկարային հնագիտական տեսակետից:

3.2. Շենգավիթ տեղամաս

Շենգավիթ պատմամշակութային բնակատեղը գտնվում է ՀՀ Երևան քաղաքում: Հետազոտությունները, որոնք միտված են եղել պատմամշակութային նշանակության օբյեկտների հայտնաբերմանը, ուսումնասիրմանը և քարտեզագրմանը, իրականացվել են երկու փուլով : Նկ. 3.29 – ում բերված են տեղադիրքերը, որտեղ իրականացվել են հնագիտա-երկրաֆիզիկական հետազոտությունները:



Նկար 3.29 Առանձնացված 1 և 2 տեղամասերի տեղադիրքը փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա (հիմք՝ Google earth map)

Տեղամասը ներկայացված է կավերով, ավազակավերով, խճով կազմված նստվածքներով: Շենգավիթ բնակատեղի պեղված օբյեկտների երկայնքով

իրականացրած էմպիրիկ մեթոդով ընտրվել են այն անհրաժեշտ մուտքային տվյալները, որոնք կիրառվել են հեռանկարային՝ դեռ պեղումներ չիրականացված օբյեկտների տեղամասերում (նկ. 3.30): Բազմակի չափումների արդյունքում որոշվել է տեղամասի դիֆերենցիալ թափանցելիության արժեքը ($\xi = 4$):



Նկար 3.30 Շենգավիթ բնակատեղի պեղված օբյեկտների վրա իրականացվող էմպիրիկ չափումները

Նկ. 3.30-ում պատկերված է պեղված օբյեկտը, որի երկայնքով իրականացվում է գեոռադարային փորձնական չափումները: Բազմակի չափումների արդյունքում որոշվել է տեղամասի դիֆերենցիալ թափանցելիության արժեքը ($\xi = 4$):

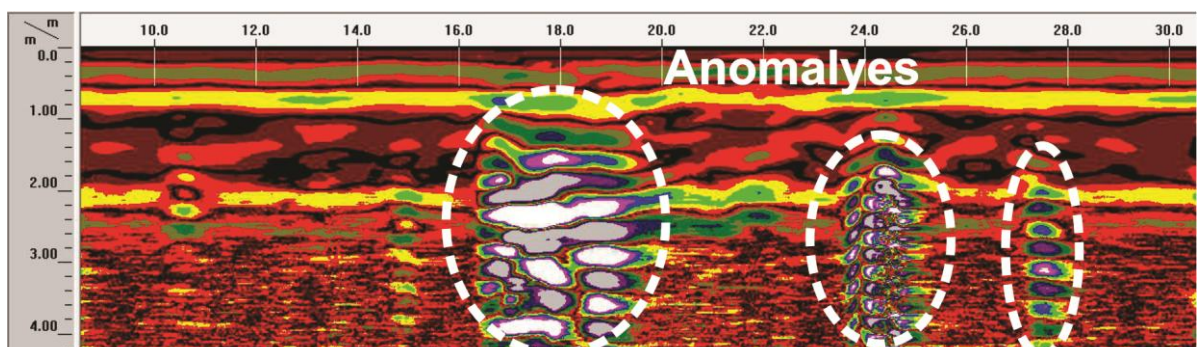
Եռաչափ (3D) գեոռադարային հանույթներ իրականացնելու և հնարավորինս մանրամասն տեղեկատվություն ստանալու նպատակով, ընտրված տեղամասերը

բաժանվել են 3 կանոնավոր երկրաչափական մակերեսների: Պայմանավորված հետազոտվող կառույցների չափերից, պրոֆիլների միջև հեռավորությունը կազմել է 2 մետր: Տեղամասերի առանձին հատվածներում, պայմանավորված ռելիեֆի, հնագիտական պեղումների և ժամանակակից կոմունիկացիոն գծերի առկայությամբ, իրականացվել են միայն 2D պրոֆիլային հանույթներ:

Իրականացված 3D գեոռադարային հանույթի ենթատեղամասերը և առանձին պրոֆիլների տեղադիրքերը ներկայացված են փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա (նկ. 3.29):

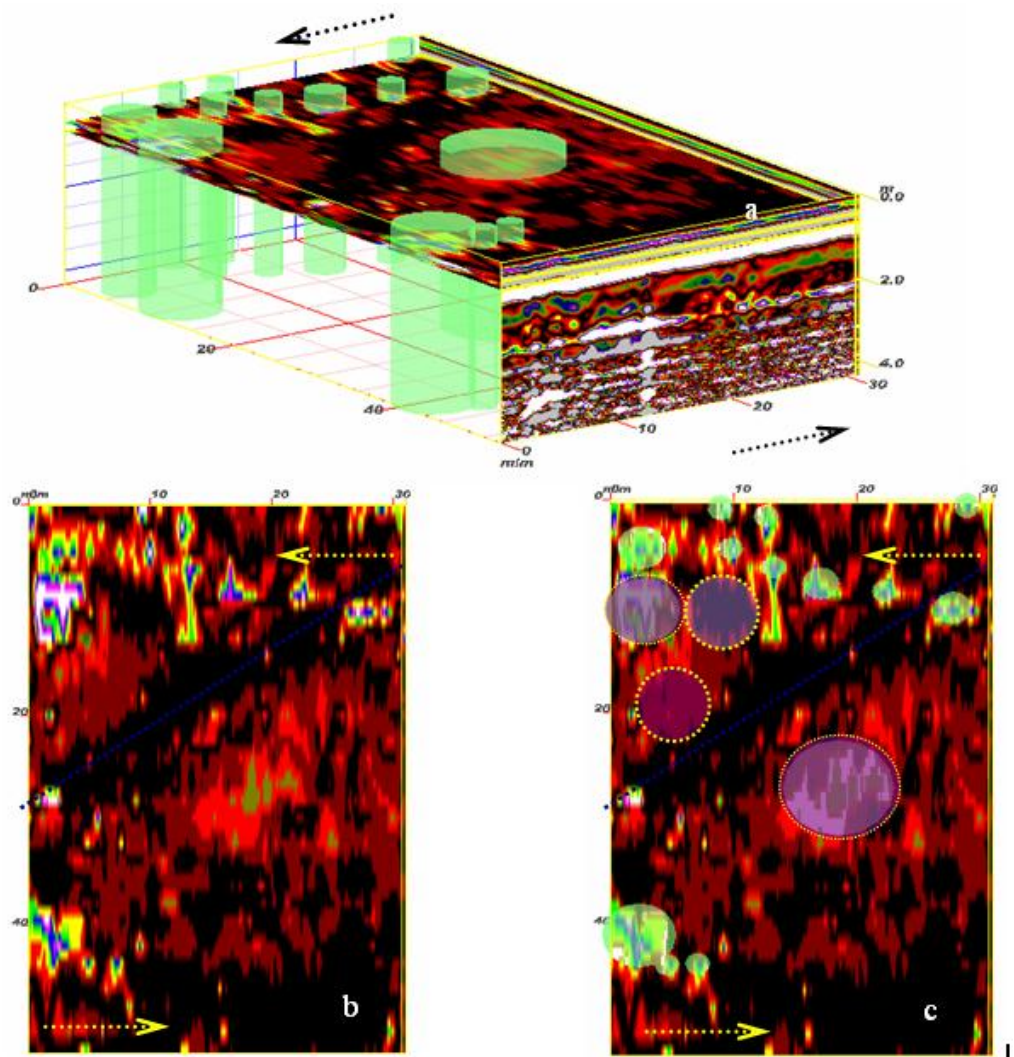
Եռաչափ հանույթի արդյունքում առանձնացվել են երեք հիմնական հորիզոններ. Առաջինի խորությունը կազմում է 0-1.2մ, և որը հիմնականում ներառում է ժամանակակից կոմունիկացիոն գծեր, տեղ-տեղ բետոնե ենթակառուցվածքներ: Երկրորդ, մեզ համար ամենահետաքրքիր հորիզոնը, տարածվում է 1.2-2.8մ խորության սահմաններում և հիմնականում ներառում է հնագիտական օբյեկտներ. պատեր, խորշեր և այլն: Երրորդ, վերջին հորիզոնը, հիմնականում լցված է ավելի խիտ նստվածքներով, տեղ-տեղ պարունակում է հնագիտական տեսակետից հետաքրքրություն ներկայացնող տարրերի ֆռագմենտներ:

Տեղամաս 2-1 –ը ընդհանուր պլանի վրա ներկայացված է դեղինով (նկ. 3.29): Եռաչափ հանույթը բաղկացած է եղել առանձին պրոֆիլներից, որոնց վրա առանձնացվել են երկրակեղևի վերին 4 մետր շերտում տեղ գտած անոմալիաները՝ արտահայտող դատարկություններ, պատեր և այլն (նկ. 3.31):



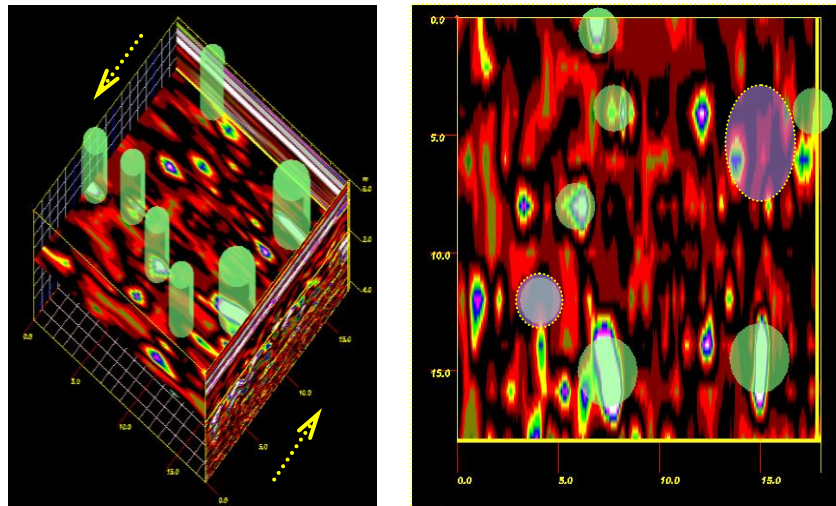
Նկար 3.31 2D գեոռադարային հանույթի պրոֆիլը առանձնացված տարրերով

Ուսումնասիրվող տեղամասում հայտնաբերվել են մի շարք նմանատիպ անոմալիաներ: Անոմալիաների տարածական պատկերը ստանալու համար, գեոռադարային եռաչափ հանույթների տվյալների հիման վրա, կազմվել է նրանց եռաչափ մոդելները (նկ. 3.32):



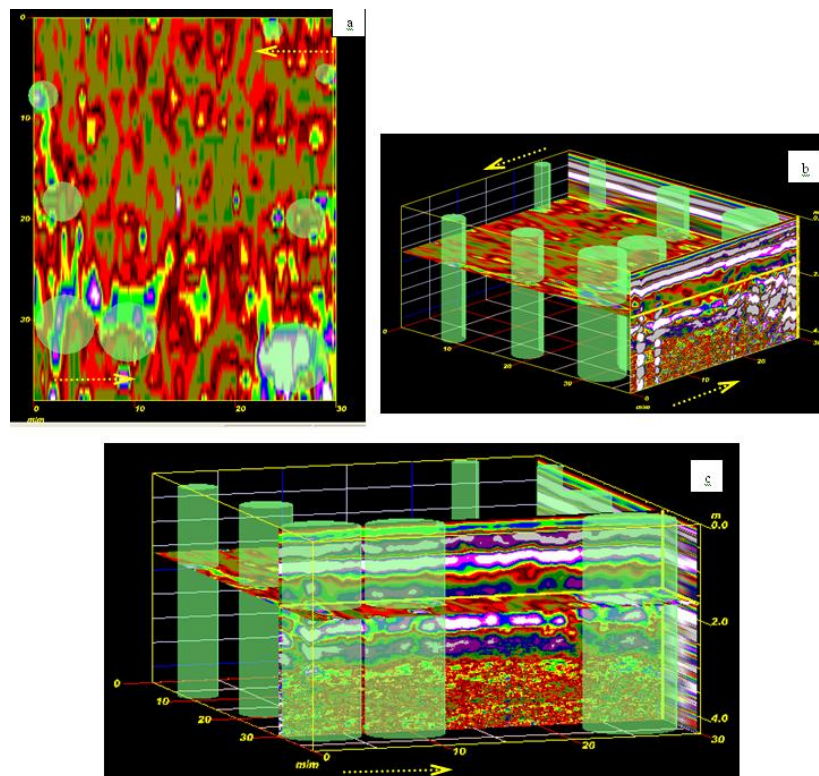
Նկար 3.32 a-c. 2– I Տեղամասում առանձնացված անոմալիաները ըստ հետագա պեղումների առաջնահերթության

Տեղամաս 2-2-ը ընդհանուր պլանի վրա (նկ. 3.29) ներկայացված է երկնագույնով, իսկ հետազոտությունների արդյունքները նկ.3.33-ում:



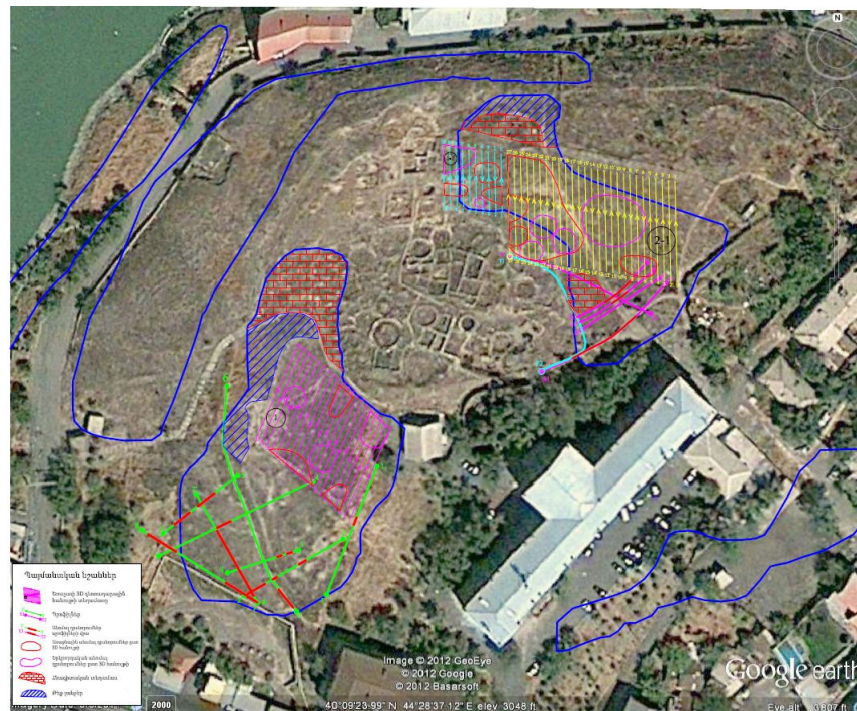
Նկար 3.33 Տեղամաս 2-2 ֆիքսված անոմալիաները. մանուշակագույնով ներկայացված է երկրորդական նշանակության անոմալ դրսևորումը, իսկ կանաչով՝ առաջնային

Տեղամաս 1-ը ընդհանուր պլանի վրա (նկ.3.29) ներկայացված է մանուշակագույնով: Առանձնացված անոմալիաների ներկայացված են նկ.3.34-ում:



Նկար 3.34 Տեղամաս 1-ի ֆիքսված բոլոր հիմնական անոմալիաները, a- հարթության վրա, b և c եռաչափ կառուցվածքում

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



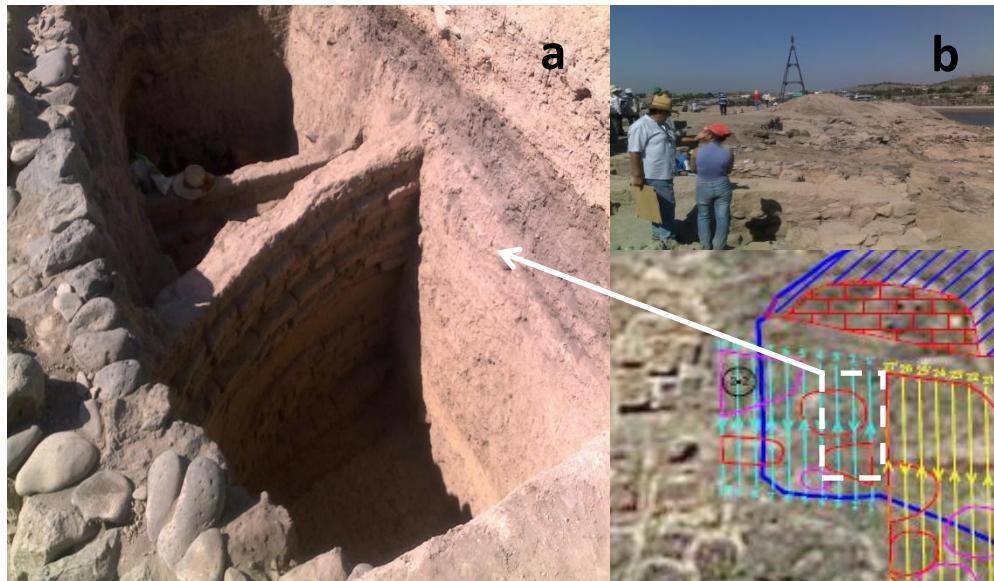
Նկար 3.35 Առանձնացված հեռանկարային հնագիտական տեղամասերը հետազոտված տարածքի փաստացի նյութերի սխեմատիկ քարտեզի վրա

Առանձնացված հեռանկարային տեղամասերը տեղադրվել են փաստացի նյութերի դաշտային սխեմատիկ քարտեզի վրա (նկ. 3.35):

Գեոռադարային հանույթի հետազոտությունների հիման վրա որոշ տեղամասերում արդեն իրականացվել են հնագիտական պեղումներ , որոնք հաստատել են մեր ստացված տվյալները :

Նկ.3.36- ի 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 գլանաձև է և մեծ ճշտությամբ համընկնում է գեոռադարային եռաչափ հանույթով ստացված անոմալ օբյեկտի հետ[2]:



Նկար 3.36 Առանձնացված հեռանկարային հնագիտական տեղամասերը և դրանց պեղման արդյունքները

3.3 Ամփոփում

- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների կիրառումը արդյունքվետ է պատմամշակութային օբյեկտների հայտնաբերման, ուսումնասիրման և քարտեզագրման աշխատանքներում:
- Գեոռադարային հանույթի կիրառումը առավել արդյունավետ է գնահատվել կավից, կավավազից կազմված նստվածքներում բազալտային մարմինների հայտնաբերման, ուսումնասիրության և քարտեզագրման համար:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների միջոցով հայտնաբերվել և մանրամասն ուսումնասիրվել են Գեղարոտ և Շենգավիթ տեղամասի պատմամշակութային օբյեկտները: Հանույթների վերլուծության արդյունքում

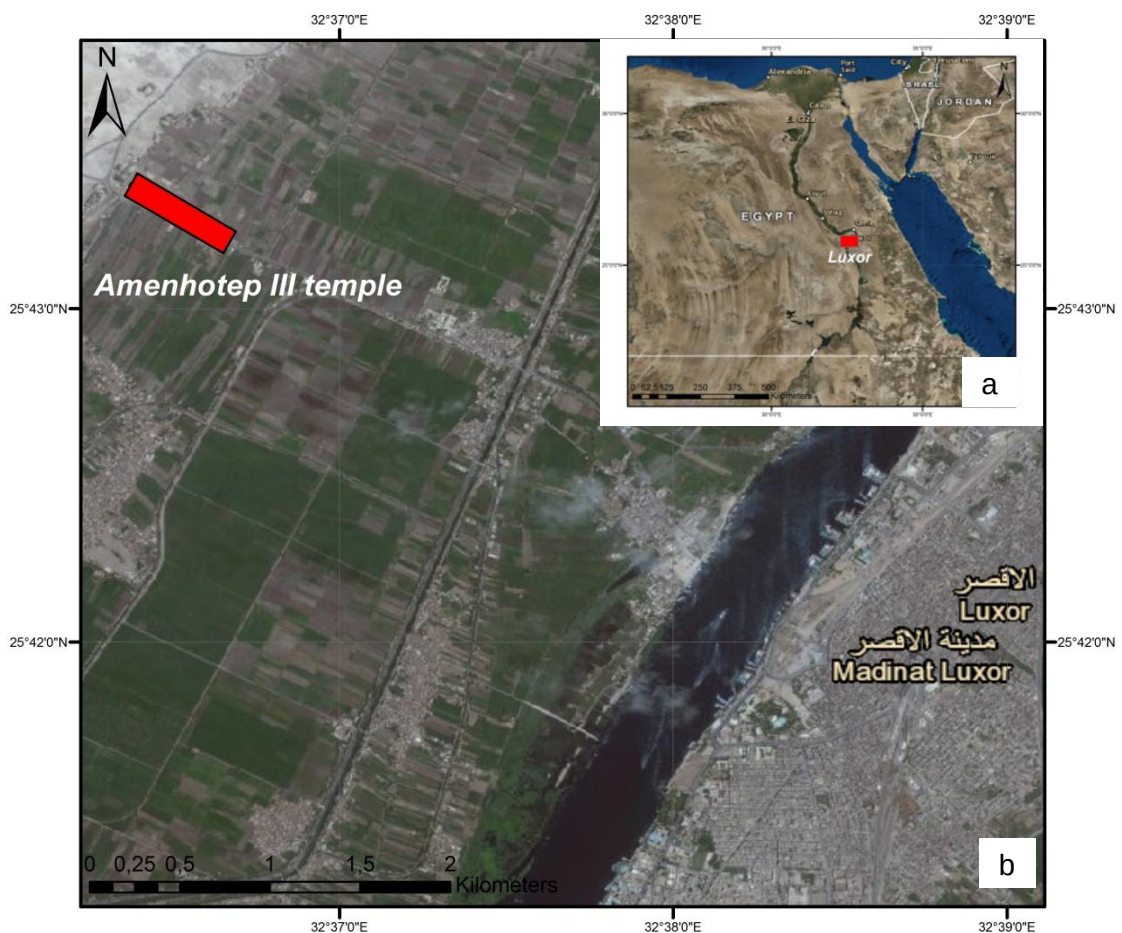
ստացվել են տարատեսակ անոմալիաներ, որոնք մշակվել և դասակարգվել են առանձին ենթատեղամասերով:

- Երկրաֆիզիկական հետազոտությունները ամփոփվել են աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգում (ԱՏՀ;GIS)՝ ապահովելով ստացված տեղեկատվության երկչափ և եռաչափ մեկնաբանության հնարավորություն:
- Հետազոտված տարածքները հարուստ են հնագիտական տարաբնույթ և տարբեր աստիճանի քայքայված կառույցներով, ինչը բավական բարդ իրավիճակ էր ստեղծում գեոռադարային հանույթի համար: Մի 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:
- Հնագիտական տեսանկյունից հեռանկարային են գնահատվել բազմաթիվ տեղամասեր, որոնք եռաչափ մոդելներում աչքի են ընկնում լավ արտահայտված անոմալ դրսևորումներով՝ ստորգետնյա արհեստական (անթրոպոգեն) դատարկություններով և իրենց հատուկ պատերով:
- Ուսումնասիրված տարածքների 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:
- 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:
- Առանձնացված անոմալիաների հիմնականում հաստատվել են պեղումների ժամանակ:

ԳԼՈՒԽ 4. ԵԳԻՊՏՈՍԻ ԼՈՒՔՍՈՐ ՔԱՂԱՔԻ ԱՄԵՆՀՈՏԵՊ III ՓԱՐԱՎՈՆԻ ՏԱՃԱՐԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԳԵՈՌԱԴԱՐԱՅԻՆ ԵՐԿՉԱՓ ԵՎ ԵՌԱՉԱՓ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ԳԵՈԱՐԽԵՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

4.1. Տարածքի աշխարհագրական տեղադիրքը

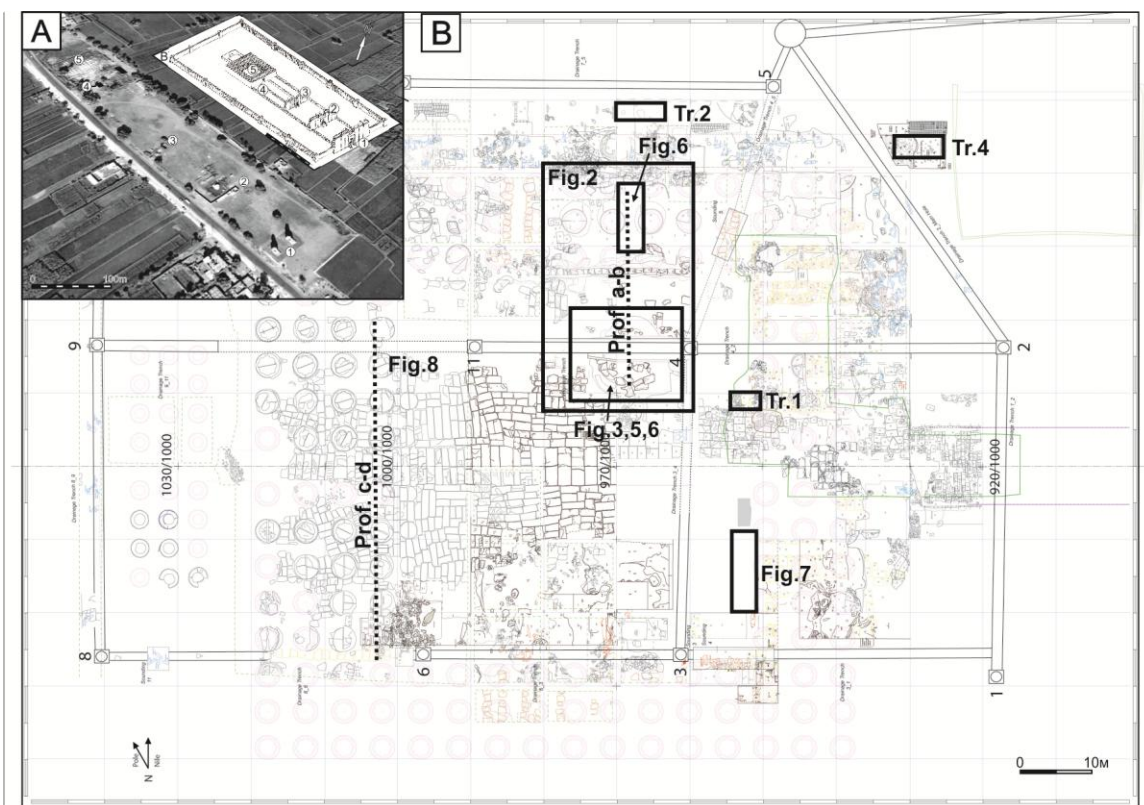
Ուսումնասիրություններն իրականացվել են Եգիպտոսի Արաբական Հանրապետության Լուքսոր քաղաքում (նկ.4.1), որը հնում կրել է Ֆիվ անունը, հարյուրավոր տարիներ եղել է Եգիպտոսի մայրաքաղաքը և հանդիսանում է աշխարհի ամենանշանավոր հնագիտական տեղամասերից մեկը:



Նկար 4.1. a) Եգիպտոսի Լուքսոր քաղաքի տեղադիրքը, b) Լուքսոր, Ամենհոտեպ III տաճարի տեղամաս

Այստեղ են գտնվում Ամոնռաի, Մուտի, Ամենհոտեպ III և այլ փարավոնների տաճարները, որոնք զարդարված են որմնանկարներով և քանդակներով: Տաճարները կառուցված են սյուներով և դրանց մուտքի մոտ առկա են սֆինքսներ, որոնք, ըստ եգիպտացիների, պաշտպանում են տաճարները արտաքին վտանգներից:

Գեոարխոլոգիական աշխատանքներն իրականացվել են Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի տեղամասում (նկ. 4.1), որը գտնվում է Նեղոս գետի արևմտյան ափին: Ամենհոտեպ III տաճարը ամենամեծն է, որը երբևէ կառուցվել է Եգիպտոսում: Այն գրեթե ուղղանկյունաձև ձգվում է հարավ-արևելքից հյուսիս-արևմուտք, զբաղեցնելով 385,000 մ² տարածք և իր մեջ պարունակելով հսկայական քանակության պիլոններ, պալատներ, սրահներ և արձաններ: Տաճարի գլխավոր առանցքի երկարությունը կազմել է մոտ 1 կիլոմետր և ունեցել 550 մետր լայնություն (նկ.4.2):



Նկար 4.2 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հատակագիծ

Գլխավոր մուտքի առջև տեղակայված են երկու մեմնոններ, որոնցից մեկի ուսային հատվածը բացակայում է (նկ.4.3):



Նկար 4.3 Լյուքսոր, Ամենհոտեպ III տաճարի սֆինքսներ (Մեմնոններ)

Հռչակավոր Մեմնոնի կոլոսը ունի 18մ բարձրություն: Ուժեղ երկրաշարժի արդյունքում հյուսիսային կողմի Մեմնոնը ճեղքվել է, և ըստ լեգենդի արևածագին, երբ արևի առաջին ճառագայթներն ընկնում էին արձանի վրա, այն յուրահատուկ ձայն էր հանում: Կոթողը վերանորոգվել է 3-րդ դարում, որից հետո արևածագին հնչող ձայնը դադարել էր [78]:

4.2. Տարածքի արխեոսեյսմաբանական ուսումնասիրությունները

Ամենհոտեպ III տաճար տեղամասում աշխատել են բազմաթիվ երկրաբաններ, երկրաֆիզիկոսներ և հնագետներ: Տեղամասի վերաբերյալ կան բազմաթիվ ուսումնասիրություններ և վկայություններ, սկսած Ստրաբոնից (Ք.Ա. 27թ.) մինչև մեր օրեր: Ստրաբոնն այցելել է հնավայր հավանաբար Ք.Ա. 27 թվականին: Խոսելով Մեմնոնի կոլոսի մասին ասում է, որ երկրաշարժի հետևանքով գահից վերև հատվածը թափվել է [78]: Մեմնոնի հյուսիսային կոլոսնի հիմնաքարի

հետին և արձանի գահից վերև հատվածը հստակ վերակառուցված է, հավանաբար հռոմեացի կայսր Սեպտիմուս Սեվերուսի օրոք 199թ. [77]: Կոլոսների վնասվածքների ուսումնասիրության մանրամասների և արխեոսեյսմաբանական վերլուծությունների մասին տպագրվել են բազմաթիվ հոդվածներ, որտեղ ապացուցվել է, որ տաճարի ճակատային Մեմնոնների կոլոսների հիմնաքարերի միջնամասով անցնում է մակերևույթային խզվածք: Հաստատվել է երկրաշարժի վարկածը [1,55], որը հանգեցրել է հիմնաքարերի միջնամասերի ճեղքմանը:

Ամենհոտեպ III տաճարում 2007-2013 թվականներին ՀՀ ԵԳԻ –ի մասնակցությամբ կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել մ.թ.ա 1200-900թթ. ընթացքում տեղի ունեցած երկրաշարժերի հստակ հետքեր [55]:

Նոր տվյալները հայտնաբերվել են Ամենհոտեպ III տաճարի պերիստիլի, III պիլոնի, ինչպես նաև Կառնակի տաճարի II պիլոնի մոտ:

Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի տարածքում հնագիտասեյսմոլոգիական և հնագիտական հետազոտություններ իրականացնելու նպատակով կիրառվել է գեոռադարային հանույթը:



Նկար 4.4 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի տեղամասում իրականացված գեոռադարային հանույթի փաստացի նյութերի քարտեզ

Այն նպատակ է ունեցել հայտնաբերել, քարտեզագրել և եռաչափ մոդելավորել տաճարի տարածքում թաղված հնագիտական օբյեկտները, ինչպես նաև ուսումնասիրել վաղ ժամանակներում տեղի ունեցած երկրաշարժերի արդյունքում առաջացած խախտման գոտիները:

Առանձնացված երեք (հարավ-արևելյան, կենտրոնական, հյուսիս-արևմտյան) տեղամասերում, իրականացվել են նաև երկրաֆիզիկական հետազոտություններ: Ուսումնասիրությունների տեղադիրքը ներկայացված է փաստացի նյութերի քարտեզի վրա (նկ. 4.4):

Ուսումնասիրվող տարածքի եռաչափ (3D) գեոռադարային հանույթի ստանալու նպատակով այն բաժանվել է երեք ենթատեղամասերի - հյուսիս-արևմտյան, կենտրոնական և հարավ-արևելյան (նկ. 4.4): Ենթատեղամասերը իր հերթին բաժանվել են մի շարք կանոնավոր երկրաչափական պատկերների տեսք ունեցող մակերեսների, որոնք բաղկացած են առանձին պրոֆիլներից: Պրոֆիլների միջև հեռավորությունը կազմել է 0,5 մետր, ինչը պայմանավորված է եղել հետազոտվող կառույցների չափերով: Տեղամասերի առանձին հատվածներում, պայմանավորված ռելիեֆով, հնագիտական պեղումների և ժամանակակից կոմունիկացիոն գծերի առկայության պատճառով, հնարավոր է եղել իրականացնել միայն պրոֆիլային հանույթներ: Գեոռադարային հանույթը պլանավորվել և իրականացվել է երկրակեղևի մինչև 3.5 մետր խորությամբ երկրաբանական ստվարաշերտում, որը ներկայացված է դելյուվիալ (ողողաբերուկ) նստվածքներով: Նստվածքները մանրահատիկ են և կազմված են կավավազներից, բրեկչիայացված (փշրաքարային) ավազաքարերից, Նեոլուսի սեզոնային հեղեղման օրգանապես հարուստ տիղմից, խիտ կավերից, կավավազներից և տիղմից, ավազային դայկաններից և սիլերից [1]: Իսկ պատմամշակութային կոթողները պատրաստված են քվարցից, կրաքարից և ավազաքարից:

Լյուքսոր քաղաքում առկա են մի շարք պեղված հնագիտական կոթողներ, որտեղ մեր կողմից փորձարկվել է գեոռադարային հանույթը: Արդյունքում որոշվել է մուտքային դիֆեկտորիկ թափանցելիության արդյունավետ գործակիցը $\varepsilon = 7.2$ որը կիրառվել է ամբողջ տեղամասում: Ստացված արդյունքների արդյունավետությունը

հեռանկարային տեղամասերի ընտրության առումով հաստատվել է համաշխարհային նշանակության գտածոների հայտնաբերման և նրանց գիտական փաստագրման միջոցով [55]:

Ստորև ներկայացվում է առանձնացված ենթատեղամասերում իրականացված հետազոտությունների մանրամասն նկարագրությունը:

4.3 Տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասի ուսումնասիրությունները

Տեղամասը գտնվում է Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան մասում (նկ.4.4): Այն իր մեջ ներառում է տաճարի դիմացի հատվածը, մուտքի՝ Մեմնոնների և Նախամուտքի հատվածները (նկ. 4.5):



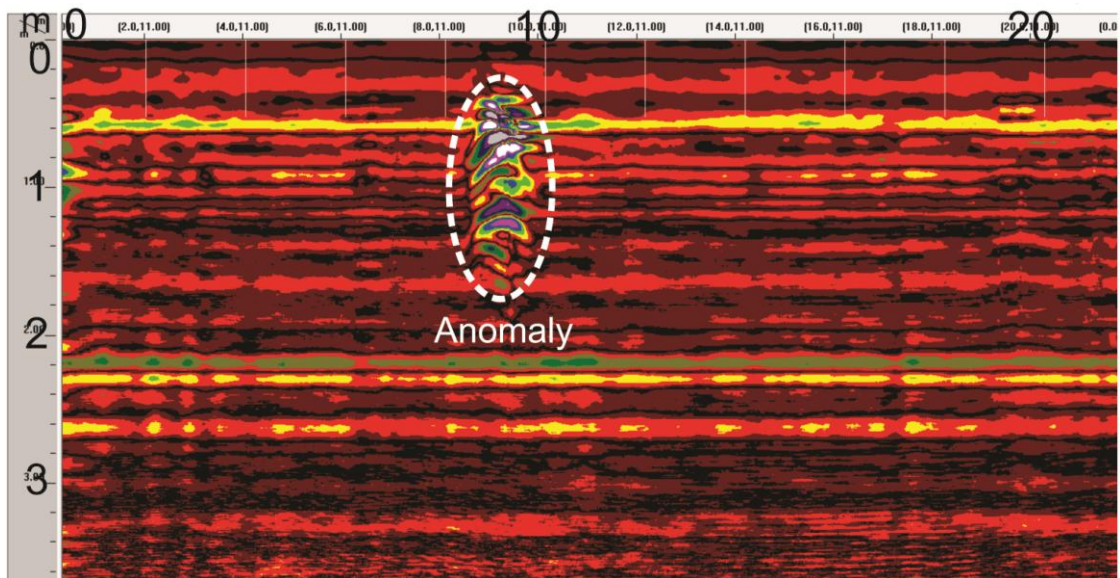
Նկար 4.5 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասի գեոռադարային հանույթի փաստացի նյութերի սխեմա

Ուսումնասիրությունների նպատակով տեղամասը բաժանվել է տասերկու տարբեր չափերի ուղղանկյունաձև հատվածների, որտեղ իրականացվել են գեոռադարային եռաչափ հանույթներ (նկ. 4.5):

Եռաչափ գեոռադարային հանույթի պրոֆիլները տարածվում են հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք ուղղություններով: Պրոֆիլների միջև հեռավորությունը կազմում է 0,5 մետր: Առաջին տեղամասում իրականացվել է 3550.5 մ² մակերեսով գեոռադարային եռաչափ հանույթ: Որոշ հատվածներում ռելիեֆային անհարթություններով կամ պատմամշակութային կոթողների առկայությամբ պայմանավորված հնարավոր չի եղել եռաչափ հանույթ իրականացնել: Այդ հատվածներում կիրառվել է գեոռադարային երկչափ հանույթ: Այն իրականացվել է 20 պրոֆիլների միջոցով, որոնց միջև հեռավորությունը կազմել է 0,5 մետր: Դրանցից 13-ը ունեն հյուսիս-արևելքից հարավ-արևմուտք ուղղությունը: Պրոֆիլների երկարությունները կազմում է 10 մետր: Մյուս 7-ը տարածվում են հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք և ունեն 22 մետր երկարություն (նկ. 4.5):

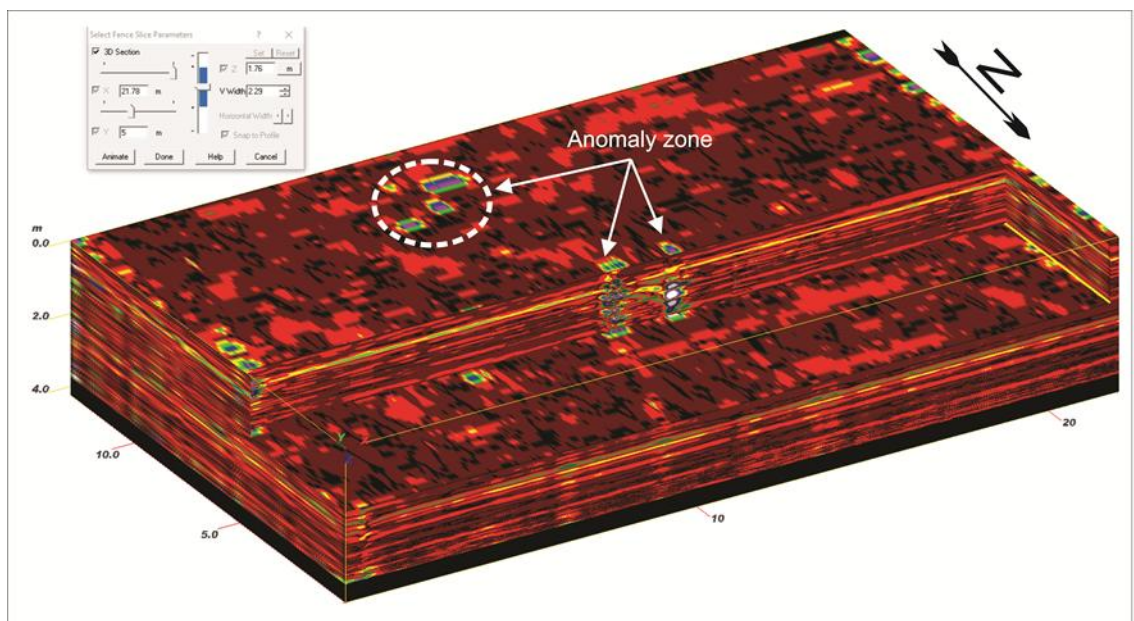
4.3.1. Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների մեկնաբանում

Նկ. 4.6 ներկայացված է գեոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի օրինակ:



Նկար 4.6 Գեոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

Ռադարագրամման ունի 22 մետր երկարություն և 3.5 մետր խորություն: Մինչև 0.2 մետր խորությունը ընկած հատվածը իր մեջ ներառում է ժամանակակից հողաբուսական շերտը: Այնուհետև ռադարագրամմայի վրա 0.2-ից մինչև 3.5 մետր խորությունում արձանագրվել է նստվածքային շերտ: Ռադարագրամմայի վրա 0.6 և 2.2 մետր հատվածներում առկա են մինչև 0.2 մետր հզորությամբ շերտեր, որոնք տարածվում են ամբողջ պրոֆիլի երկայնքով: Վերին շերտի առկայությունը հնարավոր է պայմանավորված լինի մարդու ակտիվ գործունեության կամ տարբեր ժամանակաշրջաններում Նեոլոս գետի հունի փոփոխման արդյունքում ձևավորված գետային նստվածքների հետ: Ստորին շերտը, ըստ իր տեղադրման խորության, համապատասխանում է նախկինում պեղումների արդյունքում հայտնաբերված գլխավոր տաճարի հիմնատակի բացարձակ խորությանը: Վերջինս հանդիսանում է տաճարի կառուցապատման ժամանակաշրջանի մակերևույթային շերտ: Ռադարագրամմայի 8-10 մետր հատվածում հայտնաբերվել է անոմալիա, որը արձանագրվել է 0.4 մետր խորությունում և շարունակվում է մինչև 1.8 մետր հատվածը: Այն ունի ուղղահայաց տարածում: Հաշվի առնելով 2.2 մետր խորությամբ շերտի առկայությունը և այդ անոմալիայի հստակ առանձնացումը ներփակող նստվածքներից, այս տեղամասը հնագիտության տեսակետից դիտարկվեց որպես հեռանկարային:

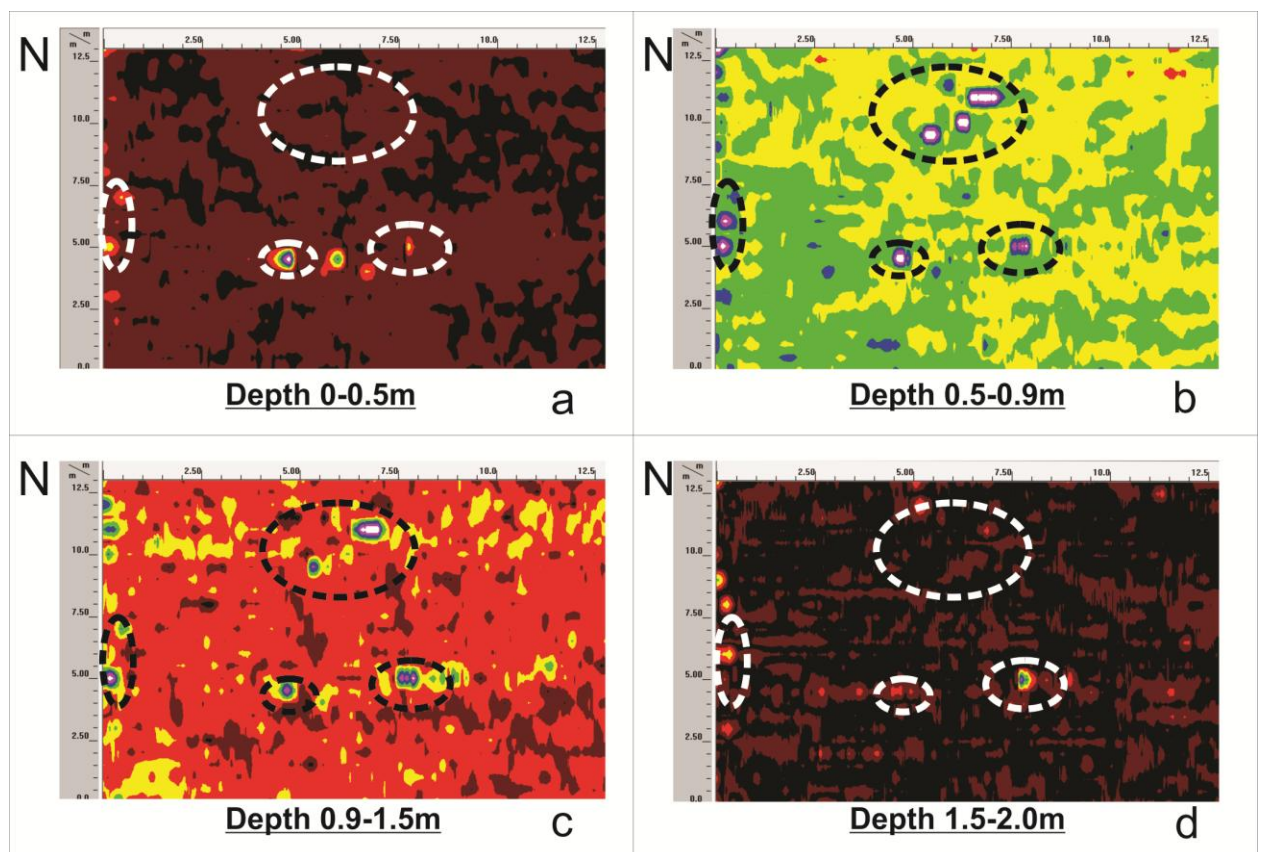


Նկար 4.7 Գեոռադարային եռաչափ հանույթի մշակման օրինակ

Այս հատվածի առավել մանրամասն ուսումնասիրության նպատակով կիրառվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթ: Եռաչափ հանույթը իրականացվել է ուղղանկյունաձև 22 մետր երկարությամբ և 13 մետր լայնությամբ ցանցով: Այն իր մեջ ներառել է 27 պրոֆիլներ, որոնց երկարությունը 22 մետր է: Միջպրոֆիլային հեռավորությունը կազմում է 0.5 մետր:

4.3.2. Գեոռադարային եռաչափ հանույթը և ստացված արդյունքները

Գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալներով հաստատվում են երկչափ հանույթի արդյունքները: Առանձնացված տեղամասում հայտնաբերվել են մի քանի ուղղանկյունաձև անոմալ մարմիններ, որոնք գրեթե նույնությամբ կրկնում են միմյանց (նկ.4.7): Այս անոմալ մարմինների քարտեզագրման նպատակով իրականացվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթի հորիզոնական շերտերի ըստ խորության վերլուծություն (նկ.4.8):



Նկար 4.8 Գեոռադարային եռաչափ հանույթի հորիզոնական շերտերի ուղղահայաց վերլուծություն

Նկ.4.8-ում a հատվածը ներառում է իր մեջ մակերեսից մինչև 0.5 մետր խորությամբ հատվածը: Այս շերտի ստորին մասում եզրագծվում են անոմալ տեղամասեր, որոնք նշված են կետագծերով: Նկարի b մասը իր մեջ ներառում է 0.5-0.9 մետր հաստվածքը, որտեղ հստակ երևում են ուղղահայաց անոմալիաները: Պատկերի c հատվածը ցույց է տալիս 0.9-1.5 մետր խորությամբ հատվածը, որտեղ անոմալ մարմինները սահմանափակվում են: Նկարի d հատվածը իր մեջ ներառում է 1.5-2.0 մետր հատվածը, որտեղ անոմալիաները բացակայում են: Նշված տեղամասում մարդկային ակտիվ գործունեության շերտի հատակ է հանդիսանում մոտավորապես 2 մետր խորությամբ հատվածը, որը համընկնում է հնագիտական պեղումների արդյունքում ստացված նյութերի հետ:



Նկար 4.9 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասի փաստացի նյութերի սխեմաի վրա տեղադրված երկչափ և եռաչափ գեոռադարային հանույթների անոմալիաները

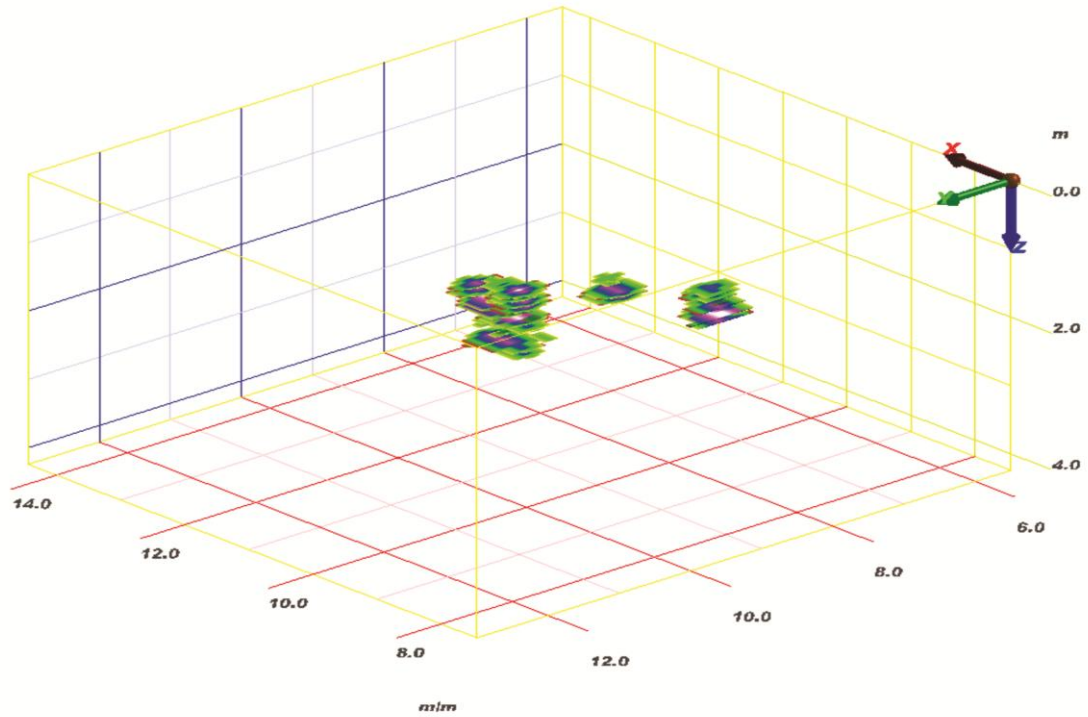
Այսպիսով, առաջին տեղամասում իրականացված գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների արդյունքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են մի շարք անոմալ տեղամասեր, որոնք տեղադրվել են դաշտային աշխատանքների փաստացի

նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 4.9): Գեոռադարային հանույթի արդյունքում հայտնաբերվել են հիսուն անոմալ մարմիններ, որոնք համարվել են հեռանկարային հնագիտական ուսումնասիրություններ իրականացնելու տեսակետից: Այս անոմալ մարմիններն ուսումնասիրվել են առավել մանրամասն: Որպես օրինակ ներկայացնենք դրանցից մեկի հնագիտա-երկրաֆիզիկական վերլուծությունը և մոդելավորումը (նկ. 4.10):



Նկար 4.10 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասում առանձնացված անոմալ մարմին

Օգտագործելով գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների տվյալները, ինչպես նաև հորիզոնական շերտերի ուղղահայաց վերլուծության արդյունքները, կազմվել է երկրաֆիզիկական անոմալիաների եռաչափ մոդել (նկ. 4.11):



Նկար 4.11 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասում առանձնացված անոմալ մարմնի եռաչափ մոդել

Եռաչափ մոդելում առանձնանում են երեք գնդաձև մարմիններ: Դաշտային պայմաններում մեր կողմից նշագրվել էր անոմալ մարմնի սահմանները (նկ. 4.12):



Նկար 4.12 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասում առանձնացված անոմալ մարմնի դաշտային նշագծում

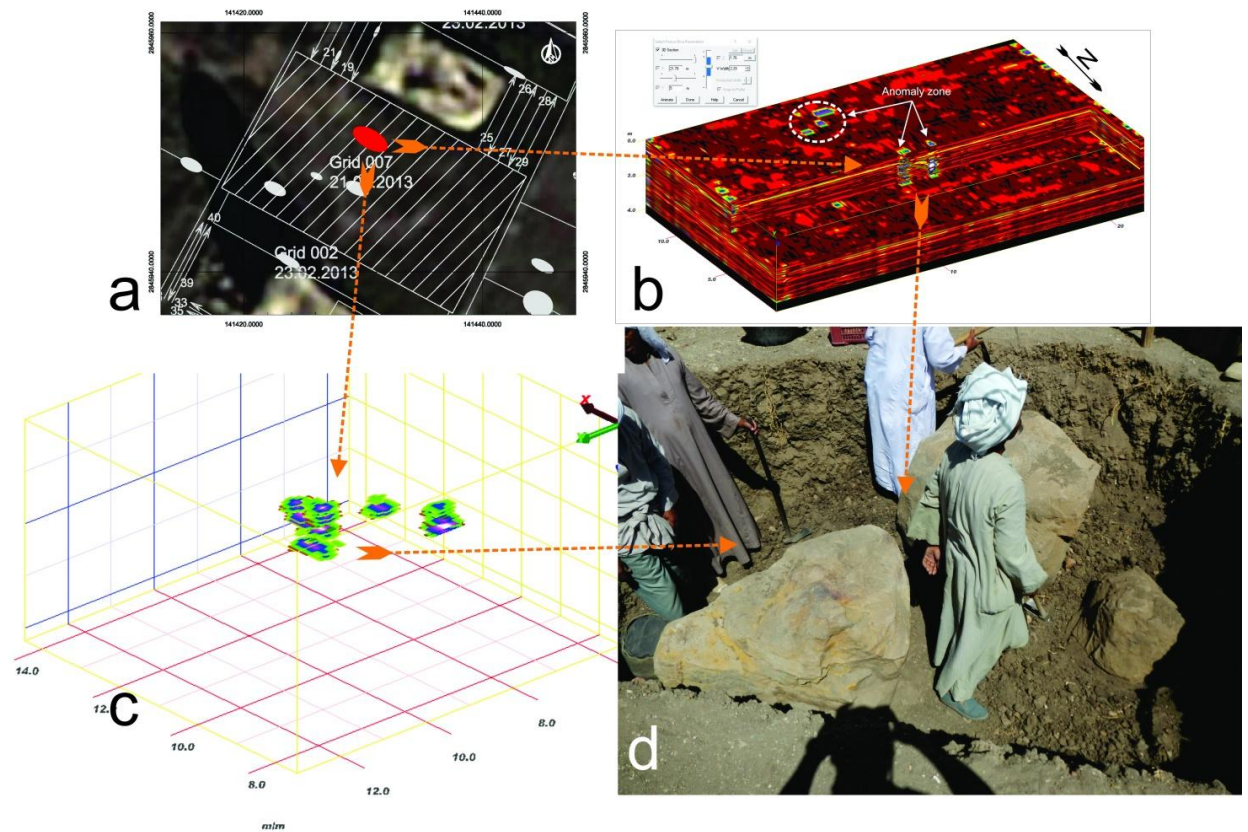
Դրանց տարածքներում, իրականացված հնագիտական պեղումների արդյունքում, հայտնաբերվեցին եռաչափ մոդելով նկարագրված երեք անոմալիաները (նկ.4.13):

Հայտնաբերված օբյեկտները հանդիսանում են Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի մուտքի առջև կանգնած Մեմնոններից (նկ. 4.3) մեկի իրանային հատվածները (նկ.4.13), որը հարյուրամյակներ փնտրվել և անհետ կորած է համարվել:



Նկար 4.13 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասում պեղված անոմալ մարմինները

Գեոռադարային հանույթի տվյալների մանրամասն վերլուծության և դրանց արդյունքների հիման վրա կազմված եռաչափ մոդելն ամբողջովին համընկնում է պեղված մարմնի հետ (նկ. 4.14):



Նկար 4.14 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան տեղամասում. a) փաստացի նյութերի սխեմա և անոմալիաների տեղադիրք. b) գեոռադարային եռաչափ հանույթ. c) ուսումնասիրվող անոմալիայի եռաչափ մոդել. d) պեղված պատմամշակույթային գտածո

Ուսումնասիրվող առաջին տեղամասում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են հիսուն անոմալ մարմիններ, որոնք համարվում են հեռանկարային հնագիտական պեղումների տեսակետից [3]:

4.4. Տաճարի կենտրոնական տեղամասի ուսումնասիրություններ

Տեղամասը գտնվում է Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական մասում (նկ.4.5): Գեոռադարային երկչափ հանույթը իրականացվել է տարբեր երկարությունների 29 պրոֆիլների միջոցով: Դրանք տարածվում են տարբեր

ուղղություններով: Պրոֆիլների երկարությունները տարբեր են և տատանվում են 14 մետրից մինչև 62 մետր սահմաններում (նկ. 4.15): Հանույթների տվյալների հիման վրա հայտնաբերվել և առանձնացվել են անոմալ տեղամասերը:

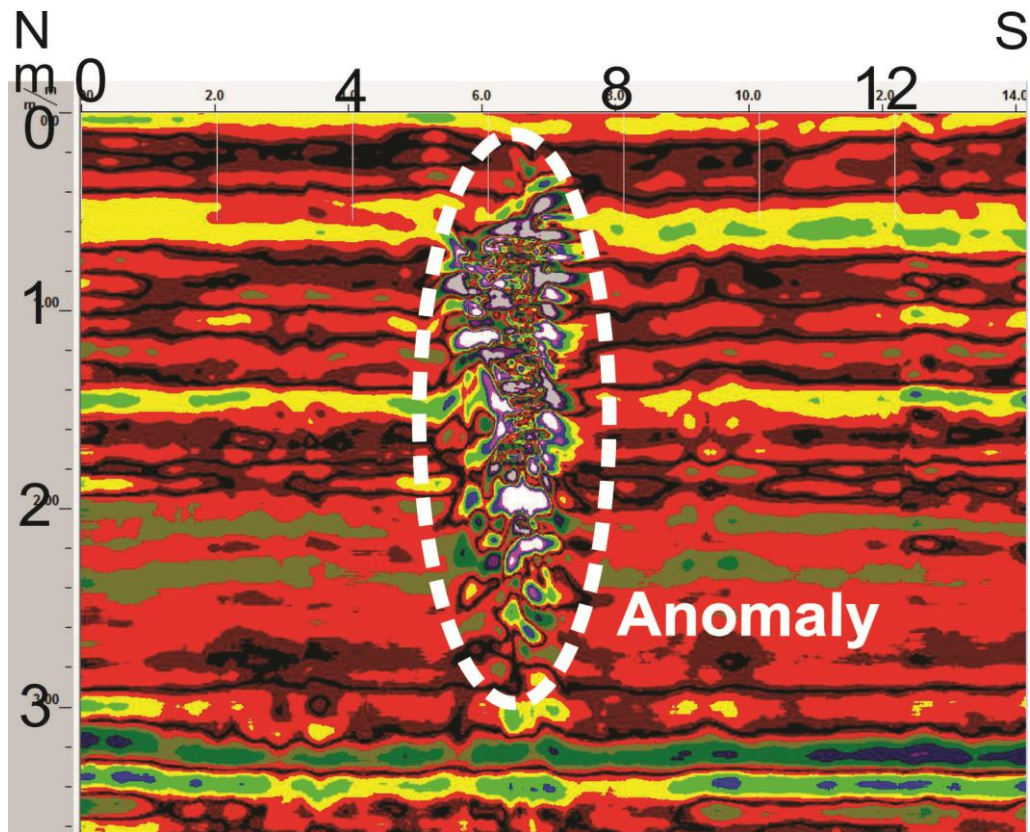


Նկար 4.15 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասի փաստացի նյութերի սխեմա

Անոմալ տեղամասերը առավել մանրակրկիտ ուսումնասիրելու նպատակով, կիրառվել է գեոռադարային եռաչափ հանույթ: Եռաչափ հանույթը իրականացվել է ուղղանկյունաձև ցանցերի միջոցով, որոնք, կախված դաշտային պայմաններից, ունեցել են տարբեր չափեր (նկ. 4.15): Դաշտային աշխատանքների ընթացքում ընդհանուր առմամբ իրականացվել է 697 մ² մակերեսով գեոռադարային եռաչափ հանույթ (նկ.4.15):

4.4.1. Երկրաֆիզիկական աշխատանքների արդյունքները

Նկ. 4.16 ներկայացված է գեոռադարային երկչափ հանույթի արդյունքում ստացված ռադարագրամման և դրա մեկնաբանությունը:



Նկար 4.16 Գեոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

Ռադարագրամման ունի 14 մետր երկարություն և 3.6 մետր խորություն: Դրա մինչև 0.4 մետր խորությունը ընկած հատվածը իր մեջ ներառում է ժամանակակից հողաբուսական շերտը: Այնուհետև ռադարագրամմայի վրա 0.4-ից մինչև 3.6 մետր խորությունը արձանագրվել է նստվածքային շերտը: 0.6, 1.4, 2.2 և 3.2 մետր հատվածներում առկա են մինչև 0.4 մետր հզորությամբ շերտեր, որոնք տարածվում են ամբողջ պրոֆիլի երկայնքով:

Վերին երկու շերտերի առկայությունը հնարավոր է պայմանավորված լինի մարդու ակտիվ գործունեության կամ տարբեր ժամանակաշրջաններում Նեղոս գետի հունի փոփոխման արդյունքում ձևավորված գետային նստվածքների հետ: Երրորդ շերտը, ըստ իր տեղադրման խորության, համապատասխանում է

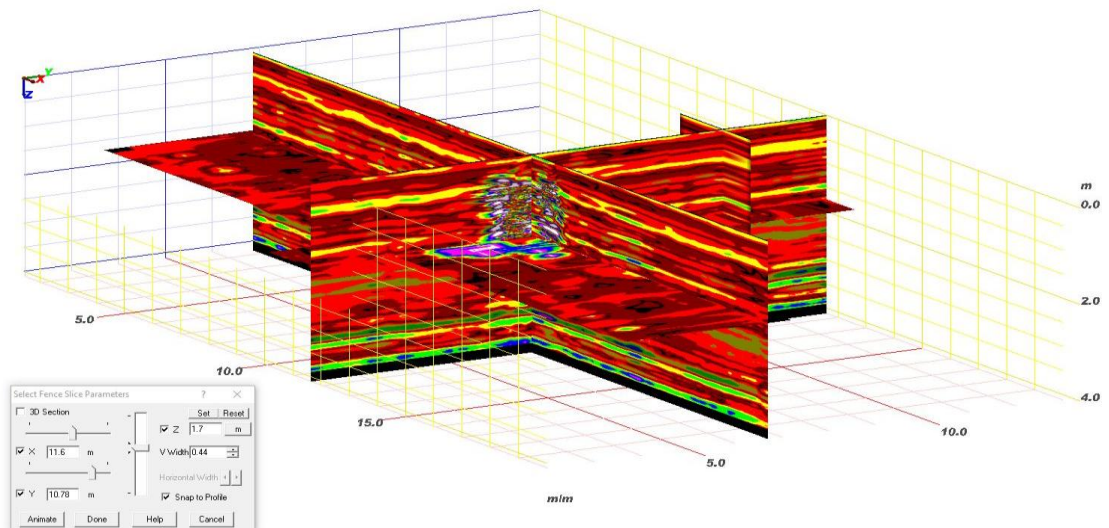
նախկինում պեղումների արդյունքում հայտնաբերված գլխավոր տաճարի հիմնատակի խորությանը: Չորրորդ շերտի հստակ արձանագրումը բացատրվում է գրունտային ջրերի առկայությամբ (նկ. 4.16):

Ռադարագրամմայի վրա առանձնանում է անոմալ օբյեկտ, որը նկարում եզրագծված է կետագծերով (նկ.4.16): Անոմալիան արձանագրվել է ռադարագրամմայի 5-7 մետր ընկած հատվածում և արտահայտվում է 0.4 - 2.2 մետր խորության հատվածում: Այս տեղամասի ուսումնասիրություններում ստացվել են մի շարք նմանատիպ անոմալիաներով ռադարագրամմաներ:

4.4.2. Գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալները և դրանց վերլուծությունը

Հաշվի առնելով հնագիտական և երկրաֆիզիկական տվյալները, տեղամասում կիրառվեց գեոռադարային եռաչափ հանույթ: Հանույթը իրականացվել է միմյանց հատող (մոտ 30° անկյան տակ) պրոֆիլների միջոցով, որոնց միջև հեռավորությունը կազմել է 0.5 մետր (նկ.4.15):

Գեոռադարային եռաչափ հանույթի վերլուծության արդյունքում առանձնացվեց անոմալ մարմինը (նկ. 4.17): Անոմալիան ունի օվալաձև տեսք:

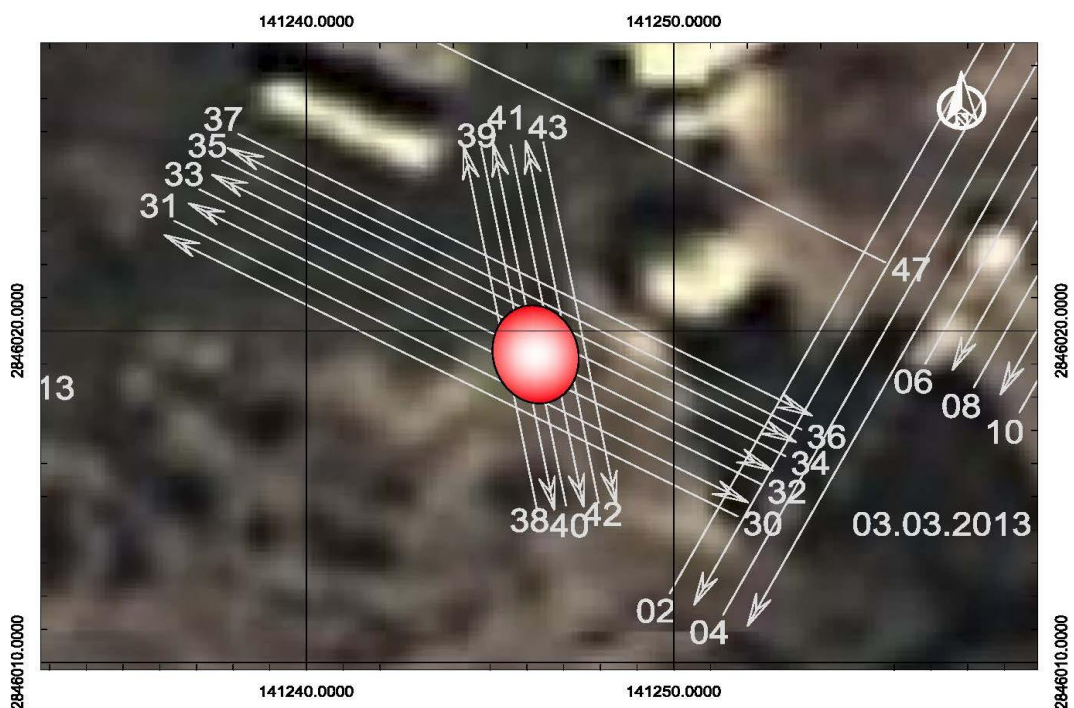


Նկար 4.17 Գեոռադարային եռաչափ հանույթի մշակման օրինակ

Գեոադարային երկչափ և եռաչափ հանույթների արդյունքում հայտնաբերված անոմալիաները, որոնք համարվել են հեռանկարային հնագիտության տեսակետից, տեղադրվել են դաշտային նյութերի սխեմայի վրա (նկ. 4.18):



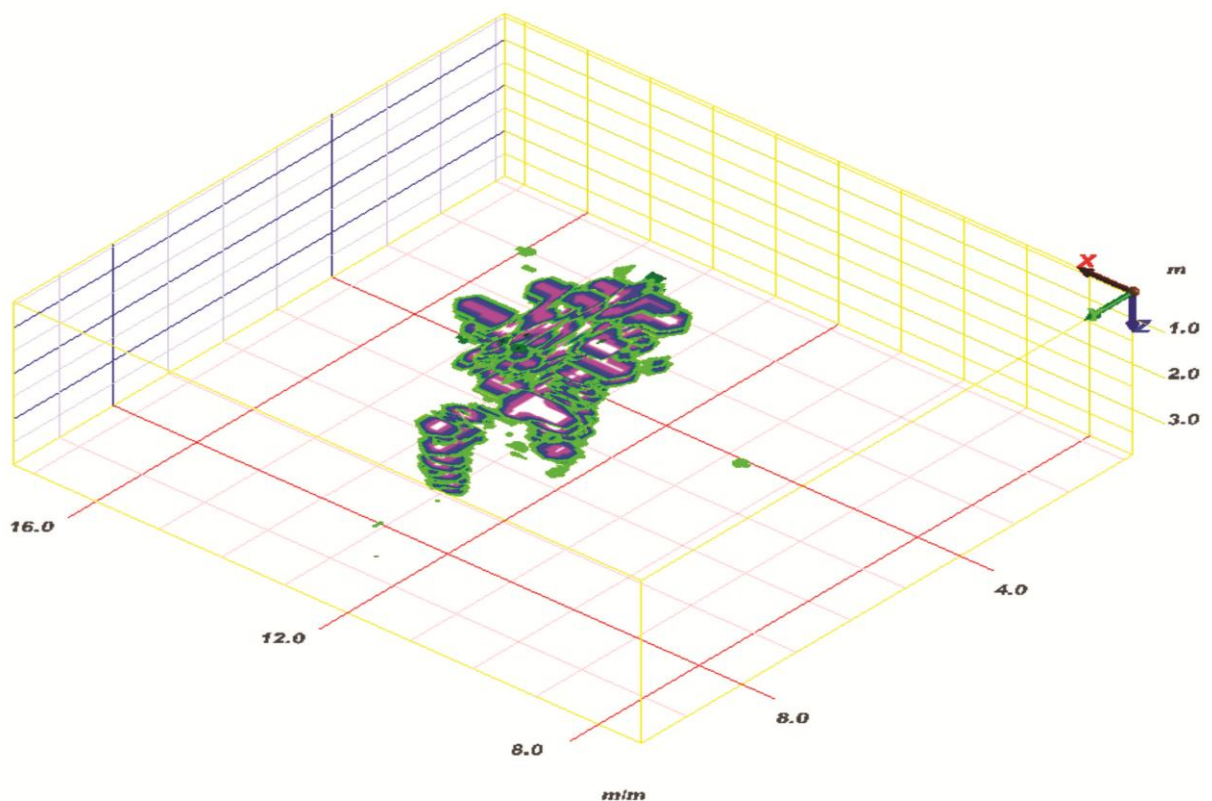
Նկար 4.18 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասի փաստացի նյութերի սխեմայի վրա տեղադրված երկչափ և եռաչափ գեոադարային հանույթի անոմալիան



Նկար 4.19 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասում առանձնացված անոմալ մարմին

Ինչպես երևում է նկ. 4.18-ից, այս տեղամասում հնագիտական նշանակության մեկ անոմալիա է առանձնացվել հետագա եռաչափ մոդելավորման համար (նկ. 4.19):

Անոմալիայի ընդհանուր երկրաչափությունը պարզելու նպատակով կազմվել է անոմալիայի եռաչափ մոդելը երկչափ և եռաչափ հանույթների տվյալների հիման վրա (նկ. 4.20):

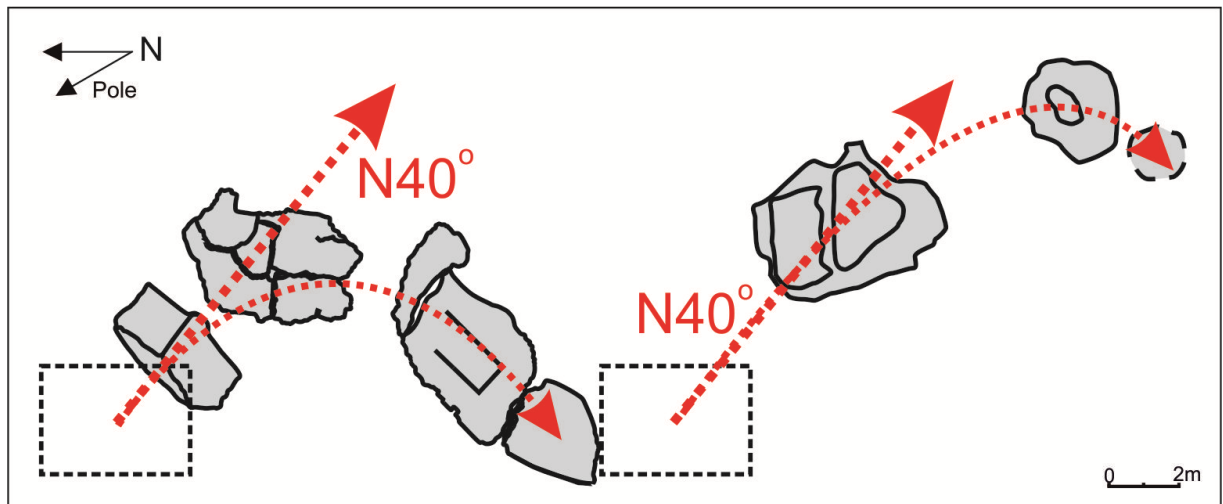


Նկար 4.20 Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասում առանձնացված անոմալ մարմնի եռաչափ մոդել

Մոդելն իրենից ներկայացնում է 5 մետր երկարությամբ և մինչև 3 մետր լայնությամբ մարմին: Այն տեղադրված է մոտավորապես 2 մետր խորությամբ ստվարաշերտում: Ըստ երկրաֆիզիկական հետազոտությունների տվյալների այս

օբյեկտը իր էլեկտրամագնիսական հատկություններով հստակ տարբերվում է ներփակող նստվածքներից:

Տեղամասում, պեղումների արդյունքում, հայտնաբերվել էին զույգ արձանների պատվանդանները և արձանների մարմնի մասեր՝ այդ թվում նաև դրանցից մեկի գլուխը (նկ. 4.21, 4.22):



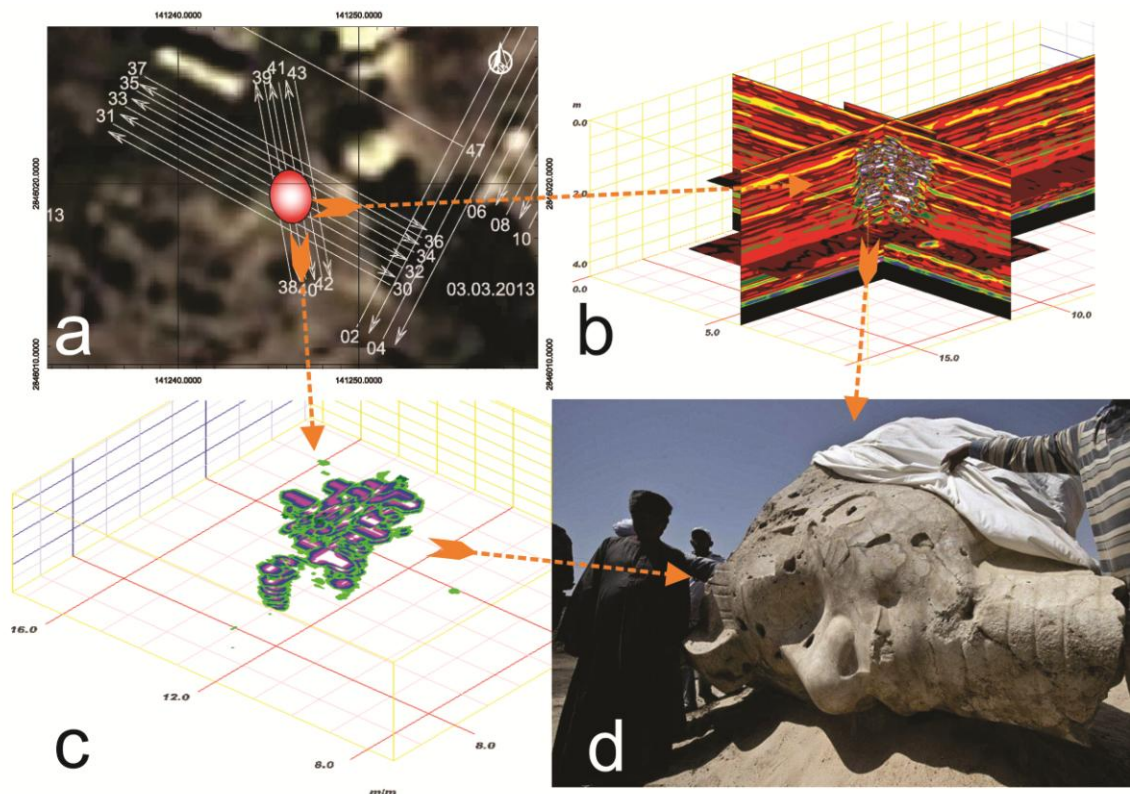
Նկար 4.21 Զույգ արձանների փլուզման մոդել, որտեղ հյուսիսային արձանը ամբողջությամբ պեղված էր, իսկ հարավայինը՝ միայն իրանի հատվածը:



Նկար 4.22. Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասում պեղված հյուսիսային արձանի գլուխը

Նկ. 4.23-ում մանրամասն նկարագրված են կատարված գեոռադարային հանույթների տվյալները, դրանց մշակումը և քարտեզագրումը, այնուհետև ստացված տվյալների հիման վրա եռաչափ 3D մոդելի կառուցումը:

Գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալներով կառուցված մոդելի և պեղված նմուշի համեմատությունից հստակ երևում է դրանց համարժեքությունը՝ չափսերի համապատասխանության, եռաչափ մոդելի նմանությունը առումով (նկ. 4.23):



Նկար 4.23. Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի կենտրոնական տեղամասում. a) փաստացի նյութերի սխեմա և անոմալիաների տեղադիրք. b) գեոռադարային եռաչափ հանույթ. c) ուսումնասիրվող անոմալիայի եռաչափ մոդել. d) պեղված պատմամշակութային գտածո

Կարելի է ենթադրել, որ հայտնաբերված անոմալիան համապատասխանում է հարավային արձանի գլխին: Ուստի տեղամասն առանձնացվել և համարվել է պեղումների համար առաջնային՝ հարավային արձանի գլխի որոնումների

նպատակով : Պեղված արձանի գլուխը կազմված էր կրաքարից, իսկ Մեմնոնի իրանի հատվածը՝ քվարցից: Այստեղից կարելի է պնդել, որ գեոռադարային ուսումնասիրությունները արդյունավետ են տվյալ նստվածքների մեջ քվարցային և կրաքարային օբյեկտների որոնման և ուսումնասիրման աշխատանքներում:

4.5. Տաճարի հյուսիս-արևմտյան տեղամասի ուսումնասիրությունները

Տեղամասը հետաքրքրական է ինչպես հնագիտության, այնպես էլ պալեոսեյսմոլոգիայի տեսակետից (նկ.4.5): Բազմաթիվ հեղինակներ տարբեր դարաշրջաններում ուսումնասիրել և վկայություններ են թողել ուսումնասիրվող տարածքում պալեոսեյսմոլոգիական հետքերի վերաբերյալ:



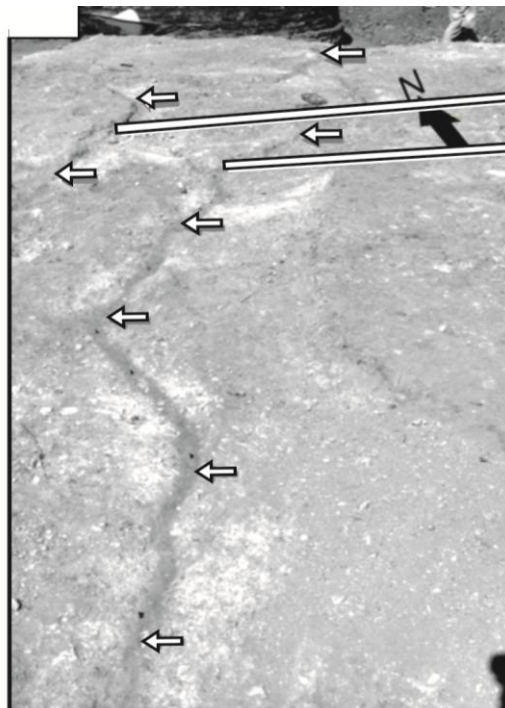
Նկար 4.24. Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հյուսիս-արևմտյան տեղամասի փաստացի նյութերի սխեմա

Մինչ մեր ուսումնասիրությունները, տեղամասում հնագիտական պեղումները հիմնականում ավարտված էին: Պեղված օբյեկտների տեղամասում պալեոսեյսմոլոգիական հետազոտություններ էին իրականացվում Ա.

Կարախանյանի և Ա. Ավագյանի կողմից [55]: Համատեղ որոշում կայացվեց աշխատանքների ընթացքում ուսումնասիրություններ իրականացնել նաև գետոռադարային հանույթի կիրառմամբ:

Գետոռադարային հանույթներն իրականացվել են Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի սյունապատ սրահում (նկ.4.24, կարմիր՝ a և b տեղամասեր): Այն նպատակ է ունեւ պարզելու սրահի քանդման պատճառները:

Ուսումնասիրությունների առաջին փուլում կիրառվել է երկչափ գետոռադարային հանույթ: Հանույթն իրականացվել է առանձին պրոֆիլներով: Պրոֆիլներն ունեցել են 20 մետր երկարություն (նկ.4.24): Երկչափ հանույթի պրոֆիլների ընդհանուր երկարությունը կազմել է 3900 գծամետր: Երկչափ հանույթի տվյալներով առանձնացվել են անոմալ տեղամասեր, որտեղ կիրառվել է գետոռադարային եռաչափ հանույթ: Եռաչափ հանույթները իրականացվել են ուղղանկյունաձև ցանցերի միջոցով, որոնք կազմված են պրոֆիլներից: Պրոֆիլների միջև հեռավորությունը կազմել է 0.5 մետր:



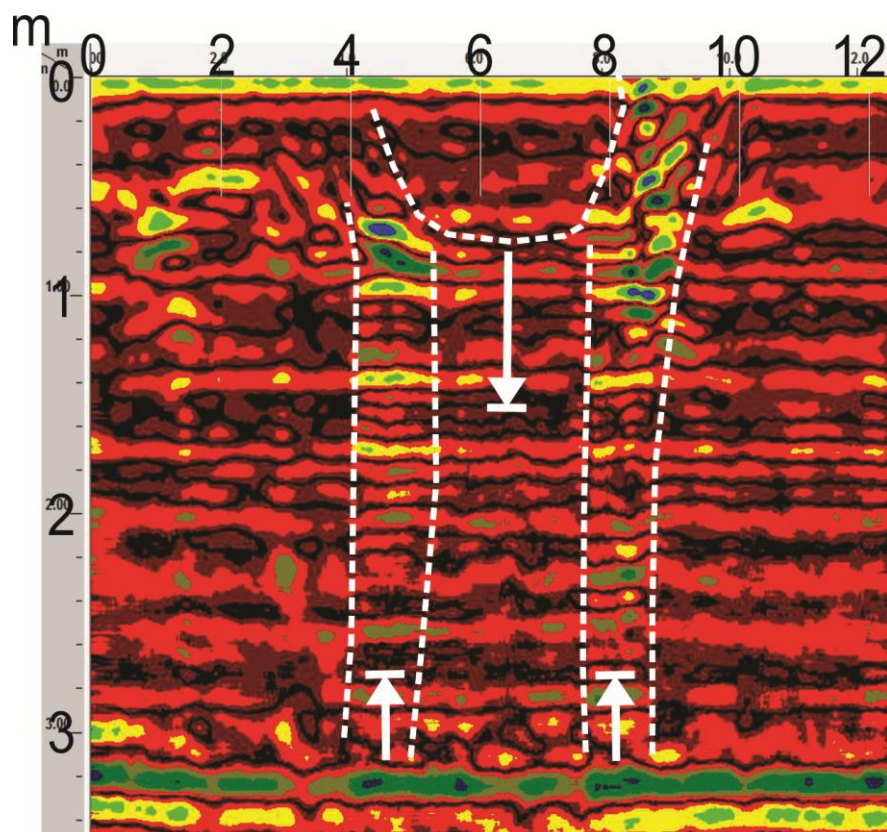
Նկար 4.25. Մակերեսային ճաքերի դաշտային լուսանկար և գետոռադարային պրոֆիլների հետագիծը [55]

Դրանք ունեցել են տարբեր երկարություններ և տարածվել են հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք ուղղությամբ: Եռաչափ հանույթը ծածկել է 380 մ² մակերես (նկ.4.24):

Ուսումնասիրվող և տեղամասում առկա են մակերեսային ճաքեր, որոնք լցոնված են մանրահատիկ ավազով: Գեոռադարային հանույթի պրոֆիլները ուղղահայաց հատում են ճաքերը (նկ.4.25):

4.5.1. Գեոռադարային հանույթի ստացված արդյունքները և դրանց մշակումը

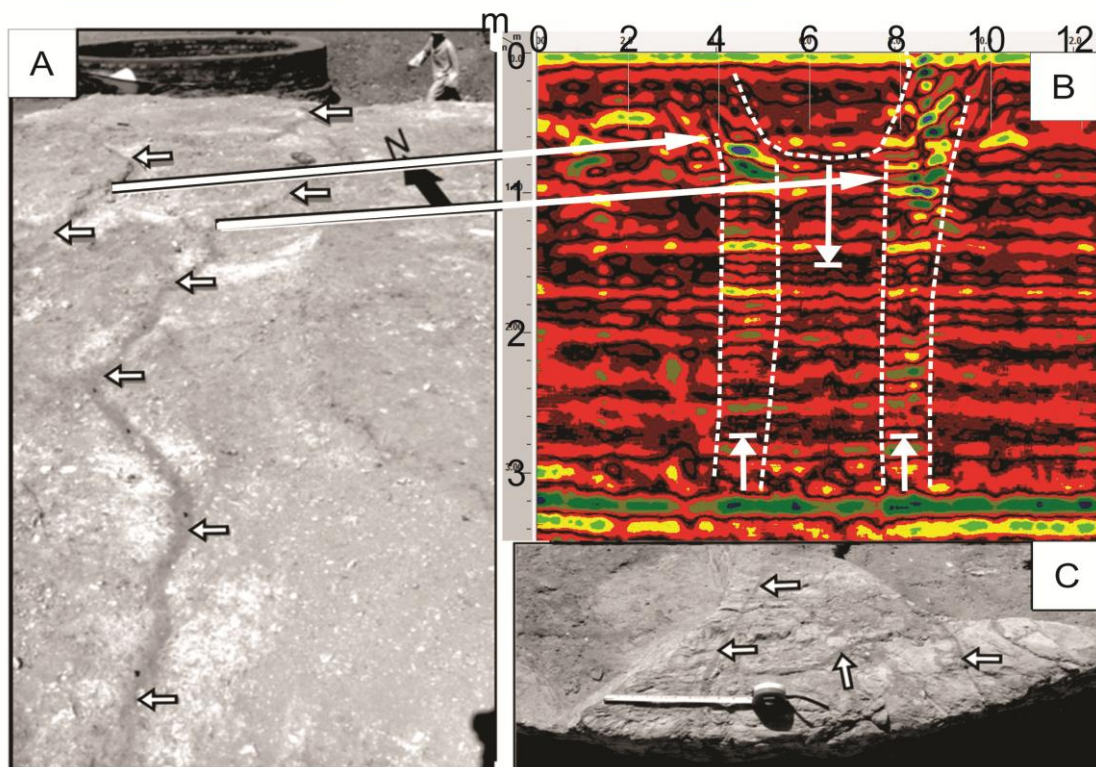
Ռադարագրամմայի վրա 3-10 մետր հատվածում առանձնանում է անոմալ մարմին, որը բաղկացած է երեք հիմնական կոմպոնենտներից: Անոմալիայի եզրային, 3- 5 և 8- 10 մետր հատվածներում առկա են ուղղահայացին մոտ երկու ճեղքային ստրուկտուրաներ, որոնք 3 մետր խորությամբ հատվածից շարունակվում են մինչև մակերևույթ: Նշված ճեղքային ստրուկտուրաների միջանկյալ հատվածում առանձնանում է իջեցման գոտի՝ ավելի քան 0.5 մետր տեղախախտմամբ (նկ. 4.26):



Նկար 4.26. Գեոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

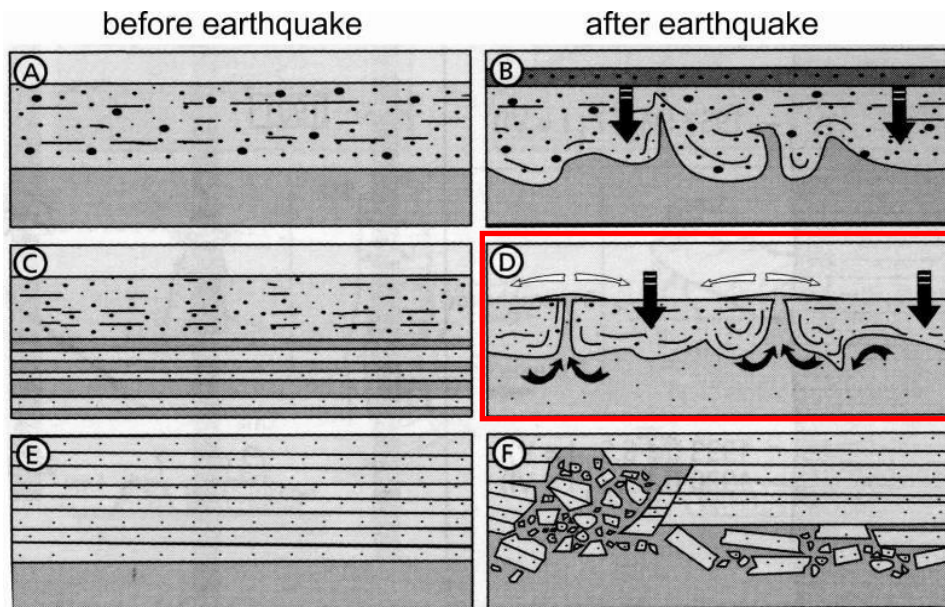
Գեոռադարային հանույթով հաստատվել է պալեոսեյսմոլոգիական հետևյալ հիպոթեզները.

- Մակերևույթին արտահայտված ճաքերի մինչև 3 մետր խորությամբ տարածումը (նկ.4.27; A),
- Դրանցում մանրահատիկ ավազային լցանյութի առկայությունը (նկ.4.27; C),
- Գեոռադարային հանույթի տվյալների վերլուծության արդյունքում ստացված ստրուկտուրա (նկ.4.27; B)



Նկար 4.27. Ստացված արդյունքներ; A) մակերեսին արտահայտված ճաքեր. B) գեոռադարային հանույթի տվյալների վերլուծության արդյունքում ստացված ստրուկտուրան. C) ճաքերում առկա մանրահատիկ ավազային զանգվածը

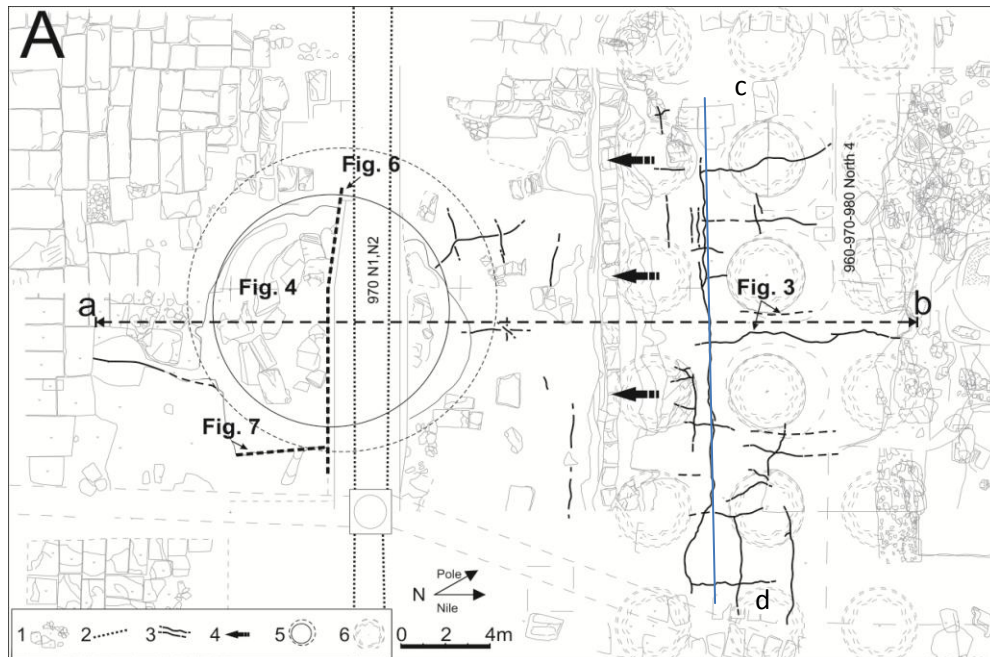
Ստացված արդյունքները համեմատելով Ֆիլիպի և ուր.[69] (նկ. 4.28) կողմից առաջարկված հողերի ջրիկացման մոդելի հետ կարելի է պնդել, որ ստացված ստրուկտուրան հողերի ջրիկացման (Soil liquefaction) արդյունք է:



Նկար 4.28. Հողերի ջրիկացման հիմնարար մոդելները ըստ Ֆիլիպ և ուր.

[69]: A,B- երկու հարևան շերտերի միջև կոնվոլիուցիաների (convolutions) և դայկաների առաջացում, C,D- ավազաթմբերի (sand blow) առաջացում, E,F-շերտերի ավերում (layer destruction): Կարմիրով նշված է համեմատված մոդելը:

Մակերեսին արտահայտված ճաքերը տարածվում են հյուսիս-արևմուտյան ուղղությամբ, որը ուղղահայաց է Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի սյունապատ սրահին (նկ. 4.24; a): Ուսումնասիրությունները շարունակվել են վերոնշյալ սրահի տարածքում (նկ.4.29): Գետոադարային հանույթի տվյալները մանրամասն ներկայացնելու նպատակով առանձնացնենք cd պրոֆիլը (նկ.4.29):

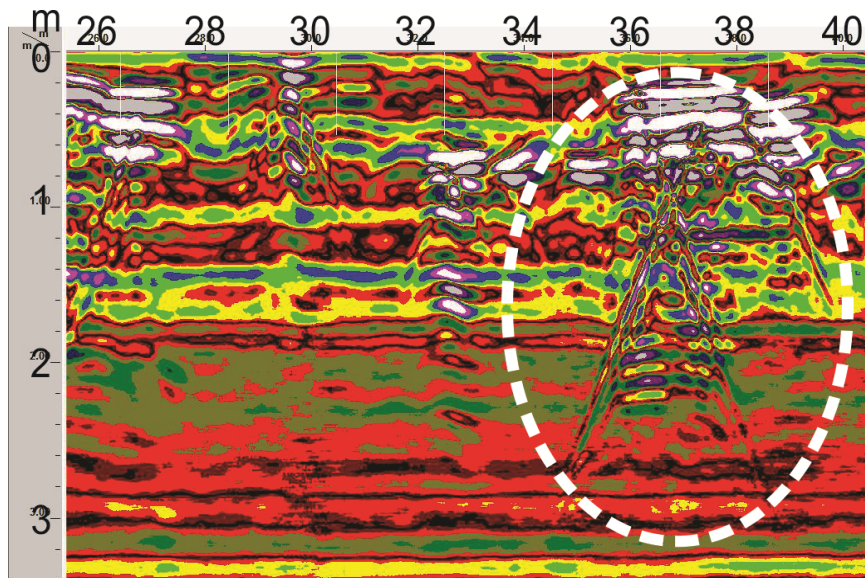


Նկար 4.29. Սրահի կենտրոնական հատվածի սխեման

1-Սրահի տարածքում պեղված օբյեկտներ; 2- Տոպոգրաֆիկական և գեոռադարային հանույթների պրոֆիլներ; 3- Դայկաների ճեղքեր՝ լցված ավազներով; 4- Սյուների հիմքերի տարածման ուղղությունները; 5 – Ավազի սնկաձև ներթափանցման սահմանները (sand blow); 6- Սյուների հիմքերը; 7 – Ջրային դրենաժ՝ պեղումներ իրականացվող տեղամասերում ջրահեռացման համար; 8 – Կրաքարային ցեմենտ; 9 – Քայքայված շերտ; 10 – Ավազային սիլեր;

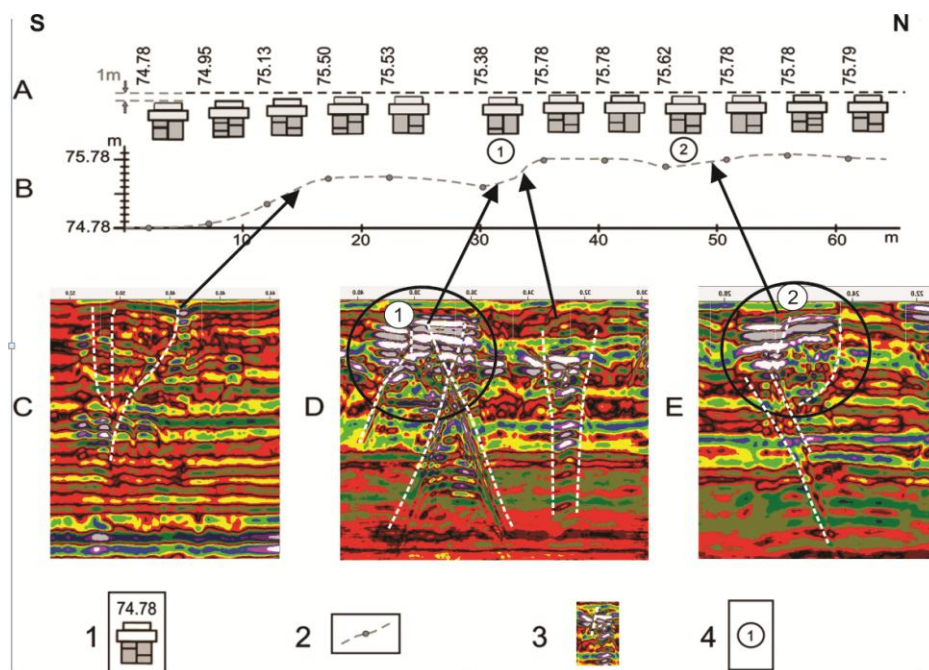
Այս պրոֆիլով իրականացվել է գեոդեզիական և գեոռադարային հանույթներ: Գեոդեզիական պրոֆիլի վրա նկատվում է սյուների իջեցումներ (նկ. 4.29):

Գեոռադարային երկչափ հանույթի պրոֆիլի վրա արձանագրվել են անոմալիաներ (նկ.4.30): Ռադարագրամմայի վրա կետագծերով նշված է անոմալ մարմինը: Դրա վրա հստակ արտահայտված է սյան հիմքը, որը արձանագրվել է մինչև 0.4 մետր խորությամբ հատվածում:



Նկար 4.30. Գետոռադարային երկչափ հանույթի ռադարագրամմայի մշակման օրինակ

Ընդ որում սյան հիմքը ջարդրտված է և առկա է իջեցում: Այնուհետև 0.4-ից մինչև 2.8 մետր խորությամբ հատվածում առկա են ճեղքային բնույթի անոմալիաներ (նկ.4.30): Նմանատիպ անոմալիաներն առանձնացվել և համադրվել են գեոդեզիական պրոֆիլի հետ (նկ. 4.31):



Նկար 4.31. Գետոռադարային հանույթի տվյալների համադրումը գեոդեզիական պրոֆիլի հետ

Գեոդեզիական պրոֆիլի վրա հստակ երևում է, որ հյուսիս-հարավ ուղղությամբ սյուների հիմքերը աստիճանաբար իջնում են: Հարավային սյան բացարձակ բարձրությունը 1 մետրով ավելի ցածր է, քան հյուսիսայինը:

Հաշվի առնելով սյուների հիմքերի ջարդրտվածությունը և իջեցումները, ճեղքավոր ստրուկտուրաների առկայությունը, a և b տեղամասերի ճեղքերի տարածման ուղղությունների համընկնումը կարելի է ենթադրել, որ a տեղամասի սյուների հիմքերի իջեցումները պայմանավորված են հողերի ջրիկացման հետ (նկ.4.24) [55]:

4.6. Ամփոփում

- Եգիպտոսի Լուքսոր քաղաքում իրականացված երկրաբանական, երկրաֆիզիկական և հնագիտական ուսումնասիրություններն արդյունավետ են: Առանձնացված ենթատեղամասերում իրականացվել են գեոռադարայի երկչափ և եռաչափ հանույթներ, որոնց տվյալների հիման վրա կառուցվել են անոմալ մարմինների եռաչափ մոդելները:
- Էմպիրիկ եղանակով որոշվել է կավավազից, բրեկչայացված ավազաքարից, Նեղոսի սեզոնային հեղեղման օրգանապես հարուստ տիղմից, խիտ կավից, կավավազից և տիղմից, ավազային դայկաներից և սիլերից կազմված նստվածքներում գեոռադարային հանույթի արդյունավետ դիֆֆեկտրիկ թափանցելիության արժեքը՝ 7.2: Դրա կիրառումը մեծապես նպաստել է երկրաֆիզիկական հետազոտությունների տվյալների ճշտության բարձրացմանը՝ հասցնելով մի քանի սանտիմետրի: Հնագիտական պեղումների արդյունքում հաստատվել է երկրաֆիզիկական հետազոտությունների տվյալների ճշտությունը:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթի տվյալներով հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են ավելի քան 70 անոմալ տեղամասեր, որոնք հեռանկարային են հնագիտության տեսակետից:
- Գեոռադարային երկչափ և եռաչափ հանույթի տվյալներով Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի հարավ-արևելյան հատվածում հայտնաբերվել, և հնագետների կողմից պեղվել է Մեմնոնի արձանի ուսային հատվածը: Պեղված

մարմինը բաղկացած է երեք տարբեր չափերի քվարցե օբյեկտներից, որոնք առանձնացվել են գեոռադարային հանույթի արդյունքում, իսկ վերջինիս տվյալների հիման վրա կառուցված եռաչափ մոդելը իր կառուցվածքով և չափերով ամբողջությամբ հմարնկել է պեղված մարմնի հետ :

- Տաճարի կենտրոնական մասում հայտնաբերվել, և հնագետների կողմից նախկինում պեղվել է արձաններից մեկի գլուխը: Մեր կողմից տեղամասի մյուս հատվածում իրականացված գեոռադարային եռաչափ հանույթի տվյալներով կառուցված մոդելի և պեղված նմուշի համեմատությունից հստակ երևում է դրանց համարժեքությունը՝ չափսերի և եռաչափ մոդելի նմանության առումով: Կարելի է ենթադրել, որ հայտնաբերված անոմալիան համապատասխանում է մեկ ուրիշ որոնվող արձանի գլխին: Տեղամասն առանձնացվել և համարվել է պեղումների համար առաջնային:
- Գեոռադարային հանույթի տվյալներով կազմվել է հողերի ջրիկացման մոդել, որը մեծ ճշտությամբ համընկնում է ֆիլիպի և ուր. մոդելի հետ : Դրանով բացատրվել է Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի սյունապատ սրահի սյուների հիմքերի ջարդրտվածությունը և դրանց իջեցման պատճառները:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Աշխատանքի գիտակիրառական արդյունքների ընդհանրացման հիման վրա արված են հետևյալ եզրակացություններն ու առաջարկությունները.

- Գեոռադարային համակարգի կիրառմամբ գծային և տարածական օբյեկտների հայտնաբերման և քարտեզագրման մեթոդաբանական առաջարկված նոր մոտեցումը թույլ է տալիս ընդլայնել նրա կիրառման ոլորտները, մեծացնել հանույթի տվյալների ճշտությունը և իրականացնել օբյեկտների երկչափ և եռաչափ մոդելավորում:
- Հիմնավորված է ուսումնասիրվող միջավայրերի արդյունավետ մուտքային դիէլեկտրիկ թափանցելիության գործակիցների որոշումը էմպիրիկ եղանակով:
- Գեոռադարային հանույթի հիման վրա ՀՀ Գեղարոտ և Շենգավիթ տեղամասերում, որպես հեռանկարային, առանձնացվել են ավելի քան 100 ենթատեղամասեր, որոնցից պեղվածները հաստատվել են:
- Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի տարածքում (Եգիպտոս) հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են ավելի քան 70 անոմալ տեղամասեր, որոնցից հարավ-արևելյան հատվածում հայտնաբերվել և պեղվել է Մեմնոնի արձանի ուսային հատվածը: Կազմվել է նաև տարածքի հողերի ջրիկացման մոդել, բացատրվել են Ամենհոտեպ III փարավոնի տաճարի սյունապատ սրահի սյուների հիմքերի ջարդրտվածության և դրանց իջեցման պատճառները:
- Առաջարկվող տեխնոլոգիական լուծումները կարելի է օգտագործել տարածքների սեյսմիկ գոտիավորման, սեյսմիկ վտանգի գնահատման աշխատանքներում, սողանքների, գրունտների ջրիկացման, նստեցումների, փլուզումների և գրավիտացիոն բնական և արհեստածին վտանգավոր երևույթների գնահատման գործընթացներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Ավագյան Ա.Վ., «Ակտիվ խզվածքների մերձմակերեսային դրսևորումները շրջակա միջավայրում», Ատենախոսություն, ԳԱԱ, Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ, Երևան, 2013, 292 էջ:
2. Գևորգյան Մ., Իգիթյան Հ., Քարամյան Ռ., Սահակյան Է. «Շենգավիթ հնագիտական բնակատեղիի ուսումնասիրությունը գեոռադարային եռաչափ հանույթի միջոցով»: Հայ գրատպության 500-ամյակին և ԵՊՀ ՈՒԳԸ հիմնադրման 65-ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովի հոդվածների ժողովածու, բնական գիտություններ, N1, Երևան, 2013, էջ 52-57:
3. Գևորգյան Մ., «Գեոռադարի օգտագործումը հնագիտասեյսմոլոգիական հետազոտություններում Ամենհոտեպ III Փարավոնի տաճարի տարածքում (Լուքսոր, Եգիպտոս)» ԵՊՀ ՈՒԳԸ գիտական հոդվածների ժողովածու: ԵՊՀ, հրատարակչություն, բնական գիտություններ, N1.2(5), 2015, էջ 86-93:
4. Գևորգյան Մ.Ռ., Իգիթյան Հ.Ա., Սահակյան Է.Է., Բաբայան Հ.Ե. “Ակտիվ խզվածքի գոտու լայնության որոշումը երկրաբանա-գեոռադարային ուսումնասիրությունների արդյունքում (Ֆիոլենտովոյի դեպրեսիայի օրինակով, Հայաստան)” Գիտություններ Երկրի մասին, N3, 2015, էջ 82-89:
5. Գևորգյան Մ., Դուրգարյան Ր., Իգիթյան Հ., Սահակյան Է. «Գեոռադարային հանույթի կիրառումը պատմամշակույթային կոթողների հայտնաբերման նպատակով (Շենգավիթ, Երևան)» ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N1, 2017, էջ 49-59:
6. Իգիթյան Հ.Ա., Գևորգյան Մ.Ռ., Դուրգարյան Ր.Ռ., Բաբայան Հ.Ե. “Ակտիվ խզվածքների գոտում մերձմակերեսային ճեղքվածքների հայտնաբերումը գեոռադարային հանույթի կիրառմամբ (ՍՅՈՒՆԻՔ, ՀԱՅԱՍՏԱՆ)” ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N2, 2015, էջ 61-70:
7. Франтов Г.С., Пинкевич А.А., “Геофизика в археологии”. Изд. «Недра», Ленинград, 1966; 211 стр.

8. Хмелевской В.К. “Основы геофизических методов”: учебник для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын; Перм. ун-т. – Пермь, 2010; 400 с.
9. Anderson, H., and T. Webb «New Zealand seismicity: Patterns revealed by the upgraded National Seismograph Network», *N. Z. J. Geol. Geophys.*, 37, 1994; pp. 477–493.
10. Areshyan G. E., “Nor nyut'er Hayastani m.t'.a. 3-rd hazaramyaki erkragorcakan tekhnikakan kulturanneri masin”. In; B. N. Arakelian (ed.), *Haykakan SSH-um 1977-1978 t't'. dashtayin hnagitakan ashkhatank'neri ardyunk'nerin nvirvats zekutsumneri t'ezisner*; Yerevan; 1979; pp. 12-14.
11. Atkinson J.R., “Field Archaeolog”, London: Methuen, 1946; 260 p.
12. Audru, J. C., M. Bano, J. Begg, K. Berryman, S. Henrys, and B. Nivière «GPR investigations on active faults in urban areas»: The Georisc-NZ project in Wellington, New Zealand, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 333, 2001, pp. 447–454.
13. Avetisyan P., Badalyan R., Smith A. T.; “Preliminary report on the 1998 archaeological investigations of Project ArAGATS in the Tsakahovit Plain, Armenia”. *Studi Micenei ed Egeo-Anatolici* 42, 2000; pp. 19-59.
14. Badalyan R., Smith A., Avetisyan P., “The emergence of socio-political complexity in Southern Caucasia”. In: A. T. Smith/K. S. Robinson (ed.), *Archaeology in the borderlands: Investigations in Caucasia and beyond. Cotsen Institute Monographs* 47; Los Angeles; 2003; pp. 144-166.
15. Badalyan R., Adam T. Smith, Ian Lindsay, Lori Khatchadourian and Pavel Avetisyan With appendices by Belinda Monahan and Roman Hovsepyan “Village, fortress, and town in Bronze and Iron Age Southern Caucasia: A preliminary report on the 2003-2006 investigations of Project ArAGATS on the Tsaghkahovit Plain, Republic of Armenia” *Archaeologische Mitteilungen Iran und Turan*, 2008, pp. 45-105.
16. Badalyan R., Adam T. Smith, Ian Lindsay, Armine Harutyunyan, Alan Greene, Maureen Marschall, Belinda Monahan und Roman Hovsepyan, with contributions by Khachatur Meliksetian, Ernst Pernicka and Samuel Haroutunian,

- A Preliminary Report on the 2008, 2010, and 2011 Investigations of Project ArAGATS on the Tsaghkahovit Plain, Republic of Armenia *Archaeologische Mitteilungen aus Iran und Turan*, 2014, pp. 149-222.
17. Bano, M., Marquis, G., Nivière, B., Maurin, J.-C., Cushing, M., «Investigating alluvial and tectonic features with ground-penetrating radar and analysing diffraction patterns». *Journal of Applied Geophysics* 43, 2000; pp. 33–41.
 18. Calligeros D., Douglas P., Abeygunasekera S., Smith G., Aseptic peritonitis in association with the use of pamidronate. *Med J. Aust* 1993, p. 159.
 19. Carlo M., “Prospezioni archeologiche a Tarquinia: la necropoli delle tombe dipinte”, Volume 14 of [Pubblicazione], Fondazione C.M. Lerici, Politecnico di Milano, 1959, 65 p.
 20. Carozza, L., Burens, A., Billaud, Y., Ferrulo, O., Bourrillon, R., Petrognani, S., Fritz, C., Tosello, G., Goineaud, E. et M.: L’horizontal et le vertical - L’âge du Bronze de la grotte des Fraux (Saint-Martin-de-Fressengeas). In : *De Méditerranée et d’ailleurs...Mélanges offerts à Jean Guilaine*. Archives d’Ecologie Préhistorique Toulouse, 2009, pp. 159-172.
 21. Conyers L., Ernenwein, Eileen G. and Leigh-Ann B. «Ground-penetrating radar discovery at Petra, Jordan» *Antiquity* 76, 2002; pp. 339–400.
 22. Conyers, L., «Ground-penetrating Radar for Archaeology». AltaMira Press, Walnut Creek, California. 2004a.
 23. Conyers, L., «Moisture and soil differences as related to the spatial accuracy of amplitude maps at two archaeological test sites». *Proceedings of the Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar*, Delft, The Netherlands, June 21–24, 2004 b.
 24. Conyers, L., «Innovative ground-penetrating radar methods for archaeological mapping: Archaeological Prospection», 13, doi: 10.1002/arp.282 ; 2006, pp. 139–141.

25. Conyers L., Leckebusch J. «Geophysical archaeology research agendas for the future: some ground-penetrating radar examples» *Archaeol. Prospect.* 17; 2010; pp. 117–230.
26. Conyers, L. «Discovery, mapping and interpretation of buried cultural resources non-invasively with ground-penetrating radar». *Journal of Geophysics and Engineering* 8: 2011, pp. 13–22.
27. Conyers, L. «Interpreting Ground-Penetrating Radar for Archaeology». Left Coast Press, Walnut Creek, CA. 2012.
28. Cook J. «RF electrical properties of salty ice and frozen earth»; *Jour. Geophys. Research*, v. 65, no. 6, 1960; pp. 1767-1771.
29. Davidson, D., Shaciley, M. «Geoarchaeology: Earth Science and the Past». Duckworth, London. 1976; 408 p.
30. Davis, J., Annan, A., 1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy: *Geophysical Prospecting*, 37: 531-551.
31. Elashvili M., Sakhelashvili G., Gigiberia M., Maisaia I., Godoladze T., Javakhishvili Z., Durgaryan R., Gevorgyan M. "Investigation of Active Fault Scarps by Means of Geophysical Prospecting Methods, Javakheti Fault Case, Georgia" *AGU Fall Meeting Abstracts V. 1*; 2011; p.1496.
32. Ferry M., Meghraoui M., Rockwell T.K., Kozaci O., Akyuz S., Girard J., Barka A, "GPR investigations along the North Anatolian fault near Izmit (Turkey); constraints on the right-lateral movement and slip history" *Geology*, 32 (1), 2004; pp. 85-88.
33. Fiedler, S., Illich, B., Berger, J. & Graw, M. «The effectiveness of groundpenetrating radar surveys in the location of unmarked burial sites in modern cemeteries». *Journal of Applied Geophysics* 68: 2009; pp. 380-385.
34. Forte, E., Pipan, M., Casabianca, D., Di Cuia, R., Riva, A., «Imaging and characterization of a carbonate hydrocarbon reservoir analogue using GPR attributes». *Journal of Applied Geophysics* 81, 2012; pp. 76–87.

- 35.Fouache E., Sibella P., Dalongeville R., «Holocene variations of the shoreline between Antalya and Andriake (Turkey)». *International Journal of Nautical Archaeology*, 28, 4: 1999, pp. 305–318.
- 36.Fouache E., Müller C., Gorlov Y., Gaibov V., Porotov A., «Geoarchaeological study of the Taman Peninsula and the Kouban Delta (Black Sea, Azov Sea, Russia)». In: *Geoarchaeology of the landscapes of classical antiquity* (eds. F. Vermeulen, M.De. Dapper): 2000, pp. 97–104.
- 37.Fouache E., Porotov A., Müller Ch, Gorlov Y., Bolikhovskaya N.,Kaitamba M. «Relative sea-level changes throughout the last 6000 years on the Taman Peninsula (Black Sea, Azov Sea, Russia): a geoarchaeological study»; *Journal “Revista de geomorfologie”* V.7, 2005, pp. 7-20.
- 38.Fouache E. “What is Geoarchaeology?, *Geodinamica Acta*, 20; I-II; 2007, DOI: 10.3166/ga.20.I-II.
- 39.Gaffney, V.L., Patterson, H., Piro, S., Goodman, D., Nishimura, Y., «Multimethodological approach to study and characterize Forum Novum (Vescovio, Italy):. *Archaeological Prospection* 11, 2004; pp. 201–212.
- 40.Gaffney, C. & Gater, J. «Revealing the buried past. Geophysics for archaeologists». *Tempus. Gloucestershire*. 2003.
41. Giovanni L., Sergio N., Maria T. Carrozzo, and Luigia N. ”Use of Ground Penetrating Radar to Map Subsurface Moisture Variations in an Urban Area.” *JEEG*, 7(2), doi: 10.4133/JEEG7.2.69; 2002, pp. 69-77.
- 42.Giovanni L. “Contribution of Ground Penetrating Radar and Electrical Resistivity Tomography to identify the cavity and fractures under the main Church in Botrugno (Lecce, Italy)” *Journal of Archaeological Science* 33(9): 2006; pp 1194-1204.
- 43.Grasmueck, M., Weger, R., «3D GPR reveals complex internal structure of Pleistocene oolitic Sandbar». *The Leading Edge* 7, 2002, pp. 634–639.

44. Green, A. G., R. Gross, K. Holliger, H. Hortst Meyer, and J. N. Baldwin. «Results of 3-D georadar surveying and trenching the San Andreas Fault near its northern landward limit», *Tectonophysics*, 368, 2003; pp.7–23.
45. Gross, R., A. G. Green, H. Hortst Meyer, K. Holliger, and J. N. Baldwin «Shallow geometry and displacements on the San Andreas Fault near Point Arena based on trenching and 3-D georadar surveying», *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2002GL015534; 2002, 29 p.
46. Hashimoto M., “Geometrical optics based on wave-normal rays: Application to dielectric waveguides” *J. Radio Science* ; American Geophysical Union (AGU); Volume: 28, Issue: 06; 1993; pp. 1245 – 1251.
47. Hayrapetyan A.A., “Vagh bronzedaryan vzhots Gegharotits”. In: A. A. Kalantaryan et al. (eds.), *Hin Hayastani mshakooty XIII*; Yerevan; 2005; pp. 78-85.
48. Henrique Lorenzo and Pedro Arias «A Methodology for Rapid Archaeological Site Documentation Using Ground- Penetrating Radar and Terrestrial Photogrammetry» *EUET Forestal*, University of Vigo, Campus A Xunqueira s/n, 36005, Pontevedra, Spain *Geoarchaeology: An International Journal*, Vol. 20, No. 5, 2005; pp. 521–535.
49. Hesse, A. «Count Robert du Mesnil du Buisson (1895-1986), a French Precursor in Geophysical Survey for Archaeology». *Archaeological Prospection* 7: 2000; pp. 43-49.
50. Hovsepian R. A., “Preliminary analysis of archaeobotanical materials from the Early Bronze Age settlement of Tsaghkasar (Armenia)”. *Proceedings of the I (IX) International Conference of Young Botanists in Saint-Petersburg*; Saint-Petersburg; 2006; 285 p.
51. Igityan H.A., Gevorgyan M.R. , Sahakyan E.E., Babayan H.Y. “Study of tectonic surface and subsurface structures by GPR survey in active faults area”, *Geology and geophysics of southern Russia*, N3, 2017, pp 157-165.
52. Jol, H.M. & Bristow, C.S. «GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide». In Bristow, C.S. & Jol, H.M.

- (Eds.) Ground Penetrating Radar in Sediments. The Geological Society. London; 2003.
53. Justine K., Allen G., Colin P., Timothy P., Jon O. "A ground penetrating radar survey near the excavated burial site of Kiacatoo Man" *Journal of Quaternary Australasia*, 2015; pp 32-39.
54. Karakhanyan A., Trifonov V., Philip H., Avagyan A., Hessami K., Jamali F., Bayraktutan M., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V., and Adilkhanyan A. Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey, and north-western Iran, 2004, *Tectonophysics* 380, p. 189-219.
55. Karakhanyan A., Avagyan A., Sourouzhian 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, pp. 321-344.
56. Kvamme, K.L. "Geophysical Surveys as Landscape Archaeology". *American Antiquity* 68: 2003; pp. 435-457.
57. Larsson, A. «Geophysics in Archaeology». Department of geology, Göteborg University. Göteborg. 2000.
58. Lawrence, M., Oxley, I. & Bates, R.C. «Geophysical techniques for maritime archaeological surveys», 9th EAGE/EEGS Meeting. EAGE; 2003.
59. Linford, N.T. & David, A. Study of Geophysical Surveys. In Hey, G. & Lacey, M. (Eds.) *Evaluation of Archaeological Decision-making Processes and Sampling Strategies: European Regional Development Fund Interreg IICPlanarch Project*. Oxford Archaeological Unit; 2001.
60. Linford, N.T. «Ground Penetrating Radar Survey over a Suspected Roman Amphitheatre at Richborough Castle, Kent, UK». In Kars, H. & Burke, E. (Eds.). *The 33rd International Symposium on Archaeometry*. Vrije Universiteit. Amsterdam; 2002.

61. Meghraoui M., "Active faulting and coseismic surface ruptures: the paleoseismological approach" "Earth and Planetary Sciences" Volume 333, Issue 9; 2001; pp. 495-511.
62. Moffatt D.L., Puskas R.J., A subsurface electromagnetic pulse radar, *Geophysics*, 41, 1976; pp 506-518.
63. Nayar S.K. ; K. Ikeuchi ; T. Kanade "Surface reflection: physical and geometrical perspectives" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*; Volume: 13, Issue: 7; 1991; pp. 611 – 634.
64. Neboit, R., *L'homme et l'érosion*. Faculté des Lettres et Sciences humaines, Université de Clermont- Ferrand II, fasc. 17, nouvelle série, Volume 55, 1983; pp. 397-400.
65. Novo, A., Grasmueck, M., Viggiano, D.A. & Lorenzo, H. «3D GPR in Archaeology: What can be gained from dense Data Acquisition and Processing». 12th International Conference on Ground Penetrating Radar. Birmingham; 2008.
66. 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; pp. 134-138.
67. Nuzzo, L., Leucci, G., Negri, S., Carrozzo, M.T., Quarta, T., «Application of 3D visualization techniques in the analysis of GPR data for archaeology». *Annals of Geophysics*; 45 (2), 2002, pp. 321–337.
68. 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; pp. 21-29.
69. Philip H., Avagyan A., Karakhanyan A., Ritz J., Rebai S., Estimating slip rates and recurrence intervals for strong earthquakes along an intracontinental fault: example of the Pambak–Sevan–Sunik fault (Armenia). 2001, *Tectonophysics* 343, p. 205-232.
70. Rapp G. Jr. , Mr. Hill Christopher L. «Geoarchaeology: The Earth-science Approach to Archaeological Interpretation» Yale University Press, 1998, 274 p.

71. Smith A. T., "Late Bronze/Early Iron Age fortresses of the Ararat and Shirak Plains, Armenia: Typological considerations". *Ancient Civilizations from Scythia to Siberia* 5, 1998; pp. 73-97.
72. Smith A. T., Badaljan R., Avetissian P., "The crucible of complexity". *Discovering Archaeology* 1; 1999; pp. 48-55.
73. Smith A. T., Badalyan R. , Avetisyan P., Zardaryan M., "Early complex societies in Southern Caucasia: A preliminary report on the 2002 investigations by Project ArAGATS on the Tsakahovit Plain, Republic of Armenia". *American Journal of Archaeology* 108; 2004; pp. 1-41.
74. Smith A.T., Badalyan R. S., Avetisyan P. 'Southern Caucasia during the Late Bronze Age: An interim report on the regional investigations of Project ArAGATS in Western Armenia. In: A. Cilingiroglu/G. Darbyshire (ed.), *Anatolian Iron Ages 5*". *Proceedings of the fifth Anatolian Iron Ages Colloquium Held at Van, 6-10 August 2001. British Institute of Archaeology at Ankara Monograph* 31; Ankara; 2005; pp. 175-185.
75. Smith A. T., Badalyan R_ S., Avetisyan P. S. "The archaeology and geography of ancient Transcaucasian societies I: Regional survey in the Tsaghkahovit Plain, Armenia"; Chicago; (in press).
76. 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; pp. 64-69.
77. Sourouzian H., Stadelmann R., "Three seasons of work at the temple of Amenhotep III at Kom el Hettan 3; works in the dewatered area of the peristyle court and the hypostyle hall. *ASAE* 80: 2006; pp 87-401.
78. Strabo, 1854–1857, book 17, v. 3, chap. 1, para. 46, pp. 261–262.
79. Vega P. Gracia, Jose' Antonio Canas, Lluís G. Pujades, Jaume Clape's, Oriol Caselles, Francesc Garcia, Raul Osorio. «GPR survey to confirm the location of

ancient structures under the Valencian Cathedral _Spain/ Elsevier Science», Journal of Applied Geophysics 43; 2000; pp. 167–174.

80. Wyatt, D. E., and T. J. Temples, «Ground-penetrating radar detection of small-scale channels, joints and faults in the unconsolidated sediments of the Atlantic coastal plain: Environmental Geology», doi:10.1007/BF00770435v. 27, 1996; pp. 219–225.
81. Zhao, W., Forte, E., Pipan, M. and Tian, G. «Ground penetrating radar (GPR) attribute analysis for archaeological prospection». Journal of Applied Geophysics 97: 2013; pp. 107-117.

Հաշվետվություններ

82. Գևորգյան Մ., Իգիթյան Հ., Սահակյան Է. «ԼՂՀ Շուշիի Քարին Տակ քարանձավի ուսումնասիրություններ գեոռադարային GPR մեթոդով», ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտ, Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2017:
83. Կարախանյան Ա., Բաղդասարյան Հ., Թոգալակյան Պ., Դուրգարյան Ր., Ավանեսյան Մ., Գևորգյան Մ., Բաբայան Ս., Սիմոնյան Մ. «Դիլիջան քաղաքում Կենտրոնական բանկի վարչական շենքի տեղամասի և հարակից տարածքի ինժեներաերկրաբանական ուսումնասիրություններ» ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտ, Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2010:
84. Կարախանյան Ա., Բաղդասարյան Հ., Դուրգարյան Ր., Ավանեսյան Մ., Գևորգյան Մ., Բաբայան Ս. «Մ-6 Վանաձոր-Ալավերդի-Վրաստանի սահման ա/ճ 82-րդ կմ սողանքային հատվածի երկրաբանահետազոտական աշխատանքներ»; “Գեոդիսկ” գիտահետազոտական ընկերություն; Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2012:

85. Կարախանյան Ա., Բաղդասարյան Հ., Առաքելյան Ա., Դուրգարյան Ռ., Գևորգյան Մ., Բաբայան Ս. «Գեղանուշի պոչամբարի ինժեներա-երկրաբանական և երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություններ» ԳԵՈՌԻՍԿ Գիտահետազոտական ընկերություն; Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2014:
86. Կարախանյան Ա., Դուրգարյան Ռ., Գևորգյան Մ., Բաբայան Ս., Առաքելյան Ս., Մկրտչյան Ա., Բաղդասարյան Հ., Բաբայան Հ. «Կապան-Շահումյան Բանավանի փլուզման գոտու ուսումնասիրությունները» ԳԵՈՌԻՍԿ Գիտահետազոտական ընկերություն; Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2014:
87. Կարախանյան Ա., Բաղդասարյան Հ., Դուրգարյան Ռ., Գևորգյան Մ., Բաբայան Ս., Առաքելյան Ս. «Լանջի կայունության գնահատում և էրոզիայի վերահսկում DPMK հին կամ չօգտագործվող թափոնակույտերի տարածքներում: Վերականգնում և հողաբարելավում»; ԳԵՈՌԻՍԿ Գիտահետազոտական ընկերություն; Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2014:
88. «ՀՀ Շիրակի մարզի Գյումրի քաղաքի և Տավուշի մարզի Իջևան քաղաքի առանձնացված տեղամասերի բարձրավոլտ էլեկտրական մալուխների խորությունների բացահայտման նպատակով կատարված գեոռադարային հանույթի» Գեոռիսկ գիտահետազոտական ընկերություն; Երևան 2014:
89. “ՀՀ Շիրակի մարզի Առափի և Տավուշի մարզի Գետահովիտ համայնքների սողանքային տեղամասերի հետազոտություններ” Գեոռիսկ Գիտահետազոտական ընկերություն; Վերջնական հաշվետվություն, Երևան, 2015:
90. Մինասյան Ռ., Մարկոսյան Գ., Հակոբյան Յու. «Եղվարդի «Զորավար» տաճարի տարածքի երկրաֆիզիկական հետազոտություն», Հաշվետվություն, Երևան, 1999:

91. «Քարքարի տեղանքում իրականացված եռաչափ (3D) ՄՏ, ծանրաչափական և CO₂ հանույթների անկախ մեկնաբանություն», ԳԵՈՌԻՍԿ Գիտահետազոտական ընկերություն: Ծրագիր GEF-CS-4/2008, Ավարտական հաշվետվություն, Երևան 2012 թ., 196 էջ:
92. Gevoryan M., Igityan H., Sahakyan E., Balasanyan S. “The GPR Survey For Identifying Underground Utilities For The Future Construction of the Argavand-Shirak Road”. Report ; Yerevan, 2016.
93. “Ground Penetrating Radar Study at the Karkar Geothermal Site, Armenia”; Georisk Scientific Research CJS Company; Final Report; Yerevan 2014.

Համակարգչային ծրագիր

94. Radan 6.5 Software: The Most Advanced GPR Data Processing software. The world leader in Subsurface Imaging. Geophysical Survey Systems, Inc., 2007.
<http://www.geophysical.com/software.htm>