

“ԳԵՈՌԻՄԿ” ԳԻՏԱՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԸՆԿԵՐՈՒԹՅՈՒՆ

**Քարքարի տեղանքում իրականացված եռաչափ
(3D) ՄՏ, ծանրաչափական և CO₂ հանույթների
անկախ մեկնաբանություն**

Ծրագիր GEF-CS-4/2008

Ավարտական Հաշվետվություն

Երևան - 2012թ.

Բովանդակություն

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	4
Մաս I. ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՇՏԵՄԱՐԱՆՆԵՐԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ ԵՎ ՔՆՆԱԴԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	6
1. ԵՐԿՉԱՓ /2D/ ԵՎ ԵՌԱՉԱՓ /3D/ ԱՏՀ ՁԵՎԱՉԱՓԵՐՈՎ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՇՏԵՄԱՐԱՆԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄԸ ԸՍՏ ՁԵՐՄԱՂԲՅՈՒՐ/ՔԱՐՔԱՐ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐՈՒՄ 1988-89Թ ԵՎ 2004Թ ԿԱՏԱՐՎԱԾ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ	7
Ներածություն.....	7
1.1. 2004թ ՄՏ, ծանրաչափական և մագնիսաչափական հետազոտությունների արդյունքները.....	8
1.2. 1988-89 թվականների սեյսմիկ և ծանրաչափական հետազոտությունների արդյունքները	10
1.3. Թիվ 4 Հորատանցքի հորատման և նրա ուսումնասիրման արդյունքները	11
1.4. 1998-89 և 2004 թվականների կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների արդյունքները.....	13
2. “ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱԶԵՐՄԱՅԻՆ ԾՐԱԳԻՐ GEF Grant # TF: 092563” ՇՐՋԱՆԱԿՆԵՐՈՒՄ ԿԱՏԱՐՎԱԾ ԾՐԱԳՐԵՐՈՎ ՍՍՏՅՎԱԾ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ՇՏԵՄԱՐԱՆԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄԸ ԱՏՀ ՁԵՎԱՉԱՓՈՎ;.....	13
2.1. 2009 թ կառուցվածքաերկրաբանական և հրաբխագիտական հետազոտությունների արդյունքները.....	14
2.2. 2009թ 2D ՄՏ և ԱԷՄ /TEM/ հանույթների արդյունքները	15
2.3. 2011թ 3D ՄՏ, ծանրաչափական, ինչպես նաև CO ₂ գազի հանույթների արդյունքները.....	16
3. 1988-89, 2004, 2009 ԵՎ 2011 ԹՎԱԿԱՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՔՆՆԱԴԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ԱՏՀ 2D ԵՎ 3D ՁԵՎԱՉԱՓԵՐՈՎ.....	16
3.1. 2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ տվյալների համադրությունը և քննադատական վերլուծությունը.....	16
3.1.1. 2004 թ, 2009թ և 2011թ ՄՏ հանույթների համադրելիության գնահատումը 2D և 3D ԱՏՀ ծրագրերի կիրառմամբ (կատարող՝ “Գեոդիսկ” ընկերություն)	17
3.1.2. Համեմատելով ՄՏ տվյալների գրանցման տեղադիրքերը 2004, 2009 և 2011թ ՄՏ հանույթների ժամանակ	18
3.1.2.1. ՄՏ հանույթների մեկնաբանություններում օգտագործվող թվային մոդելավորումը	19
3.1.2. 2. 3D (“Վեստերն Ջիկո”, 2011թ) և 2D («Գեոդիսկ»/ՀՖՀ, 2009թ) ինվերսիայի մոդելների համեմատությունը	20
3.1.2. 3. Կտրվածք WE 1.....	21
3.1.2.4. Կտրվածք WE 3.....	22
3.1.2.5. Այլ դիտողություններ և վերլուծություն 3D մոդելի վերաբերյալ	22
3.2. 1988-89, 2004 և 2009 թվականների կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների համեմատությունը և քննադատական վերլուծությունը	23
3.2.1. Խզվածքների արտահայտվածությունը մորֆոստրուկտուրաներում և ռելյեֆում ըստ հեռազննման տվյալների և ԲԹՄ-ի վերլուծության	24
3.2.2. Խզվածքների արտահայտվածությունը մորֆոկառուցվածքում և մակերևութային երկրաբանական կառուցվածքում ըստ դաշտային աշխատանքների տվյալների	27
3.2.3. Խզվածքների արտահայտվածությունը խորքային երկրաբանական կառուցվածքում ըստ 1988-89, 2004 և 2009 թվականների երկրաֆիզիկական հետազոտությունների	28
3.2.4. ԻԳԻՄ-ի կոամից 2004թ կատարված ուղեգծային ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթ.....	29
3.2.5. 2004թ 2D ՄՏ հանույթի տվյալները	29
3.2.6. 1988 և 2004 թվականների կառուցվածքային մոդելների համադրությունը և քննադատական	30

վերլուծությունը	79
Մաս II. ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ, ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԵՎ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԱՅԻՆ ՍՈՂԵԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ	80
1. ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ՍՈՂԵԼ. ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄ	80
2. ՄՏ ՍՈՂԵԼԸ. ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ.....	83
3. ԾԱՆՐԱՋԱՓԱԿԱՆ ՍՈՂԵԼ: ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ:.....	89
3.1. Ներածություն.....	89
3.2. Ծանրաչափական տվյալներ	90
3.3. Ծանրաչափական ձևափոխումները	90
3.4. Ծանրաչափական գերադասելի (առաջադեմ) մոդել	94
3.5. Ծանրաչափական ինվերսիա	94
3.6. Ծանրաչափական Մոդելի Արդյունքներ	95
4. ՀԻԴՐՈՋԵՐՄԱՅԻՆ ՍՈՂԵԼ: ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	96
4.1. Հիդրոջերմային մոդելի հիմքը	98
4.2. Մոդելի դրամներ	98
4.3. Հայեցակարգային մոդելը	98
4.4. Մոդելի ընտրությունը	99
4.5. Դիսկրետավորում /Ընդհատավորում/	101
4.6. Սահմանային դրույթների որոշումը	101
4.7. Հատկությունների նկարագրությունը	103
4.8. Մոդելային սցենարներ	104
4.9. Մոդելի արդյունքները	105
4.9.1. Սցենար A.....	105
4.9.2. Սցենար B.....	105
4.10. Քննարկումը	106
5. ԲՈԼՈՐ ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ՍՈՂԵԼՆԵՐԻ ՀԱՄԱԴՐՈՒՄԸ, ՀԱՄԱՏԵՂ ՄԵԿՆԱԲԱՆՈՒՄԸ ԵՎ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԱՅԻՆ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ	107
5.1. Մոդել A – Ջերմության դիֆուզային աղբյուր.....	109
5.2. Մոդել B – Ջերմության տեղական աղբյուր	112
5.3. Հայեցակարգային մոդել.....	116
5.3.1. Տարածաշրջանային մոդել Սյունիքի շրջանի համար	116
5.3.2. Տեղական մոդել Քարքարի տեղամասի համար	119
5.3.3. Հետախուզական հորի հորատման տեղի ընտրությունը	121
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ.....	124
ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	128
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ.....	172
Հավելված 1.....	174

Ներածություն

Այս աշխատանքը կատարվել է “Հայաստանի Երկրաջերմային Ծրագիր GEF Դրամաշնորհ#TF:092563” նախագծի շրջանակներում: Նախագծի տվյալ փուլի տեխնիկական առաջադրանքով նախատեսվել էին հետևյալ երկու խնդիրները.

“Խնդիր 1: Մեկնաբանությունը կատարելու նպատակով Խորհրդատուն պետք վերլուծելու է Քարքարի տեղամասում իրականացված Փուլ 2-ի հետազոտությունները, ներառյալ 3D ՄՏ երկրաֆիզիկական հանույթների, ծանրաչափական և CO₂ գազի հանույթների տվյալները: Վերլուծությունը հիմնված կլինի ՄՏ ստանդարտ ձևաչափով՝ թվային համասեռ շերտերից կամգավարված շտեմարանի վրա, ինչը թույլ կտա հեշտությամբ համադրել տարբեր տեսակի տեղեկություններ՝ տեղագրությունը, երկրաբանությունը, հիդրոքիմիան և երկրաֆիզիկան:

Խնդիր 2: Վերլուծության արդյունքների հիման վրա Խորհրդատուն պետք է նույնացնի և մանրամասնությամբ հիմնավորի հնարավոր երկրաջերմային շերտերի և մեկուսիչ շերտերի ենթադրվող ներկայությունը (կամ բացակայությունը) Քարքարի տեղամասում, գնահատի նրանց հզորությունները և տեղադրման խորությունները:

Մեկնաբանության արդյունքներից ելնելով, Խորհրդատուն որոշելու է հետագա մանրամասն հետազոտությունների տեղամասը Քարքարի երկրաջերմային դաշտի սահմաններում, ընդուպ և ներառյալ հորատանցքերի հորատման տեղադիրքերի որոշումը, կամ ներկայացնելու է ամրապնդված հիմնավորում՝ հետագա ուսումնասիրման համար տեղանքը ոչ հեռանկարային համարելու համար:”

Չնայած այն, որ տեխնիկական առաջադրանքով նախատեսվում էր մեկնաբանել միայն նախագծի երկրորդ փուլը, այդ թվում՝ “Վեստերն Ջիկո” ընկերության կողմից 2011թ իրականացված՝ 3D մագնիսատելուրային, ծանրաչափական և CO₂ գազի հանույթները, այս առաջադրանքի կատարողները որոշեցին էապես ընդլայնել մեկնաբանվող տվյալների ցանկը: Այդ որոշումը պայմանավորված է եղել Քարքար տեղամասի համար առավել մանրամասն և անաչառ մեկնաբանություն ստանալու ցանկությունով, ինչպես նաև այն նպատակով, որպեսզի առավել հիմնավորված լինի մեր ընտրությունը՝ հորատել թե՛ չհորատել հետախուզական հորը և եթե հորատել, ապա որտեղ: Դրանից ելնելով, վերևում թվարկվող 2011թ աշխատանքների արդյունքներից բացի, մեր կողմից մեկնաբանված տվյալների շարքում ներառվել են.

1. 1988 – 1989 թվականներին կատարված երկրաբանական և երկրաֆիզիկական հետազոտությունների տվյալները;
2. 2004թ իրականացված 2D ՄՏ հանույթի, ծանրաչափական, մագնիսաչափական և երկրաբանական հետազոտությունների տվյալները;
3. “Հայաստանի Երկրաջերմային Ծրագիր GEF Դրամաշնորհ # TF:092563” նախագծի Փուլ 1-ի շրջանակներում 2009թ իրականացված 2D ՄՏ հանույթի և երկրաբանական հետազոտությունների տվյալները;

4. 2007-2009 թվականներին ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների /ԵԳԻ/ Ինստիտուտի կողմից իրականացված ապարագիտական, գեոքիմիական և իզոտոպային ուսումնասիրությունների տվյալները:

Ներկայացվող ավարտական հաշվետվությունը կազմված է երկու մասից: Մաս 1-ը անվանավում է “Տվյալների շտեմարանների ստեղծումը և քննադատական վերլուծությունը”, իսկ Մաս 2-ը՝ “Տվյալների մեկնաբանությունը, կառուցվածքային և հայեցակարգային մոդելների մշակումը”:

Ավարտական հաշվետվությունը և իրականացված մեկնաբանությունը կատարվել են երկու խմբերի կողմից՝ Հայաստանի հանրապետությունից և ԱՄՆ-ից: Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանը նախապատրաստել է այս Ավարտական Հաշվետվության հետևյալ բաժինները. Գլուխ 4.1.2 “Համեմատելով ՄՏ տվյալների գրանցման տեղադիրքերը 2004, 2009 և 2011թ ՄՏ հանույթների ժամանակ”, Գլուխ 3-ը “Ծանրաչափական մոդելը, տվյալների մեկնաբանություն և մոդելի մշակում”, Գլուխ 4-ը “Հիդրոջերմային մոդելը, տվյալների մեկնաբանություն և մոդելի մշակում”: Մնացած բոլոր բաժինները պատրաստվել են “Գեոքիմիկ Գիտահետազոտական” ՓԲԸ-ի կողմից ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների Ինստիտուտի փորձագետների և խորհրդատուների՝ դոկտոր Ռ.Ա. Միրիջանյանի, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ՝ պրոֆ. Ռ. Լ. Մելքոնյանի և ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս՝ Ռ.Տ. Ջրբաշյանի մասնակցությամբ:

Երախտագիտության խոսք

“Գեոքիմիկ Գիտահետազոտական” ընկերությունը հայտնում է իր երախտագիտությունը ծրագրի կատարման մեջ ընգրկված՝ “ԳԵՈՌԻՄԿ”-ի և Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի բոլոր մասնակիցներին:

“Գեոքիմիկ Գիտահետազոտական” ընկերությունը շնորհակալ է ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՎՈՂ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԷՆԵՐԳԱԽՆԱՅՈՂՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ-ի գրասենյակի աշխատակիցներին՝ տիկին Թամարա Բաբայանին և Զարուհի Ղարազյոզյանին աշխատանքների կատարման ընթացքում ցուցաբերած մշտական աջակցության համար:

“Գեոքիմիկ Գիտահետազոտական” ընկերությունը շնորհակալություն է հայտնում նախագծի փորձագետ՝ դոկտոր Արկադի Կարախանյանին՝ ծրագրի իրականացման և հաշվետվության պատրաստման ժամանակ արժեքավոր դիտողությունների և օգնության համար:

Մաս I

Տվյալների շտեմարանների ստեղծում և քննադատական վերլուծություն

Մաս 1. Տվյալների շտեմարանի ստեղծում և քննադատական վերլուծություն

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը գտնվում են կողք-կողքի և ընդգրկում են ընդհանուր երկրաջերմային ներուժ ներկայացնող՝ միասնական երկրաբանական կառույց (Նկար 1. 1):

Ուստի Քարքարի տեղանքում ստացված տվյալների մեկնաբանության նպատակներից ելնելով, անհրաժեշտ է եղել օգտագործել նաև այն տվյալները, որոնք հավաքագրվել էին անցյալում՝ Ջերմաղբյուրի տեղամասում իրականացված երկրաջերմային ուսումնասիրությունների ժամանակ:

Տվյալների շտեմարանների ստեղծման և տվյալների քննադատական վերլուծության պրոցեսն իր մեջ ընդգրկել է.

- Երկչափ /2D/ և եռաչափ /3D/ ձևաչափերով՝ ԱՏՀ համակարգում՝ տվյալների մեկնաբանության շտեմարանի ստեղծումը ըստ Ջերմաղբյուր/Քարքար տեղամասերում անցած տարիներին կատարված ուսումնասիրությունների,
- Երկչափ /2D/ և եռաչափ /3D/ ձևաչափերով՝ ԱՏՀ համակարգում՝ տվյալների մեկնաբանության շտեմարանի ստեղծումը ըստ Ընկերության կողմից 2009-2011 թվականներին “ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ԾՐԱԳԻՐ *GEF Grant # TF: 092563*” շրջանակներում կատարված աշխատանքների;
- Երկչափ և եռաչափ ձևաչափերով 2009թ և նախորդ տարիների ուսումնասիրությունների ժամանակ հավաքագրված տվյալների համեմատությունն ու քննադատական վերլուծությունը:

1. Երկչափ /2D/ և եռաչափ /3D/ ԱՏՀ ձևաչափերով տվյալների մեկնաբանության շտեմարանի ստեղծումը ըստ Ջերմաղբյուր/Քարքար տեղամասերում 1988-89թ և 2004թ կատարված ուսումնասիրությունների

Քարքարի տեղամասի տվյալների մեկնաբանության և նրա երկրաջերմային ներուժի գնահատման համար չափազանց կարևոր է ընտրել առավել նշանակալից և հավաստի տվյալներ անցած տարիների հետազոտություններից և ստեղծել տվյալների շտեմարան ԱՏՀ ձևաչափով: Նախորդ տարիներում իրականացված հետազոտությունների բոլոր արդյունքներից ընտրվեցին հետևյալները՝ ելնելով հետագա մեկնաբանության համար նրանց կարևորությունից.

- 2004թ ՄՏ, ծանրաչափական և մագնիսաչափական հետազոտությունների արդյունքները;
- 1988-89 թվականների սեյսմիկ և չանրաչափական հետազոտությունների արդյունքները;
- Թիվ 4 Հորատանցքի հորատման և նրա ուսումնասիրման արդյունքները;
- 1998-89 և 2004 թվականների կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների արդյունքները:

Բոլոր վերևում թվարկված հետազոտությունների տվյալները թվայնացվել են և մուտքագրվել են ԱՏՀ ձևաչափով տվյալների շտեմարանի մեջ: Քանի որ 1988-89 և 2004թ հետազոտությունների տվյալներով հաշվետվությունները ներկայացվել էին ռուսերեն լեզվով, այստեղ մենք կբերենք այն հիմնական տվյալները, որոնք հետագայում կօգտագործենք 2009-2011թթ “ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ԾՐԱԳԻՐ *GEF Grant # TF: 092563*” շրջանակներում կատարված ծրագրերի տվյալների մեկնաբանության համար:

1.1. 2004թ ՄՏ, ծանրաչափական և մագնիսաչափական հետազոտությունների արդյունքները

Մագնիսատելուրային զոնդավորումը իրականացվել է 2004թ Մոսկվայի “Նորդ-Վեստ” ընկերության կողմից՝ Ջերմադրյուրի տեղամասում՝ ՀՀ ԳԱԱ Գեոֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմոլոգիայի ինստիտուտի */այսուհետ՝ ԻԳԻՄ/* հետ կնքված ենթապայմանագրի շրջանակներում: ՄՏ զոնդավորումը */խորագնումը/* կատարվել էր MTU-5 և MTU-5A («Phoenix Geophysics Ltd», Կանադա) սարքավորումների օգտագործմամբ: Իրականացվել էր հանույթ՝ 2 կարճ և 2 երկար պրոֆիլներով */այսուհետ՝ ուղեգծերով/*, որոնց ընդհանուր երկարությունը կազմել էր 17.7 կմ: Տարածությունը կետերի միջև եղել է 100-ից 400 մ, կետերի ընդհանուր քանակը՝ 172: Ջերմադրյուրի տեղամասի երկրաչափական ուրվագիծը և ուղեգծերի տեղադիրքը ներկայացված են Նկար 1.2-ում: ՄՏ հանույթի 1-ին և 2-րդ ուղեգծերի երկայնքով իրականացվել էին մանրամասն ծանրաչափական և մագնիսաչափական չափումները, որոնց արդյունքները կօգտագործվեն մեկնաբանության համար: Մեկնաբանության համար առավել հետաքրքիր են 1 և 2 Ուղեգծերով հավաքագրված՝ ՄՏ խորագնման արդյունքները: Նկար 1.3-ը ներկայացնում է ՄՏ խորագնման կետերի համարակալումը, իսկ Նկարներ 1.4-ում և 1.5-ում ներկայացված են 1 և 2 Ուղեգծերով կառուցված՝ գեոէլեկտարական կտրվածքները */հատույթները/*՝ 2 և 4 կմ խորությունների համար¹: Նկար 1.6-ը ներկայացնում է գեոէլեկտրական կտրվածքները 1 և 2 Ուղեգծերով՝ 20 կմ և 10 կմ խորությունների համար:

ԻԳԻՄ-ի 2004թ հաշվետվությունում ներկայացված ՄՏ խորագնման արդյունքների մեկնաբանության հիման վրա առանձնացվել էին 5 գոտիներ:

Շերտ 1 – Տեղադրման խորությունը 0-400 մ է: Շերտը ներկայացված է բարձր դիմադրողականությամբ հրաբխային ապարներով՝ դիմադրության Օմ/մետրերի արժեքներով առաջին հազարների սահմաններում (Նկարներ 1.4 և 1.5): Գոտին մեկնաբանվել էր իբրև ջերմամեկուսիչ էկրան, որը երկրաջերմային ռեզերվուարում ծառայում է ջերմության և ջերմակրի կուտակման համար:

Շերտ 2 - Տեղադրման խորությունը 400-1200 մ է: Դա անոմալ փոքր դիմադրության հորիզոն է (40-60 Օմ×մ) (Նկարներ 1.4, 1.5): Երկրորդ շերտի ցածրագույն դիմադրությունները (մինչև առաջին Օմ×մետրեր արժեքներով) և նրա առավելագույն

¹ Նկար 5-ում Ուղեգիծ 2-ի համար կողմնորոշումը փոխված է Արմ.-Արլ.-ից Արլ.-Արմ.-ի: Համեմատելի պատկերներ ստանալու համար հետագայում 2004թ N2 ուղեգիծը և 2009թ ուղեգիծը միշտ կողմնորոշվելու են այնպես, որպեսզի մենք նրանք նայենք հյուսիսից-հարավ ուղղությամբ:

հզորությունը բնորոշ են 1-ին Ուղեգծի հարավային մասի համար (կետեր NN 50-58) և 2-րդ Ուղեգծի ծայրահեղ արևելյան մասի համար (կետեր NN 28-30): Այս հորիզոններում ապարների փոքր դիմադրությունները ԻԳԻՍ-ի 2004թ հաշվետվությունում մեկնաբանվել էին որպես ապարների ճեղքերի և ծակոտիների ենթադրյալ հագեցում բարձր ջերմաստիճան ունեցող հանքայնացված ջրերով: Ենթադրվել էր, որ այդ ջուրը՝ գազով տաքացված՝ գալիս է մեծ խորություններից:

Շերտ 3 – Տանիքի տեղադրման խորությունը 2 000 – 3 000 մ է: Ծովի մակերևույթից 2000 մ բացարձակ նիշից սկսած՝ ապարների դիմադրությունը աստիճանաբար մեծանում է, իսկ մոտավորապես 3 կմ խորության վրա գտնվում է գեոէլեկտրական մի սահման, որը համապատասխանում է բարձր դիմադրությամբ հիմք հորիզոնի վերևի մակերեսին (Սկարներ 1.4, 1.5): Ուղեգիծ 1-ում 1.5-2 կմ խորությունների վրա գրանցվում են համեմատաբար ավելի ցածր դիմադրությունով երկու գոտի՝ NN 21-35 և 46-56 կետերի մոտ:

Այդ անոմալիաների հստակ սահմանների որոշումը բարդ է, քանի որ նրանց թաքցնում է /էկրանավորում է/ վերևի հաղորդիչ հորիզոնը: Հնարավոր է, որ այդ անոմալային գոտիները տարածականորեն համընկնում են 1988թ հայտնաբերված սեյսմիկ անհամասեռությունների հետ:

Շերտ 4 - Տեղադրման խորությունը 10 000 – 20 000 մ է: ՄՏԽ մեկնաբանության հիման վրա գեոէլեկտրական կտրվածքները Ուղեգիծ 1-ով կառուցվել էին մինչև 20կմ խորությունների համար, իսկ Ուղեգիծ 2-ով՝ մինչև 10 կմ խորությունը (Սկար 1.6): Ներքին հաղորդիչ շերտը բարձր դիմադրությունով հիմքի տակ հայտնաբերվում է մոտ 20 կմ խորություններում: Նրա տանիքը բարձրանում է հետազոտված մակերեսի հարավ-արևելքում և հյուսիս-արևելքում: ԻԳԻՍ-ի 2004թ հաշվետվությունում՝ համեմատաբար փոքր դիմադրությունների գոտու ներկայությունը բարձր դիմադրությունով հիմքի մեջ՝ 2-րդ Ուղեգծի NN 28-30 կետերի և 1-ին Ուղեգծի NN 53-58 կետերի մոտ՝ մեկնաբանվում է որպես ենթա-ուղղահայաց հաղորդիչ գոտու առակայություն, որի միջով հոսում են հոսանքները վերևի հաղորդիչից և որտեղ տեղի է ունենում մագնիսական դաշտի նորմալացումը:

ԻԳԻՍ-ի հաշվետվությունում (2004թ) արվում է հետևյալ եզրակացությունը.

1. 2004թ ՄՏ հանույթի տվյալների հիման վրա, Ջերմադրյուր աղբյուրի շուրջ գրանցվում է անոմալ փոքր դիմադրությունով (40-60 Օմ×մ) հորիզոնի տարածման գոտի, որի մեծ հաղորդունակությունը ենթադրաբար կապված է բարձր ջերմաստիճան ունեցող, հանքայնացված ջրերի ներկայության հետ: Փոքր դիմադրությամբ այդ գոտու չափերը մեծ չեն (~ 400-500 մ տրամագծում) և նա արդեն չի գրանցվում ~ 800 մետր խորության վրա:
2. Ըստ 2004թ ՄՏ հանույթի տվյալների 1 000 և 1 500 մետր խորությունների վրա առանձնանում են համեմատաբար փոքր դիմադրությամբ երկու գոտի (Սկարներ 1.4, 1.5 և 1.7):
 - a. Առաջինը՝ դա սուբլայնութենական գոտի է, որը հատում է 1-ին Ուղեգիծը ՄՏԽ NN 25-35 կետերի շրջանում:
 - b. Երկրորդը՝ գտնվում է ՄՏԽ NN47-55 կետերի շրջանում՝ 1-ին Ուղեգծի վրա:

3. Դատելով ԻԳԻՄ-ի հաշվետվությունում բերված քարտեզից, առաջին գոտու առավելագույն չափերը կարող են համապատասխանել 2x1.2 կմ-ին, իսկ երկրորդ գոտու չափերը՝ 2x1 կմ-ին: ԻԳԻՄ-ի հաշվետվությունում նշվում է, որ այդ անոմալային գոտիներում դիմադրությունները արդեն այնքան փոքր չեն, ինչքան Ջերմադրյուր աղբյուրի գոտու շրջանում (100 - 1 200 Օմxմ) և ուժեղ էկրանավորվում են վերևում տեղադրված շերտով, որն ունի գումարային մեծ հաղորդունակություն:
4. Առաջին Ուղեգծում (NN 37-47 կետեր) և երկրորդ Ուղեգծում (NN 11-19 կետեր) առանձնանում են եռաչափ անհամասեռություններ, որոնք ունեն բարձր դիմադրություն և կարող են մեկնաբանվել իբրև ինտրուզիայի ապարներ (Նկար 1.8):
5. Երկրորդ շերտի ամենացածր դիմադրությունները (մինչև առաջին Օմxմ արժեքներով) և շերտի ամենամեծ հզորությունը բնորոշ են Ուղեգիծ 1-ի հարավային հատվածի համար (կետեր NN 50-58) և Ուղեգիծ 2-ի հյուսիսարևելյան հատվածի համար (կետեր NN 28-30): Այս հորիզոններում ապարների ցածր դիմադրությունները ենթադրաբար պայմանավորված են բարձր ջերմաստիճան ունեցող հանքայնացված ջրերով ապարների ճեղքերի և ծակոտիների հագեցումով: Ըստ երևույթին, գազով տաքացված այդ ջուրը գալիս է մեծ խորություններից (Նկարներ 1.4, 1.5, 1.9):
6. Այդ տեղամասերում, 7-8 կմ խորությունների վրա առանձնացվում է ենթա-ուղղահայաց հողորդիչ գոտի, որը՝ Երկրորդ Ուղեգծի ՄՏ N 27-30 կետերի շրջանում՝ միանում է վերին հողորդիչ հորիզոնի հետ (Նկարներ 1.6 և 1.10): ԻԳԻՄ-ի 2004 հաշվետվության տվյալների համաձայն՝ հայտնաբերված անոմալային գոտու երկրաբանական բնույթը հարկավոր է հաստատել հետագա ուսումնասիրությունների միջոցով: Այնուամենայնիվ, Քարքարի խմբին պատկանող հրաբխային կենտրոնների կանոնավոր տեղադիրքերը այդ գոտու սահմաններում թույլ են տալիս ենթադրել, որ նշված գոտին հանդիսանում է մագմատար (հեղուկատար) անցուղի, որը միացնում է ստորին (հենքային) գեոէլեկտրական հորիզոնը (h=10-25 կմ) վերին հրաբխածինանստվածքային շերտի հետ (h = 3 կմ):

1.2. 1988-89 թվականների սեյսմիկ և ծանրաչափական հետազոտությունների արդյունքները

Վերին Որոտանի մակերեսով սեյսմիկ հետազոտությունները 1984-85 թվականներին իրականացվել էին չորս ուղեգծերով: Ուղեգիծների տեղադիրքերը ներկայացված են Նկար 1.11-ում: Այնուհանդերձ Ուղեգիծների տեղադիրքը լուրջ հարցեր է առաջացնում: PR85/16 Ուղեգծի հարավարևելյան կողմը 6 կմ տարածության վրա հատում է Հոլոցենի դարաշրջանի լավային հոսքերը: Հոլոցենի լավայի հոսքերը շատ դժվարանցանելի են նույնիսկ այն մարդու համար, ով ունի լեռնագնացության հմտություններ, և անհնար է պատկերացնել, որ այդ տարածքով հաջողվել էր ուսումնասիրել սեյսմիկ ուղեգիծ և տեղադրել սեյսմիկ շարք ընդունիչներով: Նույնը վերաբերում է PR85/15 և PR85/14 Ուղեգծերի հարավարևելյան կողմերին: Ըստ երևույթին,

ինչպես և 2004թ ՄՏ Ուղեգծերի երկրաչափական ուրվագծի դեպքում, ուղեգծերի փաստացի տեղադիրքը ընդհանրացվել էր և ներկայացվել էր կատարյալ ուղիղ գծերի տեսքով, առանց կոորդինատների նշման (Նկար 1.11):

Սեյսմիկ լուսադիտարկման տվյալների օգնությամբ հայտնաբերվել էին փոքր արագություններով երկու անհամասեռություններ. առաջինը՝ Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրի շրջանում, իսկ երկրորդը՝ Քարքարի հրաբխային խմբի շրջանում (Նկար 1.11): Այդ անհամասեռությունները գտնվում են բեկման սահմանից բարձր, որի խորությունն է 2.0-2.5 կմ:

Ջերմադրյուրի անհամասեռությունը ընդգրկում է նաև Քարքարի տեղամասի Հարավ-Արևմտյան կողմը և իրենից ներկայացնում է էլիպսաձև մարմին, որը գտնվում է մոտ 1500 մ խորության վրա: Մարմնի լայնակի հորիզոնական չափերը կազմում են 2 500-3 500 մ հարավ-արևմտյան ուղղությամբ և ոչ պակաս քան 6 000 մ հյուսիս-արևելյան ուղղությամբ (Նկարներ 1.11 և 1.12):

Երկրորդ անհամասեռությունը գտնվում է Քարքարի տեղամասի հարավային կողմում և պարունակում է հյուսիս-արևելյան ուղղությամբ ձգված անհամասեռ մարմին 1800 մ խորության վրա (Նկարներ 1.11, 1.12): Նրա լայնակի հորիզոնական չափերը համապատասխանում են 3000-4000 մ հյուսիս-արևմտյան և ոչ պակաս քան 5000-5500 մ հյուսիս-արևմտյան ուղղություններով:

Հայտնաբերված երկու սեյսմիկ անհամասեռություններն էլ իրենցից ներկայացնում են մարմիններ, որոնց մեջ արագությունները կտրուկ նվազում են պարփակող միջավայրին համեմատ, իսկ այդ անհամասեռությունները կազմող նյութը բնորոշվում է ավելի մեծ մարման գործակցով: 1989-2004 թվականների աշխատություններում ենթադրվում էր, որ իրենց սեյսմիկ հատկանիշներով այդ մարմինները կարող են համապատասխանել մակերևույթին մոտ գտնվող մագմային խուցերին, լցված դեռ չսառչած նյութով:

Յանիկյանը իր համահեղինակների հետ (1988) Ջերմադրյուրի, Քարքարի և հարակից շրջաններում իրակացրել էր մանրամասն գրավիմետրական հանույթ 1:50 000 մասշտաբով: Այդ աշխատանքի արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն մեկնաբանության կատարման և տարածաշրջանի երկրաջերմային ներուժի հայեցակարգային մոդելի կառուցման համար:

1.3. Թիվ 4 Հորատանցքի հորատման և նրա ուսումնասիրման արդյունքները

1988 թվականին հորատվել է 1 կմ խորությամբ N4 Հորատանցքը: Հորատանցքը գտնվում է Քարքար տեղամասի Հարավ-Արևմտյան անկյունում (Նկար 1.13): Հորատանցքի կտրվածքի նկարագրությունը (ԻԳԻՄ-ի հաշվետվություն, 2004թ) ներկայացված է Աղյուսակ 1-ում:

Միջակայք, մ	Ապարների տեսակ
< 17	Ալյուվիալ- դելյուվիալ, գլաբարային-ճալաբարային նստվածքներ
17 – 70	Վերին Չորրորդական (Հոլոցենային) անդեզիտ բազալտներ՝ մուգ մոխրագույնից սև գույնի, խիտ և խոշոր
70 – 78	Ալյուվիալ-դելյուվիալ նստվածքներ տարբեր ապարների բեկորներով
78 – 123	Միջին Պլեյստոցենի անդեզիտ-բազալտներ, մուգ մոխրագույն, խոշոր, ավելի հազվադեպ՝ խորշավոր
123 – 1000	Քվարց մոնցոնիտներ, գրանոսիենիտներ, մոխրագույն, խոշոր

Մեկնաբանության համար մեծագույն հետաքրքրություն են ներկայացնում քվարց-մոնցոնիտները և գրանոսիենիտները, որոնք հատվել են հորի մեջ 123 - 1 000 մետրերի միջակայքում: Այդ ինտրուզիվ ապարները դրսևորում են հատիկավոր հիպիդիոմորֆային կառուցվածք: Միներալաբանական կազմը ներկայացված է պլագիոկլազով, կալիսպաթով և քվարցով, մուգ գույնի միներալներից դիտվում են կլինոպիրոքսենը և բիոտիտը: Լեյկոկրատային /սպիտակավուն/ միներալների կազմում քանակապես գերակշռում է պլագիոկլազը, իսկ քվարցը կազմում է ընդհանուր զանգվածի մինչև 10-12%:

Հորի կեոնի /հանուկի/ նյութի հիման վրա (620-ից մինչև 865 մ) որոշվել են ապարների ջերմաֆիզիկական պարամետրերը (ջերմահաղորդականություն, ջերմաստիճանահաղորդականություն և ջերմաստիճանատարողունակություն) և խտությունը:

Հորի փողում հետազոտություններ են իրականացվել՝ երեք ցիկլով և երեք տարբեր խորությունների վրա: Արդյունքները բերվում են ստորև.

- 99°C՝ 920 մ խորության վրա, հորատումից 2 օր անց ;
- 91,5°C՝ 840 մ խորության վրա, հորատումից 10 օր անց;
- 58°C՝ 550 մ խորության վրա, հորատումից 4 ամիս անց:

ԻԳԻՍ-ի 2004թ հաշվետվության տվյալների համաձայն հորատանցքում ջերմաստիճանը մնացել էր նույնը մինչև 125 մ խորությունը և կազմել էր մոտ 3°C: Դրանից հետո ջերմաստիճանը աճել էր մինչև 200 մ խորությունը: Ջերմաստիճանի կորն ունի գոգավոր տեսք, որը բնորոշ է հեղուկների ուղղահայաց ներքև ուղղված շարժով միջակայքերի համար, տվյալ դեպքում հորի բացակի տարածության մեջ (Նկար 1.14):

340-345 մ խորությունից սկսած դիտվում է հակառակ պատկերը, որը վկայում է հեղուկի ուղղահայաց բարձրացող /վերընթաց/ շարժի մասին՝ այդ դեպքում բաց հիմնանցքում /բնահորում/: Ջերմագրամը ընդունել էր նման դեպքերի համար բնորոշ ուռուցիկ տեսքը (Նկար. 1.14):

Փաստորեն բարձրացող և իջնող հոսքերի խառնումը տեղի է ունենում մոտավորապես 200 մ մակարդակի վրա, ինչը վկայում է տվյալ տեղամասի հիդրոերկրաբանական իրավիճակի բարդության և եզակիության մասին; 340 մետր խորության վրա հորատանցքը հատել էր շուրջ 20 մետր հզորություն ունեցող ջրատար հորիզոնը: Այդ հորիզոնի մակարդակում հորի ջերմաստիճանը մոտ էր Ջերմաաղբյուր աղբյուրի ջրի ջերմաստիճանը մակերևույթի վրա:

Հորատանցքի կտրվածքի նկարագրի 350-840 մ խորությունների միջակայքը բնութագրվում է ջերմաստիճանի աճով՝ կորի հաստատուն անկյունով (Նկար 1.14), ինչը և թույլ է տալիս այդ միջակայքի ապարները դիտել որպես ջերմամեկուսիչ սովորաշերտ:

1.4. 1988-89 և 2004 թվականների կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների արդյունքները

1988-89 թվականների հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա տեղամասում հայտնաբերված հիմնական կառուցվածքային միավորն էր ճանաչվել Հյուսիս-Արևմտյան տարածումով Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը (KJF) (Նկարներ 1.16, 1.17, 1.18): Կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների արդյունքում 2004թ պատրաստվել էր Ջերմաղբյուրի տեղամասի խզվածքների քարտեզ 1:25,000 մասշտաբով, որը հիմք հանդիսացավ “Ջերմաղբյուրի երկրաջերմային հանքավայրի հայեցակարգային մոդելի” մշակման համար (ԻԳԻՄ-ի հաշվեկշիռ, 2004թ) (Նկարներ 1.15, 1.16, 1.17): Ջերմաղբյուրի տեղամասի հայեցակարգային մոդելի կառուցվածքային հիմք էր համարվում “Նեոգենի,-Պալեոգենի, Կավիճի և, հավանաբար, Յուրայի դարաշրջանների ապարներով լցված՝ գրաբենաձև իջույթի” անջատումը: Գրաբենաձև իջույթը կողքերից սահմանազատում են Հյուսիս-Արևելք տարածումով երկու զույգ խզվածքները, որոնք ցույց են տրված երկրաբանական քարտեզում և կտրվածքում՝ տես Նկարներ 1.15, 1.16 և 1.17:

1988-89 և 2004 թվականներին հայտնաբերված խզվածքների հետազոտությունները թվայնացվել են և մուտքագրվել ԱՏՀ տվյալների բազայի մեջ (Նկար 1.18):

2. “ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ԾՐԱԳԻՐ GEF Grant # TF: 092563”

շրջանակներում կատարված ծրագրերով ստացված տվյալների մեկնաբանության շտեմարանի ստեղծումը ԱՏՀ ձևաչափով:

Տվյալների մեկնաբանման և Քարքար տեղամասի երկրաջերմային ներուժի գնահատման նպատակներով կազմվել է “ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱՋԵՐՄԱՅԻՆ ԾՐԱԳԻՐ GEF Grant # TF: 092563” նախագծի երկու փուլերով՝ 2009 և 2011 թվականների ծրագրերի իրականացման ժամանակ կուտակված տվյալների շտեմարան:

ԱՏՀ տվյալների շտեմարանի մեջ 2D և 3D ձևաչափերով մուտքագրվել են հետևյալ հետազոտությունների արդյունքները.

1. 2009 թ “Գեոթիսկ” ընկերության և Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից համատեղ իրականացված կառուցվածքաերկրաբանական և հրաբխագիտական հետազոտությունները;
2. 2009 թ “Գեոթիսկ” ընկերության և Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից համատեղ իրականացված երկրաքիմիական հետազոտությունները;
3. 2009 թ “Գեոթիսկ” ընկերության և Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից համատեղ իրականացված 2D ՄՏ և ԱԷՄ /TEM/ հանույթները;

4. “Գեոռիսկ” ընկերության և Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից համատեղ՝ և Ռուսաստանի Դաշնության “Նորդ-Վեստ” ընկերության կողմից առանձին կատարված՝ 2009թ 2D MT և TEM հանույթների արդյունքների մեկնաբանությունները;
5. 2011թ “Վեստերն Ջիկո” ընկերության (Իտալիա) կողմից իրականացված 3D ՄՏ և ծանրաչափական հանույթները, ինչպես նաև CO₂ գազի հանույթը;
6. 2011թ 3D ՄՏ և ծանրաչափական հանույթների մեկնաբանությունների արդյունքները, որոնք կատարվել են առանձին՝ “Վեստերն Ջիկո” ընկերության (Իտալիա) և “ԳԵՈՌԻՍԿ”-ի ու Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից:

2.1. 2009 թ կառուցվածքաերկրաբանական և հրաբխագիտական հետազոտությունների արդյունքները

2009թ “ԳԵՈՌԻՍԿ” ընկերության կողմից իրականացված կառուցվածքաերկրաբանական և հրաբխագիտական հետազոտությունների հիմնական արդյունքն էր “փուլ-ապարտ ավազան” /pull-apart basin/ կարգի խոշոր կառուցվածքի անջատումը: Կողմերից այդ կառուցվածքը սահմանազատում է Քարքարի միջին-ուշ Պլեյստոցենի հրաբուխների խմբի և բազմաթիվ Հոլոցենային հրաբուխների՝ գծային ձգվող համակարգը (Նկար 1.19): “Pull-apart” ավազանը առաջացել է Փամբակ-Սևանի խզվածքի հարավային կողմի վրա, որն ունի 280 կմ երկարություն և հանդիսանում է Հայաստանի ամենաակտիվ սեյսմիկ կառուցվածքը: Քարքարի տեղամասում խզվածքների երկրաչափական ուրվագծի, կինեմատիկայի, մորֆոկառուցվածքային և երկրաբանական արտահայտվածության, ինչպես նաև հրաբխականության առանձնահատկությունների մասին մանրամասնորեն խոսվում է «Գեոռիսկ» ընկերության կողմից 2009թ պատրաստված հաշվետվության մեջ: Կարիք չկա այստեղ կրկին բերել այդ տեղեկությունները, սակայն կարևոր է առանձնացնել և մուտքագրել տվյալների շտեմարանի մեջ այն մանրամասնությունները, որոնք անհրաժեշտ են արդյունքների հետագա մեկնաբանության համար:

Հետագա մեկնաբանության համար կարևորությունից ելնելով, 2009թ հետազոտությունների արդյունքներից ընտրվել են հետևյալները:

- Պլեյստոցենի և Հոլոցենի դարաշրջաններում հրաբխային ակտիվությունը տեղամասում զարգացել էր ինտենսիվ ձգման հաշվին, որն առաջանում էր «փուլ-ապարտ» ավազանի կառույցի ներսում:
- Քարքարի “փուլ-ապարտ” ավազանը ձևավորող խզվածքները, ինչպես և մյուս բոլոր նման կառուցվածքները աշխարհում, խորքում կարող են ձևավորել “ծաղկային կառույց”։ Նմանատիպ կառույցի օրինակներ աշխարհի տարբեր շրջաններից ներկայացված են Նկար 1. 20-ում,
- Քարքարի “փուլ-ապարտ” ավազանի արևմտյան և արևելյան կողմերում խզվածքները ձևավորում են համակարգեր՝ 8-10 մոտիկացված ենթազուգահեռ ճյուղերից, որոնք դրսևորում են հելիկոիդային ճկում և անկում դեպի ներս՝ “փուլ-ապարտ” ավազանի կառույցի մեջ (Նկարներ

1.21, 1.22): Մակերևույթի վրա խզվածքների խիտ կուտակման և հելիկոիդային ճկման տեղամասերը արտահայտվում են իջույթների տեսքով, որոնք կարող են ունենալ հրաբխատեկտոնական ծագում: Արևմտյան D1 իջույթը (և մասամբ D2-ը) լցված են փոքր լճակներով ու ճահիճով (Նկար 1.21), իսկ արևելյան D3 իջույթը ծածկված է Սևիճ լճի ջրերով (Նկար 1.22):

- D1 իջույթի արևմտյան կողմի վրա՝ խզվածքի հիմնական ճյուղի գոտում՝ գտնվում է ներդրված քվարց-ռիոլիթային էքստրուզիայի գմբեթը (Նկար 1.23): Նրանից դեպի հարավ գտնվում է խզվածքի գլխավոր սկարայի երկայնքով ձգվող՝ օլիվինային տրախիբազալտների մարմինը: Նույն կարգի օլիվինային տրախիբազալտների գմբեթ գոյություն ունի նաև D1 իջույթի ներսում (Նկար 1.23):

2.2. 2009թ 2D ՄՏ և ԱԷՄ/TEM/ հանույթների արդյունքները

2009թ ՄՏ/ԱԷՄ հետազոտությունները կատարվել էին կառուցվածքա-երկրաբանական և հրաբխագիտական ուսումնասիրությունների արդյունքները հաշվի առնելով:

ՄՏ/ԱԷՄ հանույթը իրականացվել էր Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի ներկայացուցիչների կողմից “ԳԵՈՌԻՄԿ” ընկերության աշխատակիցների մասնակցությամբ:

ՄՏ հանույթի տվյալների մշակման և մեկնաբանության պրոցեսները միտումնավոր բաժանվել էին: Առավել հավաստի արդյունքներ ստանալու նպատակով իրականացվել էին արդյունքների անկախ մեկնաբանություններ՝ Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի (ԱՄՆ), ինչպես նաև “Նորդ-Վեստ” ընկերության կողմից (Մոսկվա, ՌԴ), ընդ որում, վերջինը 2004թ իրականացրել էր հանույթը Ջերմադրյուրի տեղամասում:

Նկար 1.24-ում ներկայացված են այդ երկու խմբերի կողմից իրականացված մեկնաբանությունների արդյունքները: Թեև օգտագործված սանդղակները տարբեր էին, հիմնական պատկերը ապացուցում է արդյունքների սերտ զուգամիտությունը: Երկու մեկնաբանությունների արդյունքները հետագայում միասնաբար օգտագործվել էին երկրաջերմային ներուժի գնահատման նպատակով: ՄՏ/ԱԷՄ հետազոտությունների տվյալները և նրանց մեկնաբանությունները ներկայացված են “Գեոռիսկ” և “Նորդ-Վեստ” ընկերությունների հաշվետվություններում:

Հաջորդ բաժիններում ներկայացվելու է ստացված ՄՏ և ԱԷՄ տվյալների մեկնաբանությունը:

2.3. 2011թ 3D US, ծանրաչափական, ինչպես նաև CO₂ գազի հանույթների արդյունքները

2011թ իրականացված 3D US, ծանրաչափական և CO₂ գազի հանույթների ժամանակ հաշվի են առնվել կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների և 2009թ 2D US հանույթների, ինչպես նաև նրանց մեկնաբանության արդյունքները:

3D US, ծանրաչափական և CO₂ գազի հանույթները կատարել էր “Վեստերն Ջիկո” ընկերությունը (Իտալիա), իսկ նրա աշխատանքների արդյունքները պարունակվում են 2011թ հաշվետվության մեջ: “Վեստերն Ջիկո” ընկերության հաշվետվությունում ներառվել է 3D US տվյալների համառոտ մեկնաբանությունը:

3D US և ծանրաչափական հանույթները տրամադրեցին շատ կարևոր արդյունքներ և մենք անդրադառնալու ենք նրանց մեկնաբանությանը հաջորդ բաժիններում: CO₂ գազի հանույթը չի հայտնաբերել CO₂ էմիսիայի որևէ անոմալիա, ինչը համապատասխանում է “ԳԵՈՌԻՍԿ” ընկերության 2009թ ստացված տվյալներին՝ երբ իրականացված մեթանի էմիսիայի հանույթը նույնպես չէր արձանագրել որևէ անոմալիաներ:

3. 1988-89, 2004, 2009 և 2011 թվականների հետազոտությունների համադրությունը և քննադատական վերլուծությունը՝ ԱՏՀ 2D և 3D ձևաչափերով

Տվյալների համեմատության և քննադատական վերլուծության նպատակն է՝ որոշել հետագա միասնական մեկնաբանության մեջ նրանց օգտագործման հնարավորությունը: Ելնելով դրանից, բոլոր տվյալները թվայնացվել են և մուտքագրվել են ԱՏՀ ձևաչափով ստեղծված տվյալների շտեմարանի մեջ: Կիրառվեց ԱՏՀ-ի չորս ծրագրակազմ. ArcGis 9.3, ArcScene 9.3, ArcGlobe 3D և Global Mapper v.10.02, ընդ որում, նշված երկու վերջին ծրագրերը թույլ տվեցին կատարել և ներկայացնել տվյալների խաչաձև վերլուծություն 3D (եռաչափ) ձևաչափով:

Որպես հիմնական համադրվող և վերլուծվող տվյալներ կիրառվեցին 2004 և 2009 թվականների 2D US հանույթների արդյունքները և 1988-89թ, 2004թ և 2009թ կառուցվածքաերկրաբանական հետազոտությունների եզրակացությունները:

3.1. 2004, 2009 և 2011 թվականների US տվյալների համադրությունը և քննադատական վերլուծությունը

Չափազանց կարևոր հանգամանք է հանդիսանում 2004թ, 2009թ և 2011թ US տվյալների համադրելիությունը և նրանց համատեղ մեկնաբանության հնարավորությունը՝ միասնական US մոդելի կառուցման նպատակով: 2004թ և 2009 թ 2D US հանույթները հասել են տեղանքում երկրաջերմային ակտիվության դրսևորման՝ Ջերմադրյուր աղբյուրի և Հորատանցք 4-ի տարածքները: 2011թ 3D US հանույթները նույնպես ծածկել էին Հորատանցք N4-ի տարածքը, սակայն չէին հասել Ջերմադրյուր

աղբյուրին: Բոլոր երեք ՄՏ հանույթների արդյունքների համադրելիությունը հնարավորություն կտար կատարելու նրանց համալիր մեկնաբանությունը և գնահատելու ստացված մոդելի հուսալիությունը Քարքարի տեղամասի երկրաջերմային ներուժի գնահատման համար:

Ելնելով դրանից, կազմակերպվել են տարբեր տարիներին կատարված ՄՏ ուսումնասիրությունների արդյունքների համադրելիության երկու անկախ գնահատումներ: Այդ գնահատումներից մեկը իրականացրել է “Գեոոիսկ” ընկերությունը, օգտագործելով 2D և 3D ԱՏՀ ծրագրեր, իսկ երկրորդը նախաձեռնել է Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի ներկայացուցիչ, հայտնի երկրաֆիզիկոս՝ Պրոֆ. Ստյուարտ Սանդերգր: Ստորև ներկայացնում ենք այդ երկու գնահատումները:

3.1.1. 2004 թ, 2009թ և 2011թ ՄՏ հանույթների համադրելիության գնահատումը 2D և 3D ԱՏՀ ծրագրերի կիրառմամբ (կատարող՝ “Գեոոիսկ” ընկերություն)

Կառուցվածքաերկրաբանական գործոններից և տեղամասի հասանելիության հանգամանքներից բացի, 2009թ ՄՏ Ուղեգծերի ընտրությունը պայմանավորվում էր նաև 2004թ և 2009թ ՄՏ հանույթների տվյալները համադրելի դարձնելու ցանկությամբ, ինչը թույլ կտար հետագայում կատարել նրանց համատեղ մեկնաբանություն (տես “Գեոոիսկի հաշվետվությունը”, 2009թ): Այդ նպատակով 2009թ ՄՏ հանույթի ուղեգծի արևմտյան կողմը տեղադրվել էր այնպես, որ այն լրիվ կրկներ 2004թ հետագոտված NN2 Ուղեգիծը, առնվազն 4 կմ երկարության սահմաններում (Նկար 1.24): Կետ 18-ից (2009 թ) և 08-ից (2004 թ) մինչև Կետ 7-ը (2009թ) և Կետ 30-ը (2004թ) ընկաց հատվածում Ուղեգծերը անցնում են զուգահեռ ուղղությամբ (Նկար 1.24): Ուղեգծերի միջև չնչին անհամապատասխանությունը, մեր կարծիքով բացատրվում է 2004թ ԻԳԻՄ-ի «Հաշվետվությունում» ՄՏ ուղեգծերի երկրաչափության ընդհանրացված /իդեալականացված/ պատկերմամբ: Ցավոք, ԻԳԻՄ-ի հաշվետվությունում (2004թ) չեն ներկայացվել տվյալներ ՄՏ խորագնման կետերի կոորդինատների վերաբերյալ, ինչը թույլ չի տվել համադրել տվյալները ավելի մեծ ճշգրտությամբ:

2004/2009 թվականների ՄՏ հանույթների տվյալների համատեղ մեկնաբանության արդյունքների որակը մեծացնելու նպատակով, 2009թ ՄՏ հանույթի Ուղեգիծը տեղանքում անցկացվել էր առկա հիմնական երկրաբանական կառույցների նկատմամբ լայնակի ուղղությամբ, այդ թվում՝ 1988թ հայտնաբերված Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքին և 2004թ քարտեզում ցուցադրված խզվածքներին (Նկարներ 1.16, 1.17), ինչպես նաև 2009թ աշխատանքում ներկայացված՝ “*փուլ-ապարտ*” ավազանը սահմանազատող խզվածքներին (Նկար 1.25): Մեկնաբանության արդյունավետությունը բարձրացնելու միևնույն նպատակով 2009թ ՄՏ Ուղեգիծը տարվել էր Ջերմաղբյուր տաք աղբյուրի և Հորատանցք N4-ի տարածքներով (Նկար 1.25):

2011թ 3D ՄՏ հանույթի մակերեսը նույնպես ծածկել էր 2004թ և 2009թ MT ուսումնասիրությունների Ուղեգծերը և Հորատանցք N4-ի տեղադիրքը (Նկար 1.25):

Դա ոչ միայն թույլ էր տվել մեկնաբանության ժամանակ օգտագործել N4 Հորատանցքի և Ջերմաղբյուր աղբյուրի տվյալները, բայց նաև լրացուցիչ հնարավորություններ էր տալիս համեմատելու 2004, 2009 և 2011 թվականների տվյալները:

2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ տվյալների համեմատության ժամանակ դժվարություններ են ծագել, քանի որ չէին համընկնում համապատասխան աշխատություններում ներկայացված 2D վերջավոր մոդելների սանդղակները: Այնուամենայնիվ, նույնիսկ սանդղակների տարբերության դեպքում, 2004թ Ուղեգիծ N2-ի և 2009թ Ուղեգծի համեմատությունը միննույն հետագծի սահմաններում ցույց է տվել նրանց լիարժեք նմանությունը 3 կմ ամբողջ տարածության վրա՝ սկսած Կետ 18-ից (2009թ) և Կետ 08-ից (2004թ) մինչև Կետ 7-ը (2009թ) և Կետ 30-ը (2004թ) (Նկար 1.26): Ընդ որում 2004թ տվյալները համընկնում են մեկնաբանությունների երկու տարբերակների հետ էլ՝ Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի առաջարկածի և «Նորդ-Վեստ» Ընկերության կողմից մշակվածի:

Երկու Ուղեգծերում էլ նույն 500- 1200 մ խորություններում հստակ կերպով գրանցվում է ցածր դիմադրությունների Շերտ 2-ը Նկար 1.26-ից: 2011 թ 3D ՄՏ հանույթի արդյունքների համեմատությունը 2004թ և 2009թ տվյալների հետ նույնչափ հստակ է գրանցում փոքր դիմադրողականությամբ Շերտ 2-ը՝ 500 – 1000 մ խորությունների վրա՝ D1 իջույթի շրջանում և Սելիճ լճին մոտ (Նկար 1.27):

Ուստի 2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ հանույթների տվյալների քննադատական վերլուծությունը հուշում է, որ նրանք լիովին համատեղելի են և կարող են օգտագործվել համատեղ մեկնաբանության համար, ինչը և արվելու է այս հաշվետվության հաջորդ բաժիններում:

3.1.2. Համեմատելով ՄՏ տվյալների գրանցման տեղադիրքերը 2004, 2009 և 2011թ ՄՏ հանույթների ժամանակ

“Վեստերն Ջիկո”-ի ՄՏ տվյալները հավաքագրվել են 2011թ: Դա ՄՏ-ի երրորդ հանույթն էր տվյալ տարածաշրջանում, որի մասին մեզ հայտնի է, և դրանցից յուրաքանչյուրը իրականացվել էր հնարավոր երկրաջերմային պաշարների հետախուզման նպատակով: ՄՏ և աուդիոմագնիսատելուրային (ԱՄՏ) տվյալներ նախկինում ձեռք են բերվել Հայաստանի Գիտությունների Ակադեմիայի Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմոլոգիայի (IGES) ինստիտուտի կողմից՝ «Նորդ-Վեստ» Ընկերության (Մոսկվայի Պետական համալսարան) հետ համատեղ: Այդ ուսումնասիրությունը տեղի էր ունեցել 2004թ, և տվյալների գրանցման տարածքը հիմնականում գտնվում էր “Վեստերն Ջիկո”-ի տարածքից դեպի արևմուտք, կենտրոնանալով Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրների տեղամասում: Երկրորդ հանույթն իրականացվեց 2009թ՝ «Գեոդիսկ» Գիտահետազոտական Ընկերության /Հայաստան/ և Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի (ՀՖՀ, ԱՄՆ) կողմից: Այդ հանույթը ներառել էր ուղեգիծ, որը հաստում է տարածքը արևելքում տաք աղբյուրից սկսած և անցնում է “Վեստերն Ջիկո”-ի ուսումնասիրված տարածքի միջով, ինչն, ըստ «Գեոդիսկ» ընկերության աշխատակիցների կողմից կատարված երկրաբանական քարտեզագրման և կառուցվածքային վերլուծության, համարվում էր խզվածքներով սահմանազատվող ավազանի շրջան: “Վեստերն Ջիկո”-ի ՄՏ հանույթը, որը մինչ օրս իրականացվածներից ամենամանրամասն է, բաղկացած էր ՄՏ տվյալների գրանցման ցանցից, որը սփռվում էր խզվածքներով սահմանագծվող ավազանով մեկ:

2004թ ՄՏ (և ԱՄՏ) գրանցումների տեղադիրքերը ցուցադրվում են Նկար 1.28-ում: 2009թ «Գեոդիսկի»/ՀՖՀ-ի ՄՏ հանույթի կայանների դիրքերը (TEM էլեկտրամագնիսական խորագնումների հետ միասին) ներկայացվում են Նկար 1.29-ում: 2004 և 2009 թվականների երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների արդյունքները համեմատելու նպատակով Նկար 1.30-ում ներկայացվում է քարտեզ այդ երկու հանույթների տեղամասերի դիրքերով: Ինչպես կարելի է տեսնել Նկար 1.30-ի վրա, 2009թ երկրաֆիզիկական հանույթը ծածկում է 2004թ երկրաֆիզիկական հանույթի հյուսիսային հատվածը, իսկ 2009թ.-ի տվյալները տարածվում են ավելի հեռու դեպի արևելք:

Երկրաֆիզիկական տվյալների գրանցման դիրքերը 2011թ “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունից ցույց են տրվում 2009թ ՄՏ տվյալների գրանցման տեղամասերի հետ միասին Նկար 1.31-ում:

Ուշադրություն ենք դարձնում, որ Դր. Պյոտր Դլուգոշչը իր 2012թ հունվարի 4-ի մեկնաբանության մեջ ընդգծել է, որ հարկավոր է տվյալներ գրանցել “Վեստերն Ջիկո”-ի ուսումնասիրած տարածքից դեպի արևմուտք, ընդգրկելով Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրների տեղամասը: Համաձայն ենք, որ “Վեստերն Ջիկո”-ի հանույթի և գոյություն ունեցող տաք աղբյուրների համադրումը կարևոր է: Հավելում ենք նաև, որ փաստորեն 2009թ «Գեոդիսկի» և Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի ստացած տվյալները տարածվեցին մինչև այդ տաք աղբյուրները, ինչպես ցուցադրված է Նկար 1.29-ում: Այս հաշվետվության հաջորդ բաժնում մենք անդրադառնում ենք այդ երկու ուսումնասիրությունների տվյալների համապատասխանության և վերարտադրելիության հարցին: Այնուամենայնիվ, պարզ է, որ “Վեստերն Ջիկո”-ի կողմից կատարված եռաչափ մոդելավորման օգտակարությունը մեծապես կմեծանար՝ 2009թ «Գեոդիսկի»/ՀՖՀ-ի տվյալների և 2011թ “Վեստերն Ջիկո”-ի ստացված տվյալների համատեղ մոդելավորման շնորհիվ:

3.1.2.1. ՄՏ հանույթների մեկնաբանություններում օգտագործվող թվային մոդելավորումը

2004թ ՄՏ հանույթը մոդելավորվել և մեկնաբանվել էր օգտագործելով առանձին տեղամասերի 1D մոդելներ, որոնք կազմվել էին մեկը մյուսին 2D մոդելներ ստանալու համար: «Գեոդիսկի»/ՀՖՀ-ի 2009թ տվյալները մոդելավորվել էին, օգտագործելով 2D ինվերսիայի մոդելավորում, իսկ 2011թ “Վեստերն Ջիկո”-ի տվյալները՝ օգտագործելով լիարժեք 3D ինվերսիայով մոդելավորման համակարգչային ծրագիրը: Այդ 3D /եռաչափ/ ինվերսիայով մոդելավորման ծրագիրը արդիականների շարքից է և հավանաբար կարող է համարվել ՄՏ մոդելավորման գոյություն ունեցող լավագույն ծրագիր: “Վեստերն Ջիկո”-ի եռաչափ մոդելը պետք է ապահովի մակերևույթի տակ դիմադրությունների բաշխման ավելի ճշգրիտ պատկեր, քան դա հանարավոր է եղել 1D կամ 2D ինվերսիայի մոդելների օգտագործմամբ

Այնուամենայնիվ, ինքստինքյան ՄՏ տվյալները, որոնք օինակելի որակի են, նշում են, որ դաշտային տարածքի որոշ մասերում բավականաչափ կլինեին նաև 1D և/կամ 2D մոդելավորումները: Ինչ վերաբերում է 2009թ հանույթի մեկնաբանությանը, ապա նշվում էր, որ տվյալների պսևդո-կտրվածքներում TM /ԱՄ/ և TE /ԱԷ/ ռեժիմներում մեծ նմանություններ կան, որոնք հուշում են, որ Ուղեգծի մեծ մասը միաչափ է /1D/, ինչի

մասին վկայում էր նաև դիմադրության կիսաշերտավոր տեսքը 2D մոդելում: Բացի այդ 10 Հց բևեռային դիագրամները 2009թ տվյալների համար դառնում են բավականին օղակաձև, ինչը նույնպես վկայում է 1D միտման մասին, առնվազն Երկրի մակերևույթից ոչ խորը հատվածում: Թեև դա չի քննարկվել 2009թ հաշվետվությունում, բայց 10 վայրկյանի բևեռային դիագրամները (տես Նկար 18 հիշյալ հաշվետվությունում) վկայում են դիրքորոշման նմանության մասին տեղամասերի մեծ մասի համար, երբ հիմնական առանցքը մոտավորապես տարածվում է արևմուտք-հյուսիսարևմտյան ուղղությամբ, դրանով հիմնավորելով մինչ 2D մոդելավորումը կատարված N90°E ռոտացիան:

Ի լրումն դրան Նկար 1.32-ում ցուցադրված են ինդուկցիայի սլաքներ, հաշվարկված ըստ 2004թ ՄՏ տվյալների: Ուշադրություն դարձրեք քարտեզի հյուսիս-արևելյան մասում սլաքների համընկնող ուղղությունների վրա, ուր գրանցվել էին 2009թ ՄՏ տվյալները և ուր ստացվել էին նաև “Վեստերն Ջիկո”-ի 2011թ ՄՏ տվյալներից մի քանիսը: Չափայնության այս ցուցիչը թույլ է տալիս ենթադրել նաև, որ այդ տարածքում լավ արդյունքներով հնարավոր կլինեն կիրառել 2D մոդելավորման մոտեցումը: Հետևաբար ՄՏ արդյունքները ենթադրում են, որ, համապատասխանաբար, 2009թ և 2011թ հանույթներից 2D և 3D ինվերսիաներով մոդելավորումների համեմատությունը հիմնավորված է: Կա միայն մի վերապահում, որ 2011 թվականին ավելի մանրամասն ու շատ բարձր որակի տվյալների գրանցումը պետք է բարելավի մոդելի տարրալուծման կարողությունը /ռեզոլյուցիան/:

3.1.2.2. 3D (“Վեստերն Ջիկո”, 2011թ) և 2D («Գեոոիսկ»/ՀՖՀ, 2009թ) ինվերսիայի մոդելների համեմատությունը

“Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունում “դիմադրություն/խորություն” հարաբերությունը եռաչափ 3D մոդելից ներկայացված է երկու ձևաչափով: Նախ ներկայացվում է 10 լայնակի կտրվածքների շարք, ինչպես համարակալված է հիշյալ հաշվետվության Նկար 1.28-ում, և որպես մի մաս այն վերարտադրվում է Նկար 1.31-ում, այս հաշվետվության մեջ վերևում: Նկար 1.33-ը ցույց է տալիս այդ կտրվածքները 2009թ ՄՏ հանույթի դիրքերի հետ կապակցված: Երկրորդը՝ “Վեստերն Ջիկո”-ի եռաչափ 3D մոդելը պատկերվում է խորության շերտերով, որոնք ցույց են տալիս դիմադրությունը քարտեզի տեսքով ըստ բարձրության՝ հորիզոնական շերտերով՝ ծ.մ. 1000, 1500, 2000, 2250, 2500, 2750, և 3000 մետրի նիշերով: Սկսում ենք համեմատելով կտրվածքները երկչափ 2D («Գեոոիսկ»/ՀՖՀ, 2009թ) և եռաչափ 3D (“Վեստերն Ջիկո” 2011թ) մոդելներում:

2009թ “Գեոոիսկի”/ՀՖՀ մոդելը համեմատվում է “Վեստերն Ջիկո”-ի 2011 թվականի՝ WE 1 և WE 3 լայնակի կտրվածքների հետ: Ուղղակիորեն համեմատել հնարավոր է միայն այդ երկու կտրվածքները, կայանների տեղադիրքերի երկրաչափության և 2009թ Ուղեգծի ուղղվածության պատճառով:

3.1.2.3. Կտրվածք WE 1

Նկար 1.34-ում պատկերված է 2009թ “Գեոոփսկի”/ՀՖՀ-ի մեկնաբանության երկչափ /2D/ Մոդել 3-ի արևմտյան հատվածը: Ցույց է տրված նաև Հորատանցք 4-ը, ինչպես նաև այդ մոդելի համաձայն վերլուծված՝ ջրատար միջակայքի դիրքը այդ հորատանցքում: Ուշադրություն դարձրեք, որ այս ջրապարունակ գոտին տարածականորեն համընկնում է հորից դեպի արևելք տարածվող՝ փոքր դիմադրության գոտու հետ (կապույտ/մանուշակագույն շրջան մոդելի մեջ): Այնուամենայնիվ, այդ շերտագրական մակարդակում հորատանցքի և ամենացածր դիմադրության արժեքների միջև կա ընդմիջում, որը կազմում է մոտավորապես 1500 մ:

Նկար 1.35-ում պատկերված է “Վեստերն Ջիկո”-ի կտրվածք WE 1-ը, վերադրված Նկար 1.34-ից 2009թ “Գեոոփսկի”/ՀՖՀ-ի մոդելի արևմտյան հատվածի վրա: Կարևոր է ի նկատի ունենալ, որ դիմադրության գույնային սանդղակները միմյանց նկատմամբ հակառակ են. 2009թ մոդելում փոքր դիմադրությունը ներկայացված է կապույտ ու կանաչ գույներով, իսկ “Վեստերն Ջիկո”-ի հատվածում ցածր դիմադրության արժեքներին համապատասխանում են կարմիր և դեղին գույները: Չունենալով “Վեստերն Ջիկո”-ին պատկանող համակարգչային ծրագրակազմը, որի միջոցով նա կառուցել է այդ նկարները, հնարավոր չէ արտահայտել դիմադրության անոմալիաները համարժեք գույնային սանդղակով:

Դիմադրության արժեքների բաշխումները համեմատելու համար Նկար 1.36-ի եռաչափ 3D մոդելում ներկայացվում է ցածր դիմադրությամբ համեմատաբար ոչ խորը շրջան, որը սահմանազատված է կետագծով: Բացի այդ, մուգ կետագիծը կտրվածքի ավելի խորը մասում նշում է այն տեղը, ուր եռաչափ մոդելի դիմադրությունը աճում է խորության հետ զուգընթաց: Նկար 1.37-ում հաստ կետագծով ներկայացված են երկու մեկնաբանվող օբյեկտներ, որոնք 2009թ 2D մոդելի մեջ մտցվեցին Նկար 1.34-ից: Համեմատելով Նկար 1.36-ը և Նկար 1.37-ը ակնհայտ է դառնում, որ այդ երկու օբյեկտները ներկա են թե՛ 2D և թե՛ 3D մոդելում: Դա թույլ է տալիս ենթադրել, որ երկու մոդելների միջև կա դիմադրության անոմալիաների տեղադիրքի և խորության համապատասխանություն:

Նկատում ենք, որ 2D և 3D մոդելների միջև կա նաև անհամապատասխանություն, որը իր մեջ է ներգրավում ավելի ցածր դիմադրության հպում (կոնտակտ)՝ շերտագրականորեն ավելի բարձր գտնվող՝ ցածր դիմադրության և շերտագրականորեն ավելի խորը գտնվող՝ բարձր դիմադրության միավորների միջև: Այդ կոնտակտը 1.36-րդ և 1.37-րդ նկարներում ցույց է տրված հաստ կետագծով: Եռաչափ 3D մոդելում դիմադրության այդ կոնտրաստը պատկերվում է իբրև գծային, դեպի արևելք անկում ունեցող հպում: Իսկ երկչափ 2D մոդելում այդ օբյեկտը ցույց է տրվում իբրև բարձր դիմադրություններով հիմք (?), որը իր ամենափոքր խորության կետում հասնում է մոտավորապես ծ.մ. 1500 մետրին, սակայն այս կետից դրսևորում է անկում դեպի արևմուտք և արևելք Ուղեգծի երկայնքով: Եթե համեմատենք դա Հորատանցք 4-ի շերտագրական նկարագրերի հետ, որոնք այս հաշվետվության մեջ մանրամասնությամբ քննարկվում են ավելի ուշ, ապա հնարավոր է դառնում, որ բարձր դիմադրությունների այդ գոտին համընկնում է հրաբխային, ոչ ճեղքավորված ինտրուզիայի հետ, որը գտնվում է ճեղքավոր հրաբխային ինտրուզիայի տակ (քվարց-մոնցոնիտ): Այս շրջանում անհամապատասխանությունը 2D և 3D

մողելների միջև առաջանում է եռաչափ մողելի դեպի արևմուտք էքստրապոլյացիայի /արտարկման/ պատճառով, ինչը նրան դուրս է բերում 2011թ հանույթի ցանցի տվյալների հսկողության շրջանից: Դրա արդյունքում հիշյալ համան հարթությունը /ինտերֆեյսը/ արևմտյան ուղղությամբ պակաս խորն է դառնում, ինչպես դա պատկերում է 3D մողելը (Նկար 1.36): Այնուամենայնիվ երկչափ 2D մողելը հենվում է 2009թ տվյալների վրա, որոնք տարածվում են ավելի հեռու դեպի արևմուտք, դեպի KK01, KK18, KK19, և KK20 կայանները, ինչի շնորհիվ կորում է մողելը արտարկելու կարիքը: Այդ արդյունքը հուշում է, որ նախընտրելի կլինեք, որպեսզի «Վեստերն Ջիկո»-ն ընդգրկեր 2009թ Ուղեգծի տվյալները իր եռաչափ 3D մողելում:

3.1.2.4. Կտրվածք WE 3

2009թ «Գեոոիսկ»-ի/ՀՖՀ-ի 2D մողելը, արևելյան հատվածը ներառյալ, ներկայացված է Նկար 1.38-ում: Իսկ Նկար 1.39-ում ցույց է տրված «Վեստերն Ջիկո»-ի WE 1 կտրվածքը, որը բերվել է Նկար 10-ից և համատեղվել է այդ երկչափ /2D/ մողելի մեջ: Կրկին անգամ ուշադրություն ենք դարձնում 2D և 3D մողելներում հակառակ գույնային սանդղակների վրա: Բացի այդ Նկար 1.39-ը ցույց է տալիս մեկնաբանվող 3 օբյեկտ, որոնք են դիմադրությունների սահմանները մողելում, դրա համար օգտագործելով հաստ կետագծեր: Համեմատության համար այդ երեք մեկնաբանվող օբյեկտները ցույց են տրվում ուղղակիորեն Նկար 1.40-ի երկչափ 2D մողելում: Ինչպես կարելի է նկատել այս նկարների վրա, 2D և 3D մողելների միջև գոյություն ունի էական համապատասխանություն:

Կտրվածքների մեր վերլուծությունների հիման վրա ցույց տվեցինք, որ 2009թ «Գեոոիսկ»-ի/ՀՖՀ-ի 2D ՄՏ մողելի և 2011թ «Վեստերն Ջիկո»-ի 3D ՄՏ մողելի միջև կա զգալի համապատասխանություն: Արդեն հիմնավորվել է, որ 2009թ մողելը համաձայնության մեջ է նաև 2004թ հանույթների արդյունքում մշակված մողելների և հետակա միաչափ 1D մողելավորման հետ: Ուստի եզրակացնում ենք, որ «Վեստերն Ջիկո»-ի մողելը հավաստի է և, բացի այդ, իր մողելավորման 3D բնույթի շնորհիվ, որն իդեալ ամենաարդիականն է, մակերևութի տակ դիմադրությունների 3D մողելը առավել ճշգրտությամբ է նկարագրում դիմադրությունների բաշխումը, քան նախորդ աշխատանքներում բերվածները:

3.1.2.5. Այլ դիտողություններ և վերլուծություն 3D մողելի վերաբերյալ

Վերադառնալով Նկար 1.32-ին և համեմատելով 2004թ ՄՏ հանույթի տեղադիրքերը 2009թ ՄՏ հանույթի կետերի հետ, որոնք ներկայացված են Նկար 1.29-ում, ինչպես նաև 2011թ ՄՏ հանույթի դիրքերը՝ ըստ Նկար 1.30-ի և 1.33-ի՝ համապատասխանաբար 2009թ հանույթի հետ, կարելի է վերլուծել ինդուկցիայի սլաքները թե՛ 2004թ. և թե՛ 2011թ. թվականների դեպքում:

Նկար 1.41-ը ցույց է տալիս տարածման ուղղվածությունը և ինդուկցիայի սլաքները «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունից: Այն շրջանը, որը «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունում ուրվագծվում է կարմիր օղակով, համարվում է անոմալ, և հակիրճ

քննարկվում է որպես իրենց ուսումնասիրած տարածքի արևմտյան հատվածում բազմաչափայնության օրինակ: Այնուամենայնիվ ի նկատի ունեցեք, որ այդ սլաքների մեծ մասը ուղղված են դեպի հյուսիս-արևելք, ինչը հուշում է, որ հարավ-արևմտյան ուղղությամբ գոյություն ունի հաղորդիչ մարմին: Այդ սլաքները հաշվարկվել են 100 վ տվյալներից, որոնք այդ տարածքում ունեն դիմադրության արժեքների առնվազն 15 կմ “սկին”-էֆեկտ: Դա համապատասխանում է Նկար 1.40-ում ներկայացված՝ երկչափ 2D մոդելի արևմտյան մասում, խորության վրա գտնվող փոքր դիմադրությանը: Դա ևս մի նշան է, որ 2D մոդելը կարող է ավելի ճշգրիտ լինել արևմուտքում՝ դեպի տաք աղբյուրների տարածքը:

Նկար 1.42-ը ցույց է տալիս 3D մոդելի դիմադրությունները ծ.մ. 2000 մ բարձրության վրա: Ի լրումն դրան նկարը ցույց է տալիս փոքր դիմադրությամբ գոտի՝ «Գոտի B» նշանով: Պարզվում է, որ փոքր դիմադրության այդ գոտին որոշակի կորեյացիա ունի տեղագրական իջույթի հետ: Նկար 1.32-ում, B Գոտուց դեպի հարավ-արևմուտք ինդուկցիայի սլաքներից շատերը ուղղված են դուրս՝ դեպի հարավ-արևմուտք, դարձյալ հաստատելով, որ այդ հաղորդիչ շրջանը՝ Գոտի B-ն՝ իսկապես ներկա է: 2004 թվականի տվյալները հաշվարկվել են 10 վ պարբերությունով, ինչը տալիս է մոտավորապես 10 կմ “սկին”-խորություն և ինչը համապատասխանում է այդ վերլուծություններին:

Դրանով եզրափակում ենք “Վեստերն Ջիկո”-ի 3D մոդելի և 2009թ. “Գեոֆիզիկ”-ի/ՀՖՀ-ի 2D մոդելի հետ 3D մոդելի հարաբերակցության վերլուծությունը: Ինչպես նշվել է վերևում, ապացուցված է, որ 2004թ մոդելավորումը համապատասխանում է “Գեոֆիզիկ”-ի/ՀՖՀ-ի 2D մոդելին:

3.2. 1988-89, 2004 և 2009 թվականների կառուցվածքային արևմտյան կողմի վերլուծությունների համեմատությունը և քննադատական վերլուծությունը

Քարքարի տեղամասի համար գոյություն ունեն երեք կառուցվածքային մոդելներ, որոնք հետագայում կարելի է մեկնաբանել երկրաջերմային ներուժի գնահատման և հայեցակարգային մոդելի ստեղծման նպատակով:

“Մոդել 1988թ”: Այդ մոդելում ենթադրվում է, որ Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը կարող է ապահովել կառուցվածքային և հեղուկային /ֆլյուիդային/ կապ Քարքար հրաբուխի և Ջերմաղբյուրի ջերմային աղբյուրի միջև (Նկար 1.43): Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը, Որոտանի և Սանդուխտ-Բուդուրի զուգահեռ ուղղված խզվածքների հետ միասին, Որոտան գետի ձախափնյա տարածքում սահմանազատում է Հյուսիս-Արևմուտք տարածվող՝ Նեոգենի-Չորրորդական տարիքի ճկվածքը, որը վերադրված է Մեզոզոյան-Կայնոզոյան հին հիմքի վրա (Գաբրիելյան և այլք, 1981; Ազիզբեկյան, 1987):

“ԻԳԻՄ 2004թ” մոդելը: Այդ մոդելում ենթադրվում է, որ զույգ-զույգ L1, L2, L3 և L4 լինեամենտները, որոնք տարածվում են դեպի հյուսիս-արևելք, սահմանազատում են Արևելք-Հյուսիս-Արևելք տարածումով գրաբենաձև իջույթը (Նկար 1.44): Հյուսիսարևելյան տարածումով Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը, անկյունագծով հաստելով գրաբենաձև իջույթը, ձևավորում է “խորքային ջերմության տարածաշրջանային հանգույցային տեղակայման կառույց. Ջերմաղբյուրի և Քարքարի

խորքային ջերմության անոմալիաները, որոնք ձգվում են Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի երկայնքով, որն ունի Հս-Արմ-Հվ-Արլ տարածում, և, համապատասխանաբար՝ Հս-Արլ-Հվ-Արմ տարածմամբ Բուդուրի և Մուխուտարյանի լինեամենտային գոտիների երկայնքով” (մեջբերման ավարտ, էջ. 27 ԻԳԻՄ-ի 2004թ հաշվետվության մեջ (Նկար 1.44)): Այդ կառուցվածքային մոդելի հիման վրա ԻԳԻՄ-ի 2004թ հաշվետվությունում կառուցվել է Ջերմադրյուրի տեղամասի հայեցակարգային մոդելը:

“Գեոոիսկ 2009թ” մոդելը: Այդ մոդելում ենթադրվում է, որ գոյություն ունի խոշոր՝ “փուլ-ապարտ” ավազանի կառուցվածք, որը կողմերից սահմանազատված է ակտիվ խզվածքների համակարգով (Նկար 1.45): Ինտենսիվ ձգման լարումները, որոնք առաջանում են “փուլ-ապարտ” ավազանի ներսում, բացատրում են հրաբխականության զարգացումը Պլեյստոցենում և հասկապես ակտիվորեն՝ Հոլոցենում, և կարող են նպաստել այնպիսի կառուցվածքային պայմանների առաջացմանը, որոնք բարենպաստ են երկրաջերմային ռեգերվուարի ձևավորման համար (Նկար 1.45):

Բոլոր երեք մոդելների համեմատությունը ցույց է տալիս, որ նրանց միջև կա կառուցվածքային և կինեմատիկական կոնֆլիկտ /հակասություն/, քանի որ մոդելներում ներառված խզվածքները չեն կարող միաժամանակ գոյություն ունենալ լարումների նույն միասնական դաշտում (Նկար 1.46): Հետևաբար հնարավոր չէ կատարել մեկնաբանություն և գնահատել Քարքարի տեղամասի երկրաջերմային ներուժը, միաժամանակ կիրառելով բոլոր երեք կառուցվածքային մոդելները:

Դա նշանակում է, որ սկզբից անհրաժեշտ է յուրաքանչյուր մոդելի դեպքում գնահատել նրանում անջատված երկրաբանական կառուցվածքների հավաստիությունը, իսկ հետո գնահատել բոլոր կառուցվածքային մոդելները և նրանցում ընտրված երկրաջերմային ռեգերվուարի հայեցակարգային մոդելների հիմնավորվածությունը ընդհանուր առմամբ:

Կառուցվածքային մոդելներում անջատված երկրաբանական կառուցվածքների հավաստիության համեմատությունը կատարվել է երեք ուղղություններով, ըստ կառուցվածքների արտահայտվածության.

- Մորֆոստրուկտուրաներում և ռելեֆում՝ հեռագնման տվյալների և ԲԹՄ-ի /Բարձրությունների Թվային Մոդել, DEM/ վերլուծության հիման վրա,
- Մորֆոստրուկտուրաներում և մակերևույթային երկրաբանական կառուցվածքում՝ դաշտային ուսումնասիրությունների տվյալների հիման վրա,
- Խորքային երկրաբանական կառուցվածքում, 1988-89 և 2004 թվականների երկրաֆիզիկական տվյալների հիման վրա:

3.2.1. Խզվածքների արտահայտվածությունը մորֆոստրուկտուրաներում և ռելեֆում ըստ հեռագնման տվյալների և ԲԹՄ-ի վերլուծության:

Բոլոր երեք մոդելներում ներկայացված խզվածքների արտահայտվածության աստիճանը վերլուծելու համար կիրառվել են.

1. Հեռագնման նյութերը.

- Landsat TM և Landsat ETM (ԱՄՆ) արբանյակային համակարգերի լուսանկարները սպեկտրի տարբեր միջակայքերում՝ 28 մետր տարրալուծման մակարդակով /ռեզոլյուցիայով/;
- SPOT (Եվրոպական Միություն) արբանյակային համակարգի լուսանկարները, սպեկտրի տարբեր տիրույթներում, 5-10 մ տարրալուծման մակարդակով /ռեզոլյուցիայով/;
- Corona (ԱՄՆ) արբանյակային համակարգի լուսանկարները՝ 1 մ տարրալուծման մակարդակով;
- Quick Bird (ԱՄՆ) արբանյակային համակարգի լուսանկարները, 0.6 մ տարրալուծման մակարդակով;
- Օդալուսանկարներ՝ 1:100 000 մասշտաբի;
- Օդալուսանկարներ՝ 1: 20 000 մասշտաբի;
- Օդալուսանկարներ՝ 1:10 000 մասշտաբի:

2. Բարձրությունների /ռելյեֆի/ թվային մոդելները (DEM):

- 45 մ տարրալուծման մակարդակով,
- 10 մ տարրալուծման մակարդակով,
- 5 մ տարրալուծման մակարդակով:

Բոլոր հիշատակված նյութերը (բացառությամբ Corona-ի պատկերների) մուտքագրվել են ԱՏՀ համակարգի մեջ և վերլուծվել են 2D և 3D ձևաչափերով: Վերլուծության արդյունքները ներկայացվում են ստորև.

“1988թ մոդելը” անջատում է Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքը միայն Քարքար հրաբուխի տեղամասում:

“ԻԳԻՄ 2004թ մոդելի” մեջ L1, L2, L3 և L4 լինեամենտները չեն անջատվում ոչ արբանյակային հանույթների նյութերի, ոչ էլ՝ օդալուսանկարահանումների և ռելյեֆի թվային մոդելների հիման վրա:

“ԳԵՈՌԻՄԿ 2009թ մոդելի” մեջ բոլոր խզվածքները հստակ անջատվում են ըստ հեռագնման նյութերի, իսկ շատերը տեսանելի են նաև 10 մ և 5 մ ռեզոլյուցիայով ռելյեֆի թվային մոդելների վրա:

Նկար 1.47-ում ներկայացվում է ռելյեֆի եռաչափ՝ 3D մոդելը օդալուսանկարի վերադրումով: Նկարում կարմիր սլաքներով ցուցադրվում են խզվածքների հետագծերը «*Վիուլ-ապարտ*» ավազանի արևմտյան սահմանագատման ուղղությամբ (ըստ “Գեոռիսկ 2009թ” մոդելի), իսկ սև սլաքներով ներկայացվում են L1 և L2 լինեամենտների ուղիները, որոնք, ինչպես դա ենթադրում է ԻԳԻՄ 2004թ մոդելը, համապատասխանում են գրաբենաձև կառույցի հյուսիս-արևմտյան սահմանին: Ինչպես երևում է նկար 1.47-ից, L1 և L2 լինեամենտները բացարձակորեն արտահայտված չեն օդալուսանկարում, ռելյեֆում կամ մորֆոկառուցվածքում:

3.2.2. Խզվածքների արտահայտվածությունը մորֆոկառուցվածքում և մակերևույթային երկրաբանական կառուցվածքում ըստ դաշտային աշխատանքների տվյալների

“1988թ մոդելում” Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը անջատվում է Քարքարի խարամային հրաբուխի տեղամասում: Քարքար հրաբուխի արևմտյան կեսը աջակողմյա կողաշարժով տեղաշարժվել է 500-570 մետրով (d-e), ընդ որում՝ տեղաշարժի գոտու միջից արտավիժել է անդեզիտաբազալտային հոսքը (An) (Նկարներ 1.47 և 1.48):

“ԻԳԻՍ 2004թ մոդելը”: Դաշտային աշխատանքները ցույց են տվել, որ L1, L2, L3 և L4 լինեամենտները չեն առանձնացվում է ոչ մի հատականիշով (Նկար 1.37):

“Գեոոիսկ-2009թ” մոդելը: «Փուլ-ապարտ» ավազանի թե՛ արևմտյան և թե՛ արևելյան կողմերը սահմանազատող խզվածքները մեծ վստահությամբ անջատվում են դաշտային աշխատանքների հիման վրա: «Գեոոիսկի» 2009թ հաշվետվությունում բերվում են բազմաթիվ օրինակներ, երբ խզվածքների երկայնքով տեղաշարժված են ձևաբանական /մորֆոլոգիական/ և երկրաբանական օբյեկտները:

«Փուլ-ապարտ» ավազանի արևմտյան ճյուղավորումների խզվածքները, որոնք ներկայացված են Նկար 1.49-ում, տեղաշարժել են խարամային հրաբուխը 128 մ դեպի աջ, ընդ որում նրա արևելյան կեսը ուղղահայաց ուղղությամբ իջած է 10-15 մետրով: Իջած արևելյան կեսի հյուսիսային կողմում տեղի է ունեցել կողմնային պատռվածք, որից հոսել է անդեզիտաբազալտի փոքր հոսքը (a Նկար 1.49-ի վրա): Այդ հրաբուխից հարավ, D1 իջույթը հատելիս, 8-10 իրար մոտիկ գտնվող ու համարյա զուգահեռ խզվածքներից բաղկացած համակարգը տեղաշարժել է գետը և ջրբժան լեռնաշղթան 230-240 մ հորիզոնական և 24-28 մ ուղղահայաց ուղղություններով (Նկարներ 1.21, 1.22, 1.50): D1 իջույթից դեպի հարավ, Քարքար հրաբուխի մոտ, փայլուն կերպով արտահայտված են խզվածքի երեք ճյուղավորումները: Կենտրոնական ճյուղը (Fc), որը ներկայացված է Նկարներ 1.47, 1.48 և 1.51-ի վրա, տեղաշարժել է էրոզիոն ձորակի եզրերը (a, b, c) դեպի աջ՝ 320 մ ամպլիտուդով, ընդ որում a-b տեղաշարժը ավելի հին է և ունի 220 մ մեծություն, իսկ b-c տեղաշարժը ավելի երիտասարդ է և ունի 100 մ մեծություն: Արևելյան ճյուղավորումը տեղաշարժել է Քարքար հրաբուխի մի կողմը 130 մետրով, իսկ արևմտյանը՝ 500-570 մետրով (Նկարներ 1.47, 1.48 և 1.51): Ուստի Քարքար հրաբուխի հորիզոնական ընդհանուր տեղաշարժի մեծությունը հասնում է 950 - 1 000 մետրի:

«Փուլ-ապարտ» ավազանի արևելյան եզրերի խզվածքները նույնպես լավ են արտահայտված մորֆոկառուցվածքում և հեշտությամբ բահայտվում են դաշտային աշխատանքների ժամանակ: Նկար 1.22-ում ներկայացվում է D3 իջույթը, որը ձևավորել է 8-10 խզվածքներից բաղկացած համակարգտ և որը լցված է Սևիճ լճի ջրերով: Խզվածքները 267 մ դեպի աջ էին տեղաշարժել խոշոր մի գետ, որն առաջ հոսում էր այդ իջույթով: Խզվածքի գլխավոր սկարպը ստեղծել է տեկտոնական պատնեշ, ամբարտակելով գետը և պատնեշից դեպի արևելք առաջացնելով մեռյալ գետահովիտ (Նկար 1.22, 1.52):

3.2.3. Խզվածքների արտահայտվածությունը խորքային երկրաբանական կառուցվածքում ըստ 1988-89, 2004 և 2009 թվականների երկրաֆիզիկական հետազոտությունների

Խորքային երկրաբանական կառուցվածքում խզվածքների արտահայտվածությունը վերլուծելու նպատակով օգտագործվել են.

- Տարածաշրջանի 1:200 000 մասշտաբի գրավիմետրական քարտեզի տվյալները,
- 1:50 000 մասշտաբի մանրամասն գրավիմետրական քարտեզի տվյալները;
- ԻԳԻՄ-ի կողմից 2004թ կատարված՝ ուղեգծային ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթների տվյալները;
- 2004 և 2009 թվականների 2D ՄՏ հանույթի և 2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալները:

Տարածաշրջանի ծանրաչափական քարտեզը 1:200,000 մասշտաբով ցույց է տալիս, որ ներկա է ծանրության ուժի խոշոր, լավ արտահայտված մինիմում, որի հարավ-արևմտյան կողմում գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը (Նկար 1.53): **«1988թ մոդելի»** համադրությունը քարտեզի հետ ցույց է տալիս, որ Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքն իր ուղղությամբ համընկնում է ծանրաչափական անոմալիայի հարավ-արևմտյան թևի հետ (Նկար 1.53):

«Գեոդիսկ-2009թ» մոդելը նույնպես լավ է հաստատվում բացասական ծանրաչափական անոմալիայի երկրաչափությամբ: Ծանրաչափական անոմալիայի դեպի հարավ ձգվող ուրվագիծը նման է **«փուլ-ապարտ»** ավազանի հարավային թևի երկրաչափական ձևին (Նկար 1.54):

«ԻԳԻՄ 2004թ մոդելը» ոչ մի հաստատում չի գտնում տարածաշրջանի ծանրաչափական դաշտում: Բոլոր լինեամենտները / L1, L2, L3, L4/ տարածվում են դեպի Հյուսիս-Արևելք և ուղղված են ուղղահայաց՝ գրավիտացիոն /ձգողության/ դաշտի հավասարագծերի հյուսիս-արևմտյան ուղղության նկատմամբ (Նկար 1.55):

1:50 000 մասշտաբի մանրամասն ծանրաչափական հանույթը կատարվել էր Յանիկյանի և նրա գործընկերների կողմից 1988թ և ունի շատ մեծ ճշտություն: Նկար 1.56-ում ներկայացված են չափման կետերի տեղադիրքերը, որոնց խտությունը վկայում է այն մասին, որ քարտեզի տվյալներին բնորոշ է տարրալուծման բարձր կարողություն: 1:200000 մասշտաբի տարածաշրջանային քարտեզի համադրությունը 1:50000 մասշտաբի մանրամասն քարտեզի հետ ցույց է տալիս նրանց բավականին լավ համատեղելիությունը (Նկար 1.57): Մանրամասն քարտեզը վկայում է նաև այն մասին, որ լավ է արտահայտված Հյուսիս-Հյուսիս-Արևմտյան ուղղությամբ ձգվող գրավիտացիոն մինիմումի անոմալիան, որի արևմտյան կողմի վրա գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը (Նկար 1.57):

Ինչպես և տարածաշրջանային քարտեզի դեպքում, **«1988թ մոդելը»** ցուցադրում է, որ Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը բավականին լավ համատեղելի է մանրամասն ծանրաչափական քարտեզի տվյալների հետ (Նկար 1.58):

«Գեոդիսկ-2009թ» մոդելը ցույց է տալիս «փուլ-ապարտ» ավազանի արևմտյան և արևելյան սահմանազատման խզվածքների երկրաչափության և ձգողության ուժի անոմալիայի լավ համատեղելի լինելը: Դա հատկապես լավ է արտահայտված թե՛ «փուլ-ապարտ» կառուցմաքի և թե՛ ձգողության ուժի անոմալիայի հարավում (Նկար 1.59):

“ԻԳԻՍ 2004թ մոդելը”, ինչպես և տարածաշրջանային տվյալների դեպքում, որևէ հաստատում չի ստանում նաև 1:50000 մասշտաբի ծանրաչափական հանույթի տվյալներում (Նկար 1.60): L1, L2, L3 և L4 լինեամենտները կողմնորոշված են ուղղահայաց՝ գրավիտացիոն դաշտի հավասարագծերի նկատմամբ:

3.2.4. ԻԳԻՍ-ի կողմից 2004թ կատարված ուղեգծային ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթը

Ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթները ԻԳԻՍ-ի կողմից իրականացվել էին 2004թ ՄՏ հանույթի 1-ին և 2-րդ Ուղեգծերով (Նկարներ 1.2, 1.3 և 1.18): Ուղեգիծ 1-ը անցնում էր Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքի և L1, L2 և L3 լինեամենտների միջով, իսկ Ուղեգիծ 2-ը հատում էր L1 և L2 լինեամենտները, Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը և իջույթ D1-ը հատող ակտիվ խզվածքները (Նկարներ 1.18 և 1.25): Հետևաբար, բոլոր երեք կառուցվածքային մոդելներում ներառված հիմնական խզվածքները հատվել են այդ ուղեգծերով, և կարելի է պարզել, արդյոք նրանք արտահայտվում են գրավիտացիոն և մագնիսական դաշտերի անոմալիաներում: Նկար 1.61 a և b ներկայացնում է տվյալներ 1-ին և 2-րդ Ուղեգծերով, ուր սլաքներով նշված են երեք մոդելներում անջատվող խզվածքները:

Գրավիտացիոն և մագնիսական դաշտերի փոփոխման կորերի վերլուծությունը հուշում է, որ գոյություն ունի ձգողության դաշտի միայն մեկ անոմալիա՝ Ուղեգիծ 1-ի 6.5-8.5 կմ հատվածում և որ այդ անոմալիան համընկնում է L3 լինեամենտի հետ 8.5 կմ կետում: Մակայն հենց 6.5-8.5 կմ հատվածում Ուղեգիծը անցնում է Քարքար հրաբուխի տեղաշարժված մասին զուգահեռ, որից արտավիժել էր 150-200 մ տարածություն անցած անդեզիտաբազալտային հոսքը: Ուստի բարդ է ասել, արդյոք այդ գրավիտացիոն անոմալիան արտացոլում է L3 լինեամենտը թե՛ Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը, թե՛ վերաբերվում է անդեզիտաբազալտային լավաների ժայթքման անցուղուն:

Երկրորդ Ուղեգծի 3-4.5 կմ հատվածում հստակ առանձնանում են գրավիտացիոն և մագնիսային դաշտերի անոմալիաները: Հենց այդ տեղում Ուղեգիծ 2-ը հատում է D1 իջույթն իր ակտիվ խզվածքների համակարգով, որը ներկայացված է “Գեոոիսկ 2009 թ” մոդելի մեջ:

Հետևաբար, 2004թ ԻԳԻՍ-ի կողմից ուսումնասիրված երկրաֆիզիկական ուղեգծերի վերլուծությունը վկայում է այն մասին, որ ձգողության ուժի և մագնիսական անոմալիաները լավ համադրելի են “Գեոոիսկ-2009թ” մոդելում ներկայացվող խզվածքների հետ, և որ կա համադրություն ԻԳԻՍ 2004թ մոդելի L3 լինեամենտի համար, սակայն այն պակաս վստահելի է:

ԻԳԻՍ-ի 2004թ հաշվետվությունում ներկայացված խզվածքների սխեմայի վրա ցույց են տրված նաև 10 խզվածքներ, որոնք բացահայտվել էին ուղեգծային ծանրաչափական հանույթի ժամանակ (1-10, Նկարներ 1.18 և 1.25), ինչպես նաև երկու խզվածք, բացահայտված ըստ երկրաբանական տվյալների (1.11 և 1.12 Նկար 1.18-ում և Նկար 1.25-ում): Քանի որ այդ խզվածքները չեն նկարագրվում ԻԳԻՍ-ի 2004թ

հաշվետվության տեքստում և հաշվի չեն առնվել կառուցվածքային և հայեցակարգային մոդելների մշակման ժամանակ, մենք դրանք չենք քննարկելու մեր վերլուծության մեջ:

3.2.5. 2004թ 2D US հանույթի տվյալները

Ուղեգիծ 1-ի երկայնքով 2004թ իրականացված US հանույթի վերջավոր 2D մոդելները ցույց են տալիս երկու խզվածք. մեկը՝ չափման 22-րդ կետի (խորությունը 4 կմ) կամ 26-րդ կետի (խորությունը՝ 2 կմ) տեղամասում, իսկ երկրորդը՝ երկու խորությունների դեպքում էլ կետ 35-ի տեղամասում (Նկար 1.4): US ուղեգծի վրա ցուցադրված առաջին խզվածքը՝ 22-26 կետերի միջակայքում կարող է համապատասխանել L2 լինեամենտին, իսկ երկրորդը՝ 35-րդ կետում՝ չի համապատասխանում երեք մոդելներում ներառված և ոչ մի խզվածքին:

Ամենահետաքրքիր անոմալիան 2004թ US հանույթի ժամանակ հանդիսացել էր Ուղեգիծ 2-ում (Կետեր 27-30) և Ուղեգիծ 1-ում (Կետեր 55-58) առանձնացված ենթաուղղահայաց հաղորդիչ գոտին: Այդ գոտին ԻԳԻՍ-ի 2004թ հաշվետվությունում մեկնաբանվել է իբրև մագնատար (ֆյուլիդահաղորդիչ) ուղի: Գոտին ճիշտ համընկնում է ակտիվ խզվածքների հետ, որոնք արևմուտքից սահմանազատում են **“Գեոոիսկ 2009թ”** մոդելում ներկայացված՝ *“փուլ-ապարտ”* ավազանը (Նկար 1.62):

2009թ 2D US և 2011թ 3D US հանույթների հետ տվյալների համադրությունը ներկայացվում է հաջորդ բաժնում:

Երկրաֆիզիկական դաշտերում խզվածքների արտահայտվածության վերլուծության արդյունքները վկայում են հետևյալի մասին.

- **“Գեոոիսկ 2009թ”** մոդելում ներկայացված խզվածքները լավ արտահայտված են թե՛ տարածաշրջանային ($U=1:200\ 000$), և թե՛ մանրամասն ($U=1:50000$) ծանրաչափական քարտեզներում: D1 իջույթի տեղամասում նրանք լավ արտահայտվում են 2004թ ուղեգծային ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթների, ինչպես նաև US հանույթի արդյունքներում;
- Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքը (**“1988թ մոդելը”**) նույնպես լավ, սակայն պակաս հստակ է արտահայտված վերը նշված նյութերում;
- **“ԻԳԻՍ 2004թ”** մոդելում ներկայացված լինեամենտները համարյա արտահայտված չեն երկրաֆիզիկական դաշտերում:

Դա հաշվի առնելով կարելի է ենթադրել, որ **“Գեոոիսկ 2009թ”** մոդելում ներկայացված խզվածքները կարող են արտացոլել խորքային երկրաբանական կառուցվածքի տարրերը: Խորքային կառուցվածքի մեկնաբանությունը ներկայացվում է այս հաշվետվության հաջորդ բաժիններում:

Աղյուսակ 1-ում բերված է 1988, 2004 և 2009 թվականներին մշակված կառուցվածքային մոդելների համար հիմք հանդիսացած խզվածքների համեմատությունը և կշիռային գնահատականը: Գնահատականի մեջ կիրառվում են մոդելներում ներկայացվող խզվածքների որոշման հուսալիության երեք չափանիշները, այդ թվում ըստ նրանց արտահատվածության.

- մորֆոկառուցվածքում և ռեյէֆում՝ հեռագնման տվյալների և ԲԹՄ-ի հիման վրա,
- մորֆոկառուցվածքում և մակերևույթի երկրաբանական կառուցվածքում՝ դաշտային ուսումնասիրությունների հիման վրա;
- խորքային երկրաբանական կառուցվածքում՝ 1988-89 և 2004 թվականների երկրաֆիզիկական հետազոտությունների տվյալների հիման վրա:

Այն տվյալները, որոնք ներկայացված են 3.2.1–3.2.5 բաժիններում և ամփոփված են Աղյուսակ 1-ում, ուր մենք հասկացնում ենք հավաստիության կշիռային գործակիցներ նշված մոդելների բոլոր խզվածքներին, վկայում են, որ “ԻԳԻՍ 2004թ” մոդելում խզվածքների որոշումը շատ փոքր հուսալիություն ունի: Նույն տվյալները հաստատում են “Գեոոիսկ 2009թ” մոդելը և Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը, որը ներկայացված է “1988թ մոդելում”:

3.2.6. 1988 և 2004 թվականների կառուցվածքային մոդելների համադրությունը և քննադատական վերլուծությունը

“1988թ Մոդելը” ենթադրում էր, որ Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը կարող է ապահովել կառուցվածքային և ֆյուլիդիային կապ Քարքար հրաբուխի և Ջերմաղբյուրի տաք աղբյուրի միջև: Ներկայումս չկան նման կապի գոյության որևիցե ապացույցներ, նույնը կարելի է ասել նաև Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքի գոտում երկրաջերմային ռեզերվուարների, կամ ֆյուլիդային անցուղիների կառուցվածքային հսկողության և տեղադրման ձևի բացատրության մասին: Մյուս կողմից էլ այսօրվա դրությամբ առկա երկրաֆիզիկական տվյալները չեն հակասում նման հնարավորությանը: Երկրաբանական տվյալների մեկնաբանությունը պակաս լավատեսական է 1988թ մոդելի համար: Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքն ունի միայն 9-10 կմ երկարություն, ինչը չափազանց քիչ է մի խզվածքի համար, որն ապահովում է երկրաջերմային պաշարների կառուցվածքային և ֆյուլիդային հսկողությունը: Ըստ “1988թ Մոդելի” Քարքարի-Ջերմաղբյուրի խզվածքը մյուսների հետ միասին Որոտան գետի ձախափնյա տարածքում սահմանազատում է Նեոգենի-Չոբրոդրդական տարիքի հյուսիս-արևմտյան տարածման ճկվածքը: Այնուամենայնիվ չկան մեկնաբանություններ երկրաջերմային պաշարների հսկողությունում այդ ճկվածքի հնարավոր կառուցվածքային դերի մասին:

Աղյուսակ 1: Հավաստիության կշիռային արժեքներ, որոնք հատկացվում են “1988թ մոդելում”, “ԻԳԻՄ 2004թ” և “Գեոռիսկ 2009թ” մոդելներում առանձնացվող խզվածքներին

Մոդել	Խզվածքի անվանում	Խզվածքի անջատման համար օգտագործված տվյալներ և հավաստիության հաշվարկային մակարդակը						
		Ըստ ԲԹՄ և հեռագնման նյութերի	Ըստ մակերևութային երկրաբանական արտահայտման	Ըստ ծանրաչափական տվյալների Մ=1:50000 (Յանիկյան, 1988)	Ըստ 2004թ ՄՏ տվյալների	Ըստ 2004թ մագնիսաչափական տվյալների (Նկար 5.1, Նկար 5.2)	Ըստ 2004թ ծանրաչափական տվյալների (Նկար 4.5, Նկար 6.4)	Վերջնական գնահատական
Մոդել 1988թ	KJF – Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքը	Միայն Քարքար հրաբուխի տեղամասում	Միայն Քարքար հրաբուխի տեղամասում	Հավաստի չէ, սակայն հնարավոր է, պակաս քան 50%	Կետեր MT 2.07 և 1.17 -1.14	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Սեգմենտ 6.5– 8.5 կմ Ուղեգիծ 1-ի վրա	70% Պակաս քան 50%
		Ընդհանուր	Ընդհանուր	Ընդհանուր	Ընդհանուր	Ընդհանուր	Ընդհանուր	Ընդհանուր
ԻԳԻՄ 2004թ	Լինեամենտ L1	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Կետեր MT 2.02; 1.17, 3.03, 4.01	Սեգմենտ 2.3 կմ, Ուղեգիծ 1-ի վրա	Սեգմենտ 2.3 կմ Ուղեգիծ 1-ի վրա	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%,
	Լինեամենտ L2	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Կետեր ՄՏ 2.09, 1.26, 3.07, 4.03	Սեգմենտ 3.1 կմ, Ուղեգիծ 1-ի վրա	Սեգմենտ 3.1 կմ Ուղեգիծ 1-ի վրա	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%,
					Սեգմենտ 0.3 կմ, Ուղեգիծ. 2-ի վրա	Սեգմենտ 3 կմ Ուղեգիծ 2-ի վրա	Սեգմենտ 1.5 կմ Ուղեգիծ 2-ի վրա	
	Լինեամենտ L3	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%,	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%,	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	ՄՏ Կետեր 21.57	Սեգմենտ 8.5 կմ Ուղեգիծ 1-ի վրա	Սեգմենտ 8.5 կմ Ուղեգիծ 1-ի վրա	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%,
Լինեամենտ L4	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	Տվյալ չկա	Տվյալ չկա	Տվյալ չկա	Ոչ հավաստի, պակաս քան 20%	
Գեոռիսկ 2009թ	Քարքարի “փուլ-ապարտ” ավազանի արևմտյան ճյուղը	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%	Շատ հավաստի– 100%

	Քարքարի “Վուլ-սպարտ” ավազանի արևելյան ճյուղը	Շատ հավաստի-100%	Շատ հավաստի-100%	Շատ հավաստի-100%	Տվյալ չկա	Տվյալ չկա	Տվյալ չկա	Շատ հավաստի-100%
--	--	------------------	------------------	------------------	-----------	-----------	-----------	------------------

Կշիռային արժեքներ.

Շատ հավաստի (երկրաբանները քաֆիզիկական հաստատմամբ)	100%
Հավաստի (վստահությամբ)	70%
Պակաս հավաստի, սակայն հնարավոր (սակաս վստահությամբ)	սակաս քան 50%
Ոչ հավաստի (ոչ վստահելի)	սակաս քան 20%

«ԻԳԻՍ 2004» մոդելը: Այդ մոդելի կառուցվածքային հայեցակարգի համաձայն անջատվել էր *«տարածաշրջանային հանգուցային տեղակայման խորքային ջերմության կառույցը՝ խորքային ջերմության Ջերմադրյուրի և Քարքարի անոմալիաները, որոնք տեղադրված են Հս.-Ամտ.-Հվ.-Արլ. տարածմամբ Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի երկայնքով և, համապատասխանաբար ձգվում են Հս.Արլ.-Հվ.Արմ. տարածումով Բուդուրի և Մուխուտարյանի լինեամենտային գոտիների երկայնքով, ինչը վկայում է գրաբենաձև իջած բլոկի հնարավորության մասին, որը սահմանազատվում է նշված լինեամենտային գոտիներով և, հավանաբար, խզվածքով, որը զարգացել է Որոտան-Ակերա գետերի ջրբաժան մասում՝ կեղևի հիմքի բարձրացման շերտում»* (մեջբերման ավարտ, էջեր 27- 28 ԻԳԻՍ-ի «Հաշվետվություննից...» (2004թ):

Վերևում մեջբերվող ձևակերպումը չափազանց անհաջող է երկրաբանության տեսանկյունից և դժվար ընկալելի է, ուստի փորձենք այն ներկայացանել ավելի հասկանալի շարադրմամբ և վերլուծել նրա հավաստիությունը:

«ԻԳԻՍ-2004թ» մոդելի կառուցվածքային հայեցակարգը կարելի է ստորաբաժանել միմյանց մեջ կապակցված մի քանի դրույթների, այդ թվում.

1. Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության անոմալիաները դիտվում են հյուսիս-արևմտյան տարածում ունեցող Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի երկայնքով,
2. Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության անոմալիաները ձգվում են նաև Բուդուրի և Մուխուտարյանի լինեամենտային գոտիների երկայնքով, որոնք ունեն հյուսիս-արևելյան տարածում,
3. Հյուսիս-արևելյան տարածմամբ լինեամենտային գոտիները սահմանազատում են մի գրաբեն, որում և գտնվում են Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության նշված անոմալիաները, իրար հետ միացված գրաբենի նկատմամբ ուղղահայաց կողմնորոշված Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքով:
4. Այն հանգամանքը, որ Հյուսիս-Արևելյան տարածմամբ գրաբենը հատվում է Հյուսիս-Արևմտյան տարածմամբ Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի հետ ընդունվում է որպես *« տարածաշրջանային հանգուցային տեղակայման կառույց»:*

Փորձենք հաջորդականությամբ քննարկել և վերլուծել **«ԻԳԻՍ 2004թ»** մոդելի կառուցվածքային հայեցակարգի բոլոր 4 բաղադրիչ դրույթները:

5. **Դրույթ 1-ին: Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության անոմալիաները գտնվում են հյուսիս-արևմտյան տարածում ունեցող Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի երկայնքով**

Այս դրույթը լրիվ կրկնօրինակում է **«1988թ մոդելը»**: Միակ և անհասկանալի տարբերությունը **«1988թ մոդելից»** դա Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության անոմալիաների անջատումն է: ԻԳԻՍ-ի 2004թ «Հաշվետվությունում» չկա հիմնավորում և չի խոսվում այն մասին, թե ինչ տվյալների հիման վրա անջատվել էին այդ անոմալիաները և ինչ են նրանք իրենցից ներկայացնում: Կարելի է միայն ենթադրել, որ խորքային ջերմության անոմալիաների տակ հեղինակները ի նկատի էին ունեցել 1988թ բացահայտված երկու սեյսմիկ անոմալիաները և, հավանաբար, մեծ

հաղորդունակությամբ երկու գոտիները, որոնք հայտնաբերվել էին 2004թ ՄՏ հանույթի հիման վրա: Սակայն երկու դեպքում էլ չկան ապացույցներ, որ բացահայտված սեյսմիկ և մագնիսատելուրային անոմալիաները հանդիսանում են խորքային ջերմության անոմալիաներ, ուստի դա պարզապես ենթադրությունն է:

Դրույթ 2-րդ: Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության անոմալիաները ձգվում են նաև Բուդուրի և Մուխուտարյանի լինեամենտային գոտիների երկայքնով, որոնք ունեն հյուսիս-արևելյան տարածում (L1, L2, L3, L4):

ԻԳԻՍ-ի 2004թ «Հաշվետվությունում» չկա որևէ բացատրություն թե ինչպես և ինչ նյութերով են առանձնացվել հյուսիս-արևելյան տարածման լինեամենտները (L1, L2, L3, L4), բայց հղում է արվում մի աշխատության վրա [51], ուր որ դա պետք է նկարագրված լինի: Հղումը [51] վերաբերվում է Թումանյան Համլետի աշխատությանը, որը հրատարակվել է “Երկրի ուսումնասիրությունները տիեզերքից” ամսագրում /«Исследования Земли из космоса»/ 1983թ: Ցավոք, այս աշխատությունը տարածաշրջանային համատեքստ ունի և նույնպես չի պարունակում բացահայտված լինեամենտների որևէ հստակ նկարագրություններ: Նկար 1.63-ում ներկայացված է մի քարտեզ Թումանյանի հողվածից (1983), որում ցույց են տրված չորս լինեամենտներից միայն երեքը (L1, L2, L3 – *համարակալվում են մեր կողմից*): Մինչև “ԻԳԻՍ 2004թ” մոդելի տվյալ դրույթի վերլուծմանն անցնելը հարկավոր է նշել երկու կարևոր հանգամանք:

Առաջինը. 1970-ական տարիներին, հեռագնման նյութերի ի հայտ գալուն զուգընթաց, սկսվել էր բազմաթիվ գիտական աշխատությունների հրատարակումը, որոնց մեջ լինեամենտներ էին անջատվում ու քննարկվում: Այդ տերմինը, որն առաջարկել է Հոբսը 1915թ, զարգացման նոր իմպուլս ստացավ: Լինեամենտը միշտ դիտվել է որպես մի գծային անոմալիա, որը կարելի է անջատել տիեզերքից ստացված պատկերներում և որը ոչ պարտադիր իրենից ներկայացնում է խզվածք, կամ երկրաբանական կառուցվածքի որևէ այլ տարր: Արբանյակային պատկերների հիման վրա անջատված լինեամենտները կարելի է դասել երկրաբանական կառույցի կարգին միմիայն այն պայմանով, որ նրանք քարտեզագրվում են դաշտում:

Երկրորդը. Ինչպես նշվում է Թումանյանի (1983) հողվածում, լինեամենտները բացահայտվել էին “Մետեոր” և «ERTS» արբանյակներից ու “Սոյուզ” տիեզերանավերից ստացված պատկերների վերլուծության հիման վրա: Այն լուսանկարները, որոնք ստացվել են 1970-ականների վերջում և 1980-ականների սկզբում նշված տիեզերական օբյեկտներից, ունեցել են տարրանջատման լուծաչափ սկսած 1 կմ-ից (Meteop) մինչև մի քանի հարյուր մետրեր (ERTS, “Սոյուզ”): Դա նշանակում է, որ արբանյակային պատկերների վերլուծման ժամանակ հնարավոր էր եղել անջատել միայն 1 կմ-ից ավելի լայն կառուցվածքները: Թումանյանն ինքը գրում է դրա մասին ԻԳԻՍ-ի “Հաշվետվությունում”՝ 27 և 28 էջերում. “Նշված լինեամենտները ներկայացված են լավային հոսքերի տակ թաքնված խզվածքների՝ 0,7-1,3 կմ լայնությամբ զարգացման գոտիներով (N2-Q).” Հավանաբար ի նկատի էր ունեցվել այն, որ լինեամենտները համապատասխանում են Նեոգեն-Չորրորդական հասակի լավաներով ծածկված խզվածքների մակերևույթային արտացոլմանը:

Մեր հաշվետվության 4.2.1 և 4.2.2 բաժիններում և Աղյուսակ 1-ում ցուցադրվել է, որ նույնսիկ ամենաարդիական արբանյակային պատկերների, որոնց տարրալուծման կարողությունը կազմում է 30 մ-ից մինչև 1մ և 0,6մ, և ԱՏՀ անալիզի ամենաժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառմամբ հնարավոր չէ հաստատել հյուսիս-արևելյան տարածման լինեամենտերի ներկայությունը (L1, L2, L3, L4): Չի հաստատվում լինեամենտների որևէ արտահայտվածություն նաև մակերևութային մորֆոկառուցվածքում և երկրաբանությունում:

Հետևաբար, ավելի քան 25 տարի առաջ կատարված հետազոտությունների արդյունքներով՝ տարածաշրջանային համատեքստով աշխատության մեջ լինեամենտների անջատումը՝ այն էլ օդերևութաբանական արբանյակներից ստացված պատկերների կիրառմամբ, որոնց տարրալուծման մակարդակը կազմել է 0.7-1 կմ, չի կարող համարվել բավականաչափ ու հիմնավորված մոտեցում նրանց հիման վրա 1:25 000 մասշտաբով կառուցվածքային մոդելի մշակման համար, հատկապես եթե այդ մոդելը ծառայելու է երկրաչերմային պաշարների գնահատման գործնական նպատակին:

Դրույթ 3-րդ: Հյուսիս-արևելյան տարածմամբ լինեամենտային գոտիները սահմանագատում են մի գրաբեն, որում և գտնվում են Ջերմադրյուրի և Քարքարի խորքային ջերմության նշված անոմալիաները, իրար միացված լինելով գրաբենի նկատմամբ ուղղահայաց կողմնորոշված Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքով:

Դա «ԻԳԻՍ 2004թ» մոդելի հանգուցային դրույթն է: Այն ներառվել էր ԻԳԻՍ-ի 2004թ «Հաշվետվության» եզրակացության և առաջարկությունների մեջ և հիմք էր ծառայել Ջերմադրյուրի երկրաչերմային հանքավայրի հայեցակարգային մոդելի մշակման համար (Նկար 1.15):

Այդ դրույթը կարելի է սահմանել հետևյալ կերպ. հյուսիս-արևելյան տարածման լինեամենտները հանդիսանում են վարնետք խզվածքներ, որոնք տեղաշարժել են Պալեոգենի. Կավիճի, Յուրայի դարաշրջանների ապարները, ինչպես նաև բյուրեղային հիմքը, և 5-6 խորությունների վրա ձևավորել են գրաբենը, որը գտնվում է Քարքար-Ջերմադրյուրի տեղամասերի տակ: Վերջինը նշվում է թե՛ «Հաշվետվության» տեքստում, թե՛ Թումանյանի կողմից պատրաստված երկրաբանական կտրվածքում (տես Նկար 1.17):

Լինեամենտների նման տարօրինակ և արագ փոխարինումը գրաբենով 6 կմ խորության վրա հարկավոր է բացատրել և ապացուցել: Ցավոք, ԻԳԻՍ-ի 2004թ «Հաշվետվությունում» բերված չեն որևէ ապացույցներ: Առավելևս, Նկար 1.17 ներկայացված երկրաբանական կտրվածքը զարմացնում է: Ջերմադրյուրի և Քարքարի տեղամասերի շրջանում կա միայն մեկ հոր, 1 կմ խորությամբ, որը հատել էր միայն ինտրուզիան: Անհասկանալի է մնում, թե որտեղից են վերցվել կտրվածքում ներկայացվող մանրամասն տեղեկությունները՝ Կավիճի և Յուրայի դարաշրջանների հասակի նստվածքային ապարների և նրանց շերտագրական միավորների նշումներով, ընդուպ մինչև երկրաբանական հարկերը և նրանց հզորությունների մասին տվյալները: «Հաշվետվության» տեքստում դրա մասին ոչինչ չի ասվում: Միայն Նկար 1.17-ի կտրվածքի բացատրագրում ասվում է, որ շերտերի և նրանց հզորությունների անջատումը կատարվել է համընդհանուր գրավիմետրական խտության բնութագրի հիման վրա և ըստ ՄՏ և ԿՄՊՎ տվյալների՝ առանց լրացուցիչ որևէ

մանրամասնությունների: Նման բացատրությունը շատ քիչ հիմնավորված է թվում, երբ խոսքը գնում է Նկար 1.17-ում ներկայացվածին նման երկրաբանական կտրվածքի պատրաստման մասին:

Այնուամենայնիվ դա չէ Նկար 1.17-ում ներկայացված կտրվածքի, ինչպես նաև «ԻԳԻՍ 2004թ» մոդելում օգտագործվող հյուսիս-արևելյան գրաբենի ամբողջ կառուցվածքի հետ կապված հիմնական խնդիրը:

Ըստ Նկար 1.17-ի գրաբենը ձևավորում են երկու գույգ լինեամենտները՝ L1 և L2 հյուսիսում և L3 և L4 հարավում: Գրաբենը տեղաշարժել է բյուրեղային հիմքը 5 կմ ամպլիտուդով (Նկար 1.17), ընդ որում բյուրեղային հիմքը գրաբենի արտաքին երկու կողմերից էլ տեղադրված է մոտ 1 կմ խորության վրա և 6 կմ խորության վրա է գտնվում՝ գրաբենի կենտրոնում (Նկար 1.17):

Բյուրեղային հիմքի տեղաշարժի նման մեծություններով գրաբենի կառուցվածքը պարտադիր կերպով պետք է անդրադարձած լիներ նաև ձգողության ուժի անոմալիաների տարածաշրջանային քարտեզի վրա ($U=1:200\ 000$), ինչպես նաև մանրամասն քարտեզի վրա ($U\ 1:50\ 000$): Մինչդեռ նշված քարտեզներում չկա ոչինչ գրաբենի առկայությունը ապացուցելու համար: Այդ եզրակացությունը հիմնավորելու համար նշենք միայն երեք հիմնական փաստարկները:

Առաջինը. Բյուրեղային հիմքը կազմված է ապարներից, որոնք ցայտուն կերպով անդրադարձվում են գրավիտացիոն դաշտում: Հայաստանում նրանք միշտ արտացոլվում են ձգողության ուժի անոմալիաների հարաբերական մաքսիմումներով: Ջերմադրյուր և Քարքար տեղամասերի շուրջ տարածքները բնորոշվում են ձգողության ուժի տարածաշրջանային, լավ արտահայտված բացասական անոմալիայով (Նկարներ 1.53-1.60):

Երկրորդը. Հյուսիս-Արևելք կողմնորոշված գրաբենը՝ իր երկու կողմերից բյուրեղային հիմքի 5 կմ ամպլիտուդի տեղաշարժով՝ չէր կարող չունենալ իր անդրադարձը գրավիտացիոն դաշտի անոմալիաների հավասարագծերի ուղղագծում և արժեքներում՝ տարածաշրջանային և մանրամասն քարտեզների վրա: Մինչդեռ այդ երկու ծանրաչափական քարտեզները ցուցադրում են հավասարագծերի Հս.-Հս.-Արմ. կողմնորոշում, որն ուղղահայաց է ենթադրվող գրաբենի կողմնորոշման նկատմամբ և թույլ չի տալիս ենթադրելու 5 կմ մեծ ուղղահայաց տեղաշարժեր գրաբենի կողմերով (Նկարներ 1.53-1.60):

Երրորդը. Նույնիսկ եթե ենթադրվում է, որ գրաբենի հիմքում չկան բյուրեղային հիմքի ցայտունակ ապարներ, նման խորքային կառույցի ներկայությունը միննույնը չէր կարող չարտացոլվել տարածաշրջանային և գրավիտացիոն դաշտի մանրամասն քարտեզներում, ուղեգծային ծանրաչափական, մագնիսաչափական և ՄՏ հանույթներում, որոնք ԻԳԻՍ-ն ինքը կատարել էր 2004 թ: Մեր հաշվետվության 4.2.3, 4.2.4 և 4.2.5 բաժինները և Աղյուսակ 1-ը վկայում են, որ հիշյալ նյութերը ոչ մի կերպ չեն արտացոլում Հս.-Արլ. տարածման գրաբենի ներկայությունը:

Դրույթ 4-րդ: Այն հանգամանքը, որ Հյուսիս-Արևելյան տարածմամբ գրաբենը հատվում է Հյուսիս-Արևմտյան տարածմամբ Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքի հետ ընդունվում է որպես “ տարածաշրջանային հանգուցային տեղակայման կառույց”:

Նման դրույթին վերաբերող դիտողությունները ծավալուն չեն լինելու: Այն ներկայացնում է Հոբսի կողմից 1915 թվականին առաջարկված «լինեամենտային

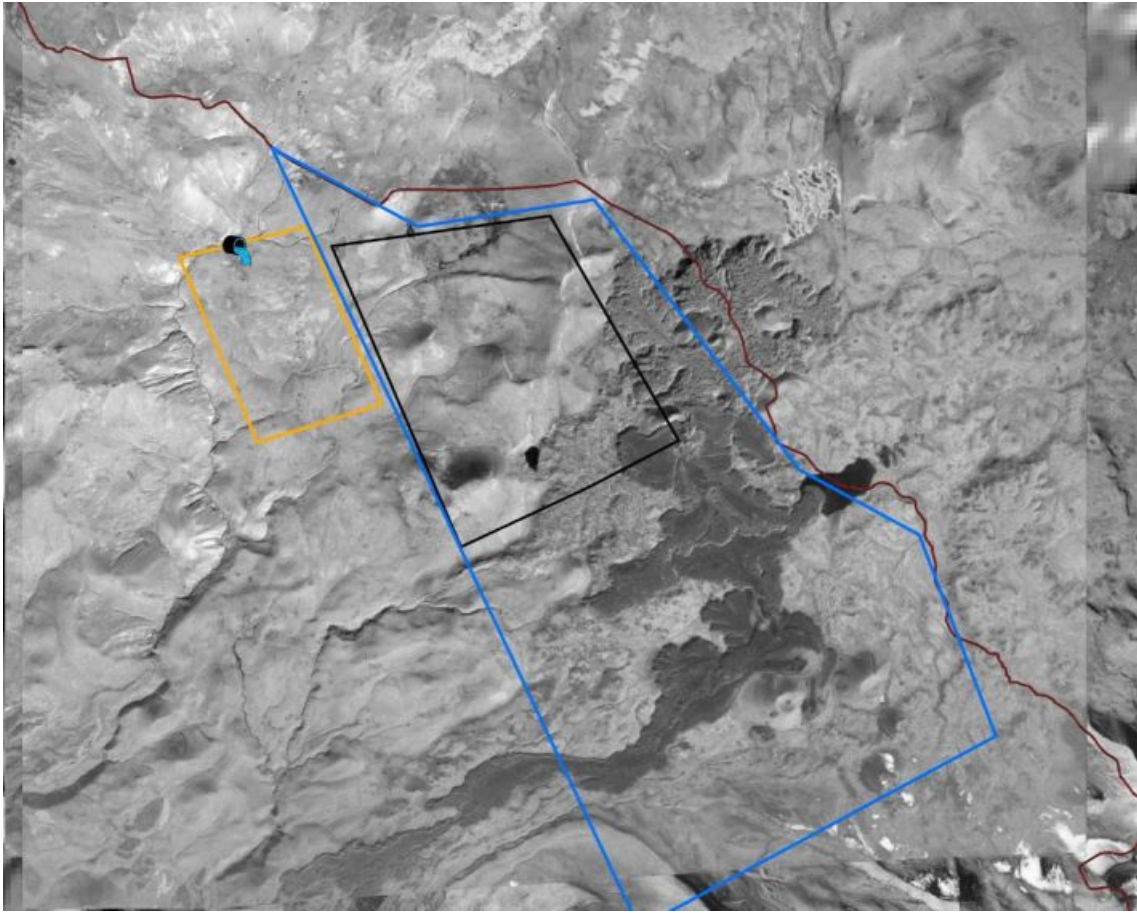
հանգույցների» տեսության և գրաբենի ներկայության վարկածի մի համադրություն, ընդ որում վերջինը ապացուցված չէ:

Հետևաբար, «ԻԳԻՄ 2004թ» կառուցվածքային մոդելը և այն խզվածքները, որոնցից այն բաղկացած է, **չեն հաստատվում**.

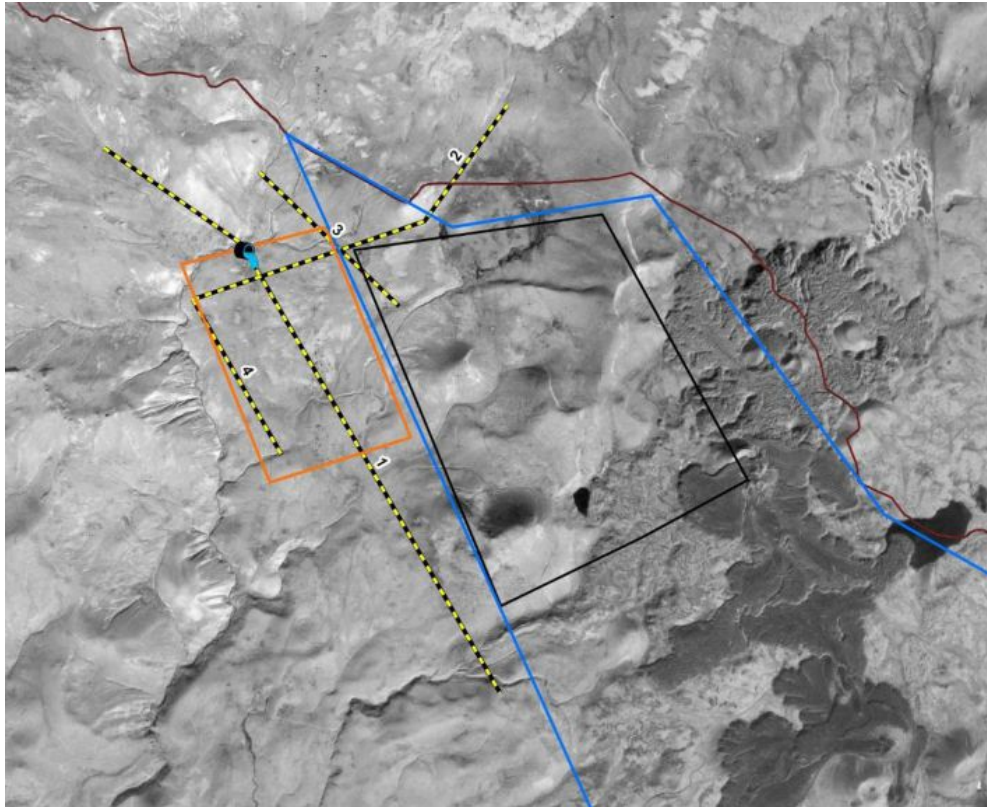
- Հեռազննման ուսումնասիրությունների տվյալներով,
- Մորֆոկառուցվածքային և մակերևույթային երկրաբանական կառուցվածքի տվյալներով,
- Երկրաֆիզիկական և խորքային երկրաբանական կառուցվածքի տվյալներով:

Ելնելով դրանից նման կառուցվածքային մոդել չի կարող համարվել որպես անաչառ հիմք ԻԳԻՄ-սի կողմից մշակված՝ Ջերմադրյուրի երկրաջերմային հանքավայրի հայեցակարգային մոդելի համար: Ինքստինքյան, ԻԳԻՄ-ի մշակված հայեցակարգային մոդելը բազմաթիվ հարցեր է առաջացնում: Նկար 1.64-ում ներկայացված է գրավիտացիոն մոդելը (ա) և խտությունների մոդելը (բ), որոնք մշակվել են Ուդեզիձ 1-ի համար և միասին ներկայացվում են ԻԳԻՄ-ի «Հաշվետվության» Նկար 4.6-ում (2004): Նկար 1.64c-ը վերարտադրում է Նկար 4.7-ը ԻԳԻՄ-ի 2004 թ «Հաշվետվությունից», որը նույնպես անվանված է «խտության մոդել Ուդեզիձ 1-ով», իսկ Նկար 1.64d-ում ներկայացված է վերջնական հայեցակարգային մոդելը՝ մշակված դարձյալ Պորֆիլ 1-ով բոլոր նախորդ տվյալների հիման վրա:

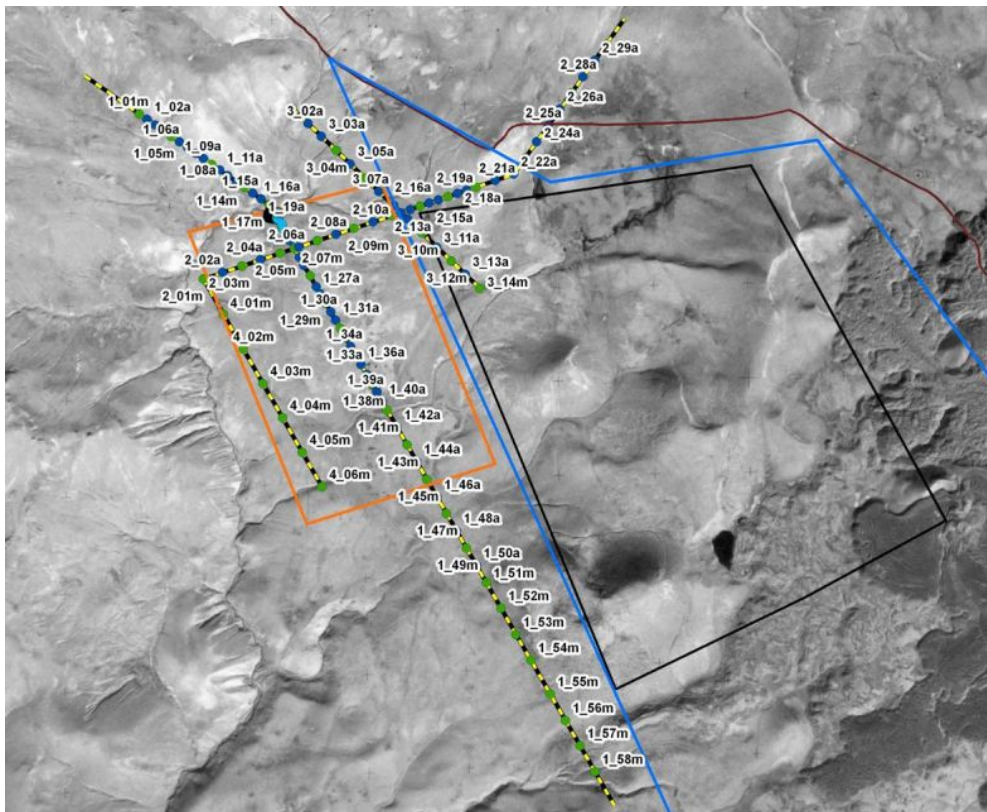
Անհամապատասխանությունը մի կողմից՝ գրավիտացիոն մոդելի (Նկար 1.64a) և նրա հիման վրա կառուցված խտությունների մոդելի (Նկար 1.64b) և մյուս կողմից՝ Նկար 1.64c-ում ցուցադրված խտությունների մոդելի և հայեցակարգային մոդելի (Նկար 1.64d) միջև, անբացատրելի է և ներքին հակասություն է ստեղծում, որը թույլ չի տալիս հուսալի համարել ԻԳԻՄ-ի հայեցակարգային մոդելը:



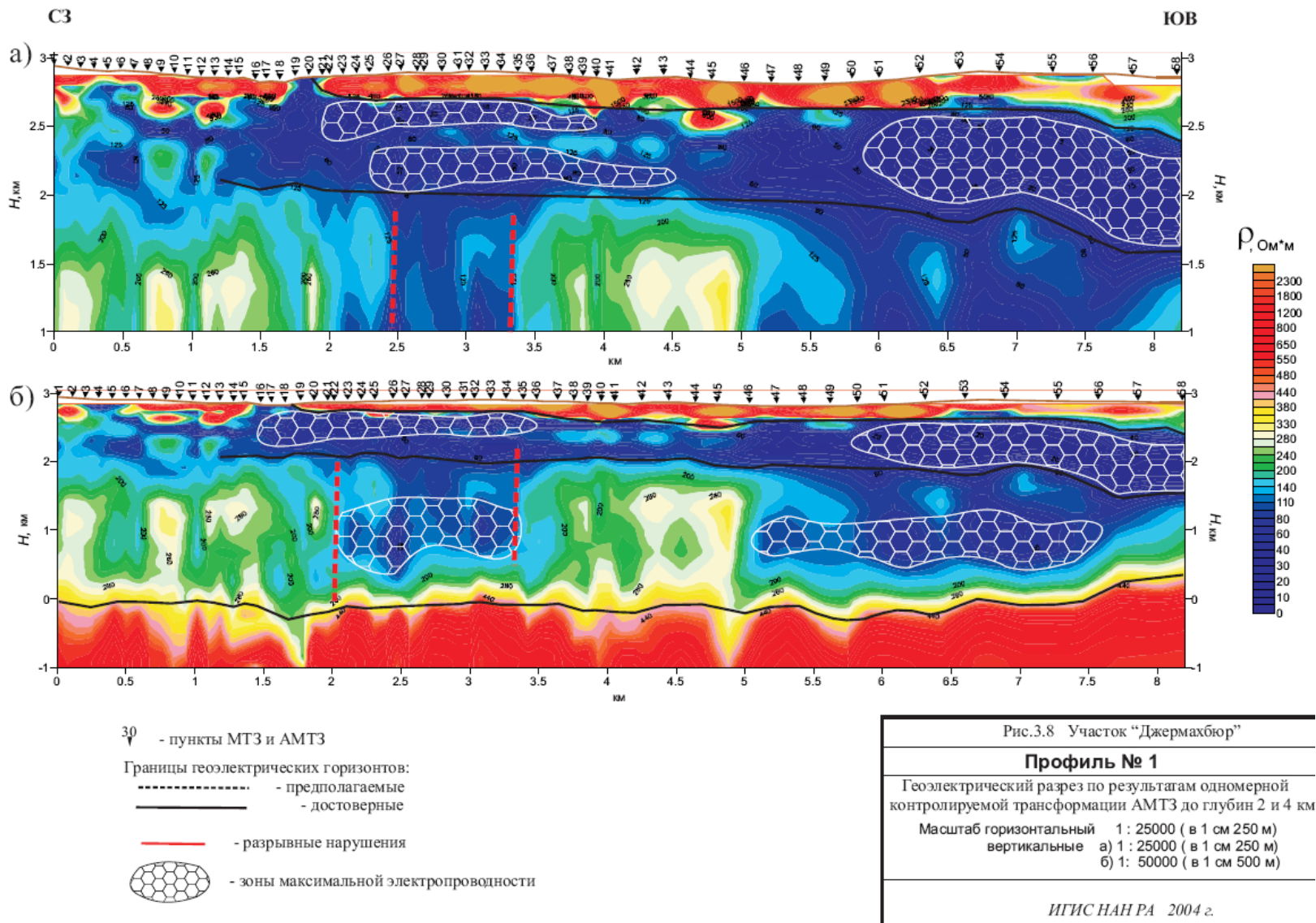
Նկար 1.1: Քարքարի (1) և Գրիձորի (2) տեղամասերը



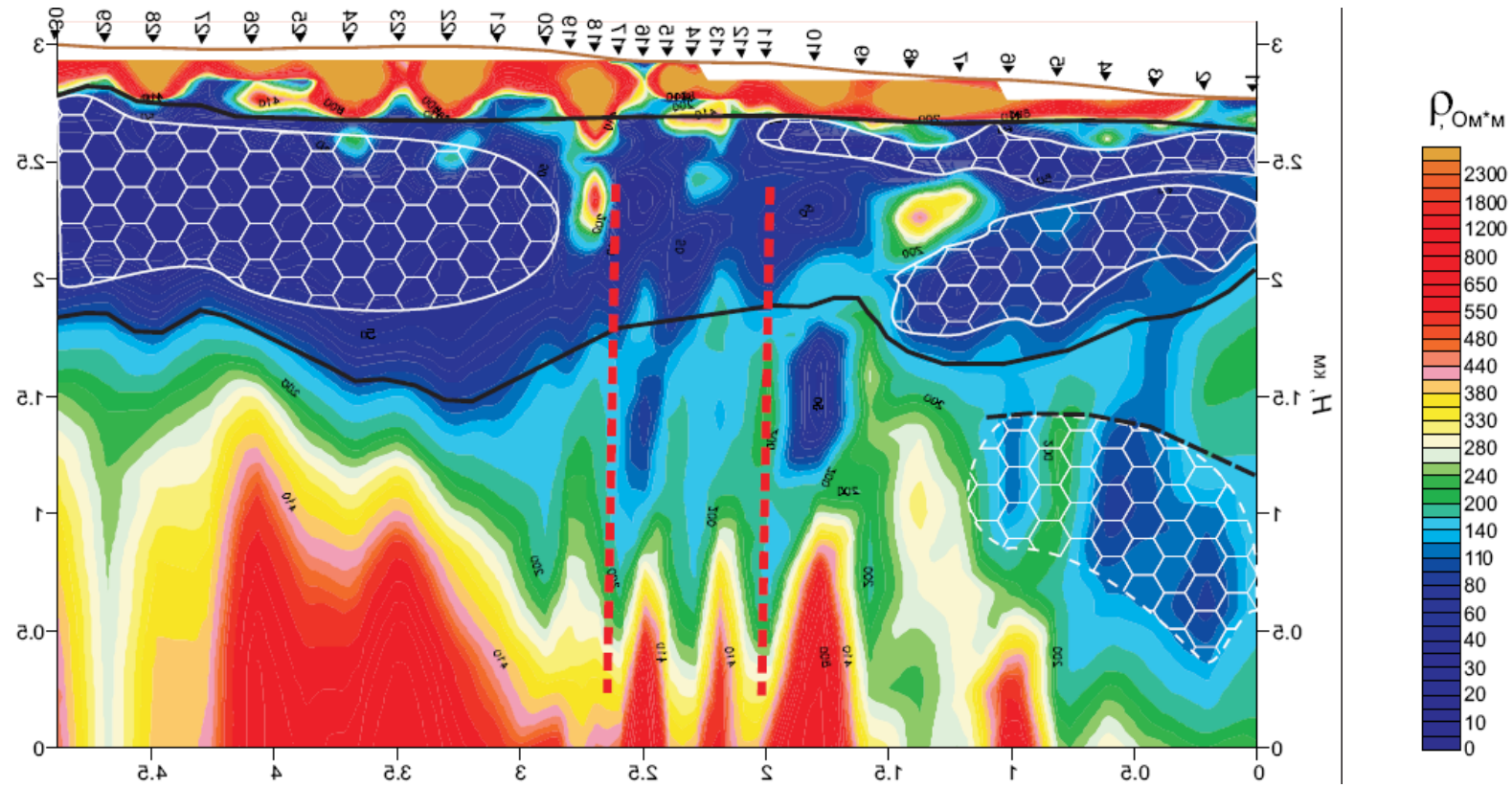
Նկար 1.2: Ջերմադրյուրի տեղամասը և 2004թ իրականացված ՄՏ հանույթի ուղեգծերի տեղադիրքը



Նկար 1.3: 2004թ իրականացված ՄՏ խորագնման կետերի թիվը



Նկար 1.4. 2004թ գեոէլեկտրական կտրվածքներ Ուղեգիծ 1-ի երկայնքով՝ 2 և 4 կմ խորությունների համար



- 30 - пункты МТЗ и АМТЗ
- Границы геоэлектрических горизонтов:
 - - - - - предполагаемые
 ————— достоверные
- — — — — предполагаемые разрывные нарушения
- ⬡ — зоны максимальной электропроводности

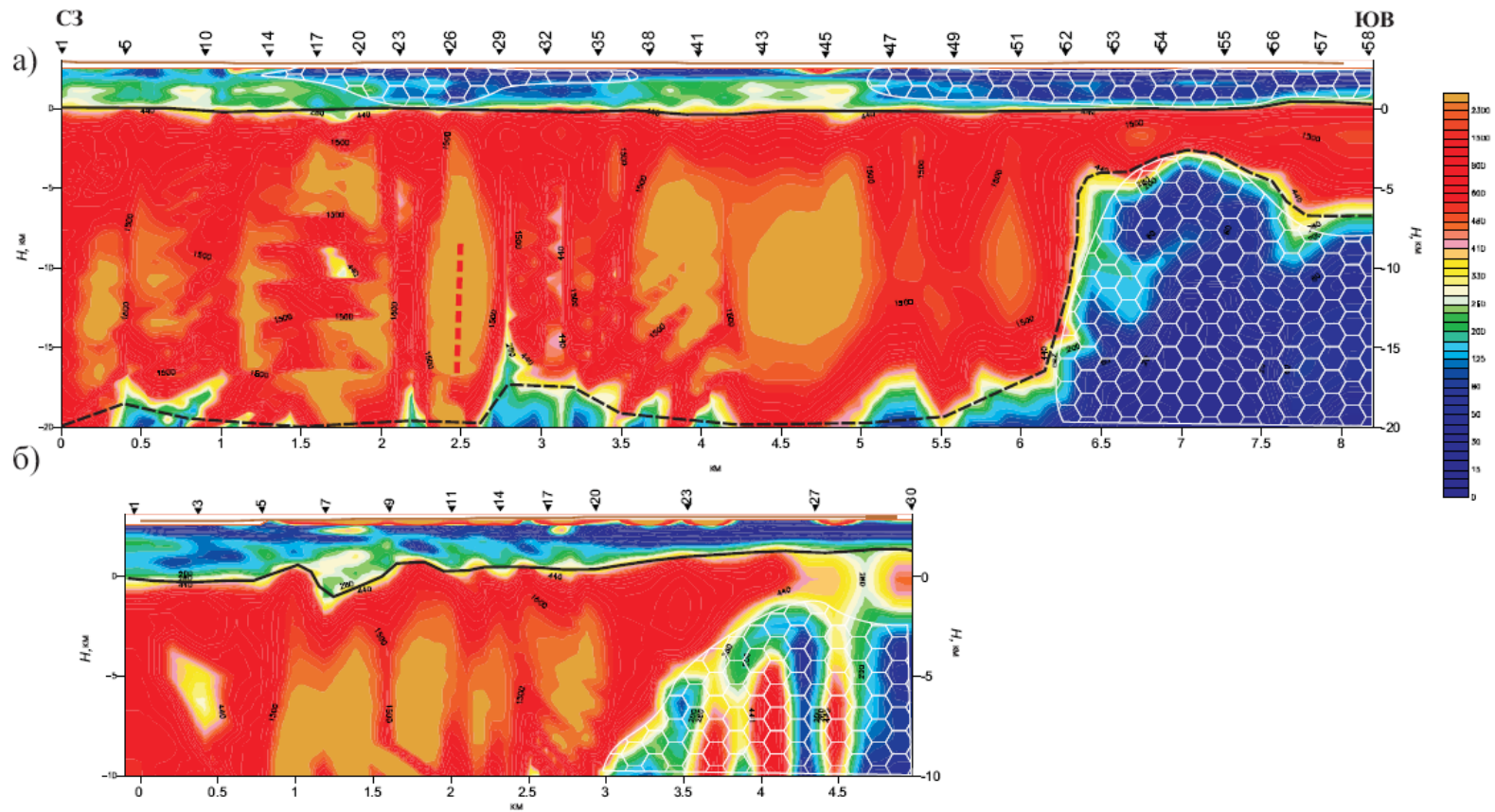
Рис. 3.9 Участок “Джермахбюр”

Профиль № 2

Геоэлектрический разрез по результатам одномерной контролируемой трансформации до глубин 2 и 4 км
 Масштаб горизонтальный 1 : 25000 (в 1 см 250 м)
 вертикальные а) 1 : 25000 (в 1 см 250 м)

ИГИС НАН РА 2004 г.

Նկար 1.5. 2004թ գեոէլեկտրական կտրվածքներ Ուղեգիծ 2-ի երկայնքով՝ 4 կմ խորության համար




- 30 - пункты МТЗ и АМТЗ
 Границы геоэлектрических горизонтов:
 - - - - - предполагаемые
 ————— достоверные
 ————— разрывные нарушения
 - зоны максимальной электропроводности

Рис.3.11 Участок "Джермахбюр"
Профиля № 1(а), 2(б)
 Геоэлектрический разрез по результатам одномерной контролируемой трансформации до глубин 10-20 км
 Масштаб горизонтальный 1 : 25000 (в 1 см 250 м)
 вертикальные а) 1 : 250000 (в 1 см 2500 м)
 б) 1: 200000 (в 1 см 2000 м)
 ИГИС НАН РА 2004 г.

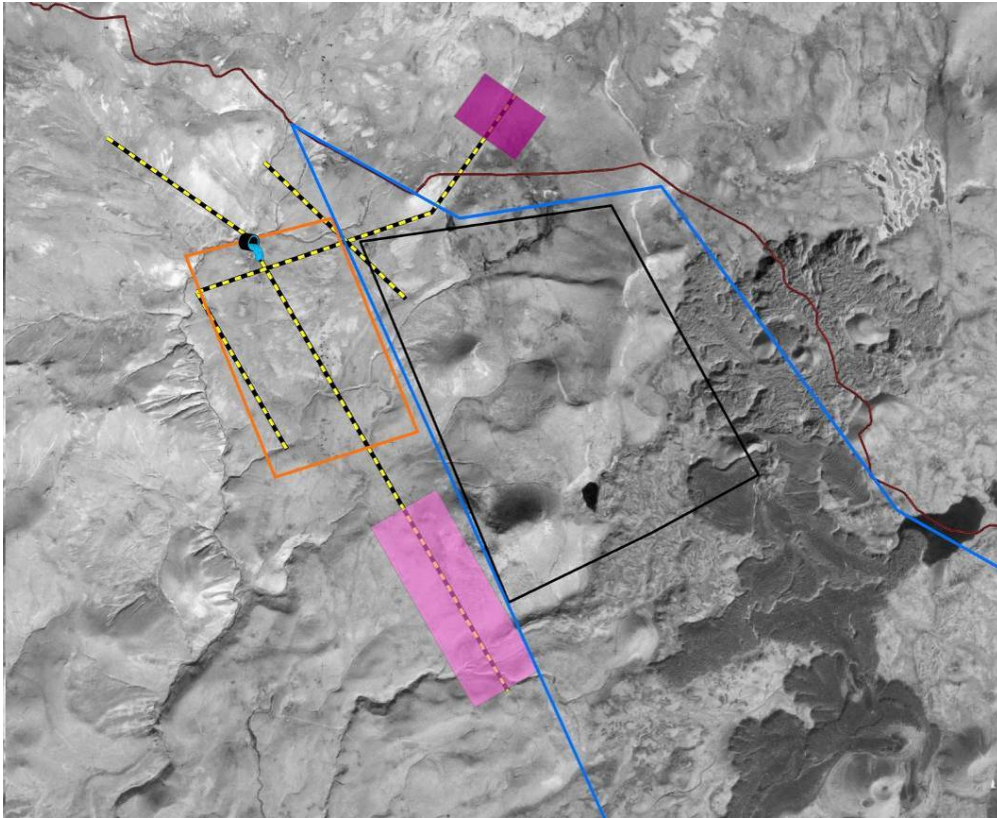
Նկար 1. 6. 2004թ գեոէլեկտրական կտրվածքներ Ուղեգծեր 1-ի և 2-ի երկայնքով՝ 10 կմ և 20 կմ խորությունների համար



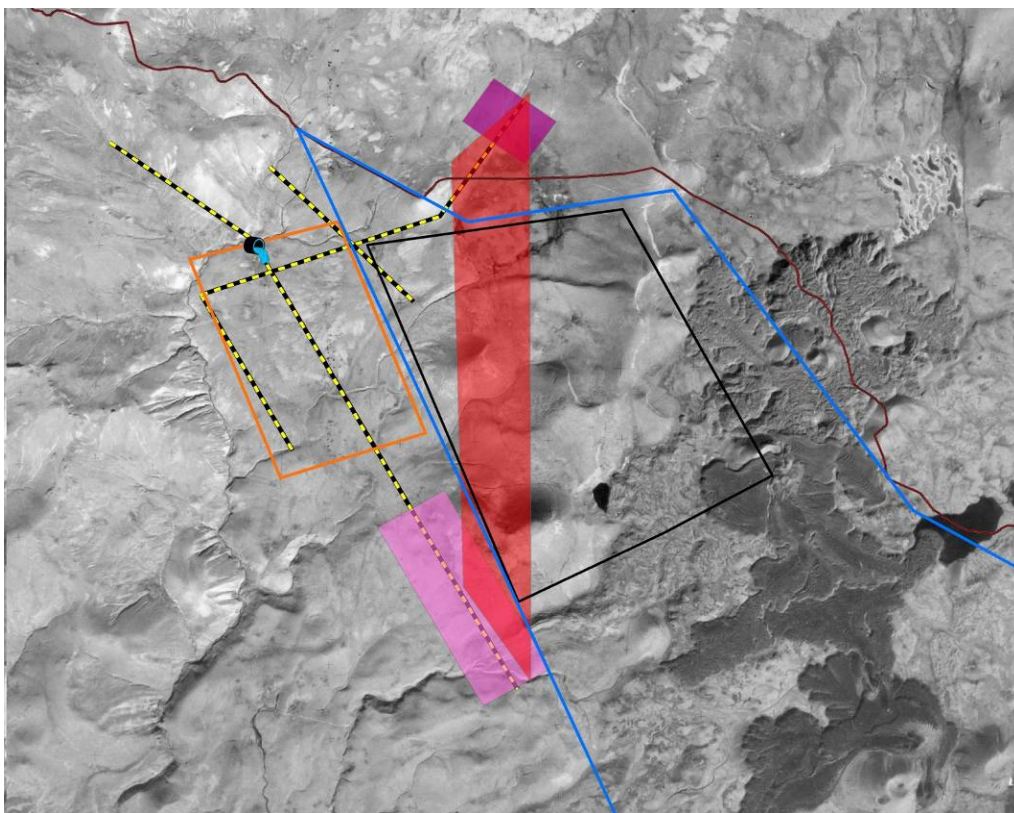
Նկար 1.7. Ապարների փոքր դիմադրության գոտիներ – հիդրոջերմային ջրերի հանքավայրերի ներկայության հեռանկարային տեղամասերը ըստ ԻԳԻՄ-ի (2004).



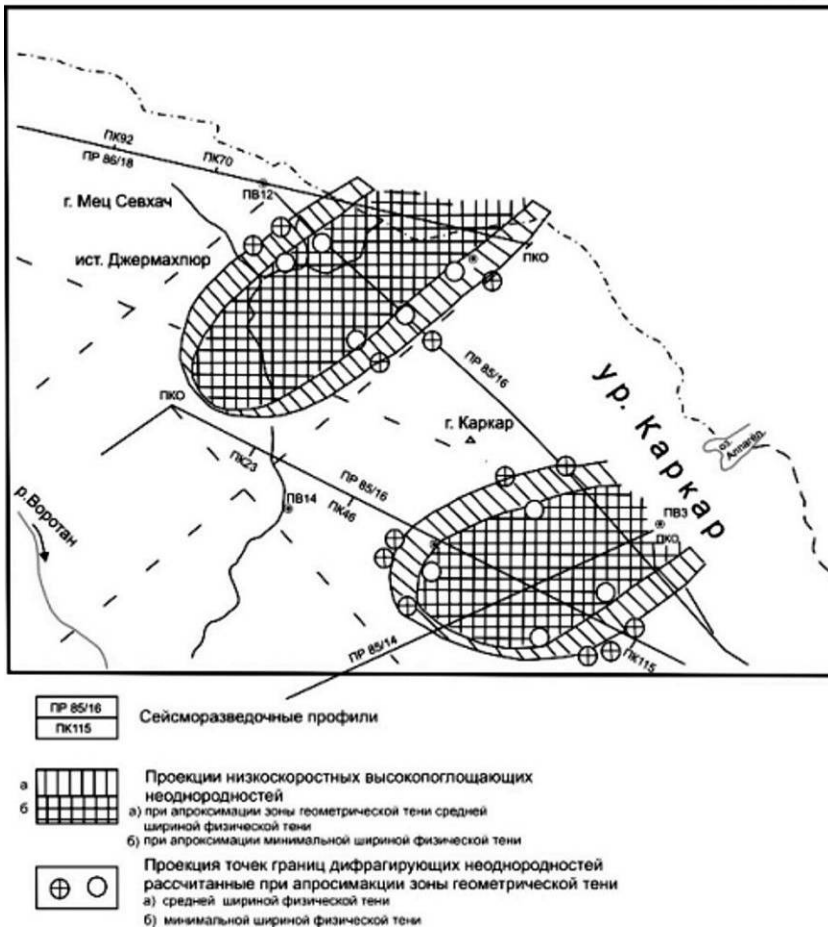
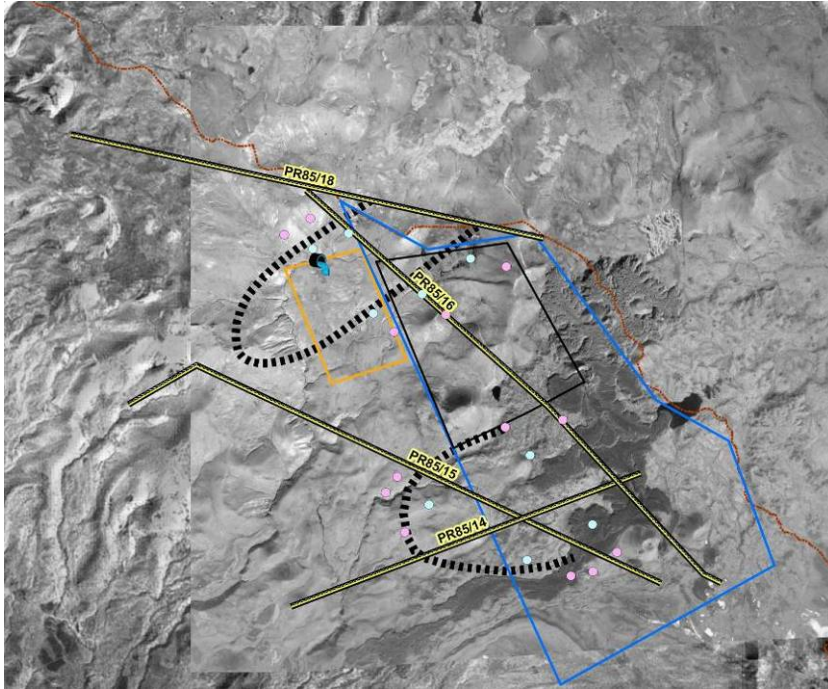
Նկար 1.8. Ինտրուզիվ ապարների հնարավոր ներկայության տեղերը ըստ ԻԳԻՄ-ի (2004թ).



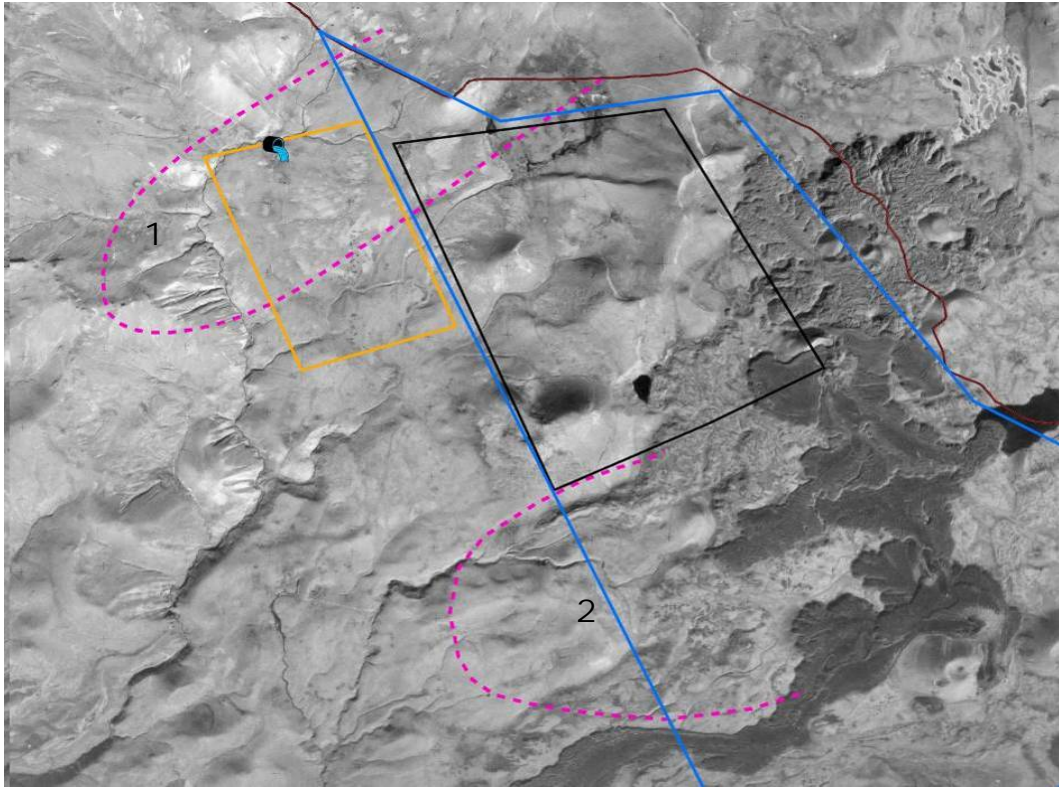
Նկար 1.9. Ապարների ցածրագույն դիմադրությունների արժեքները ըստ ԻԳԻՍ-ի (2004).



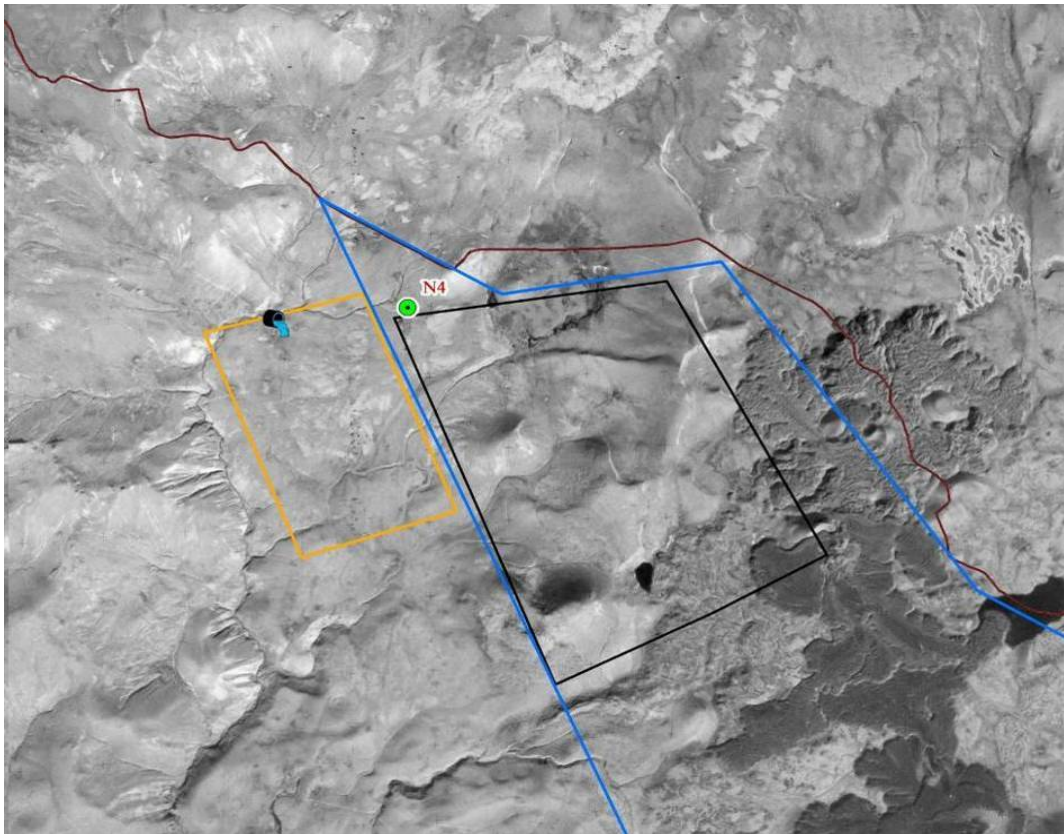
Նկար 1.10. Հնարավոր խորքային հաղորդիչ գոտի ըստ ԻԳԻՍ-ի (2004).



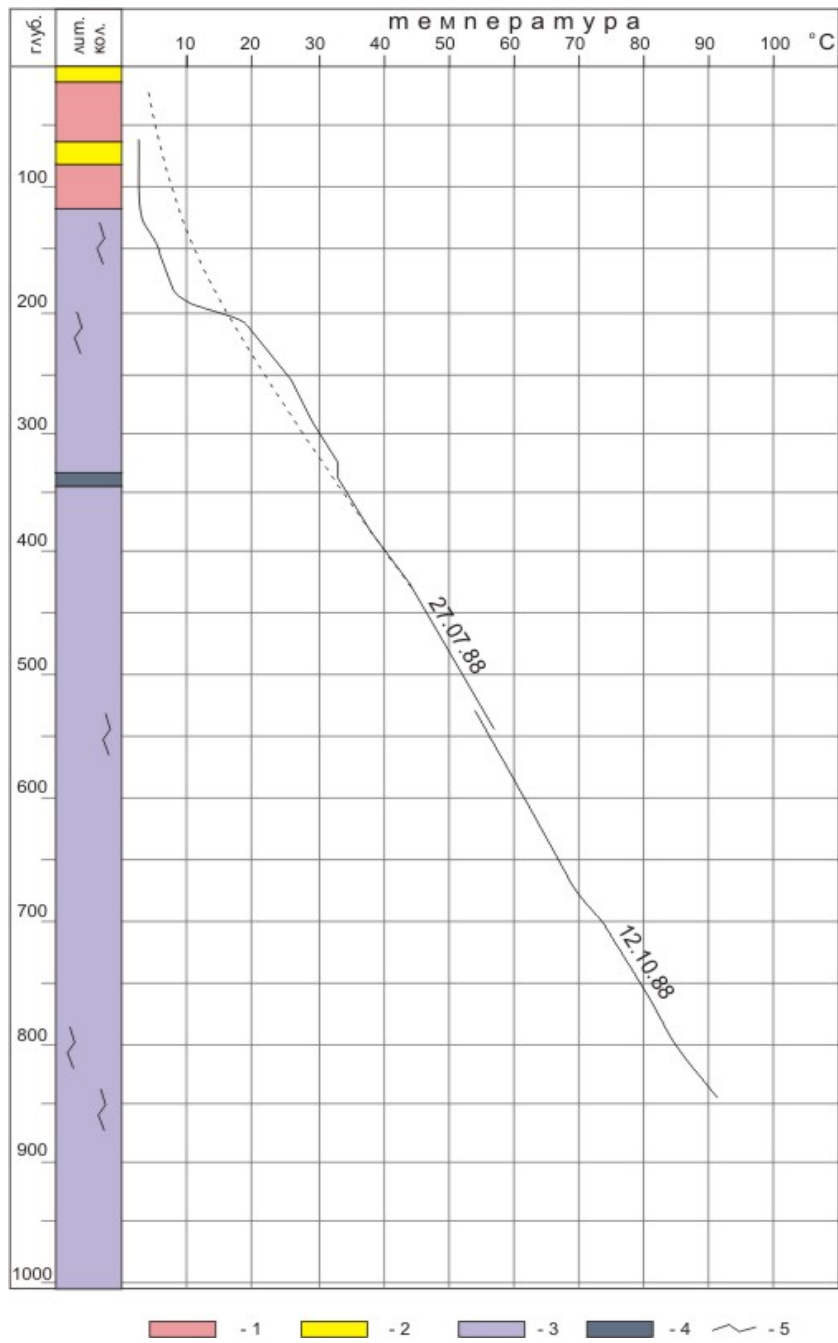
Նկար 1.11. Փոքր արագություններով սեյսմիկ անհամասեռությունները, բացահայտված 1987/88 տարիներին,
 1- Ջերմադրյուրի ջերմային աղբյուրի շրջանում, 2- Քարքարի հրաբխային խմբի շրջանում



Նկար 1.12. Փոքր արագությունների սեյսմիկ անհամասեռությունները, բացահայտված 1987/88 տարիներին,
 1- Ջերմաղբյուրի ջերմային աղբյուրի շրջանում, 2- Քարքարի հրաբխային խմբի շրջանում

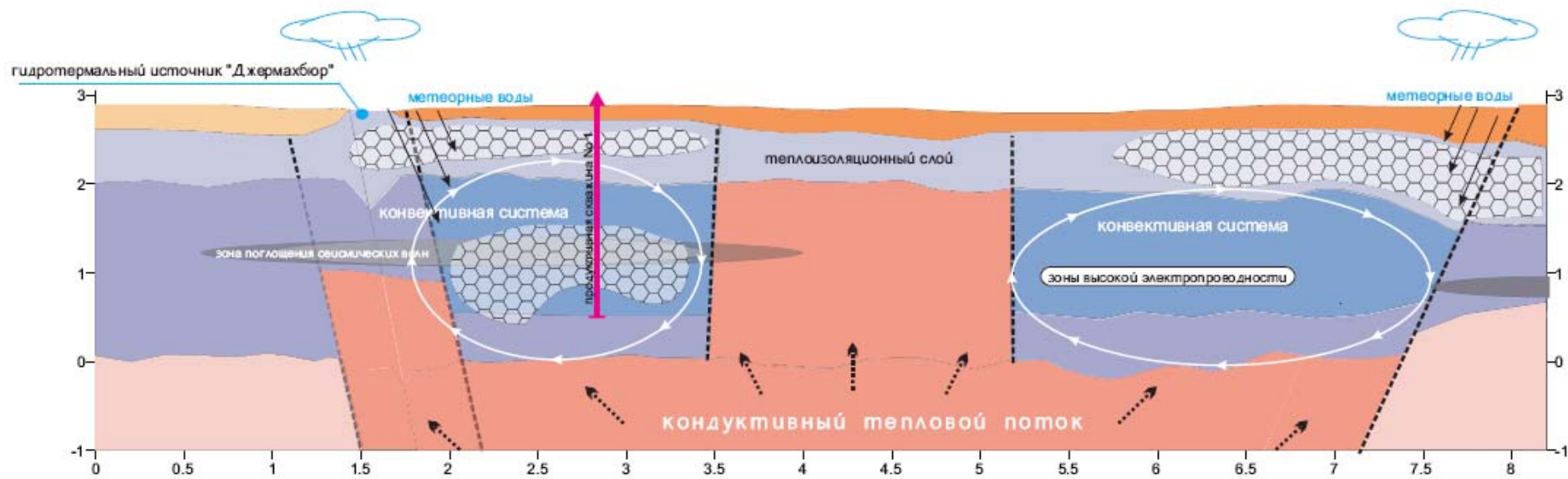


Նկար 1.13. Հորատանցք N 4-ի տեղադիրքը



Նկար 1.14. Հորատանցք 4-ում ջերմաստիճանների փոփոխման գրաֆիկը (ԻԳԻՄ-ի «Հաշվետվություն» 2004թ):

1. անդեզիտաբազալտներ ($Q_3 - Q_4$), 2. այլուվիալ-դեյուվիալ նստվածքներ, 3. քվարցային մոնցոնիտներ,
4. ջրատար գոտի, 5. ձեղքեր:



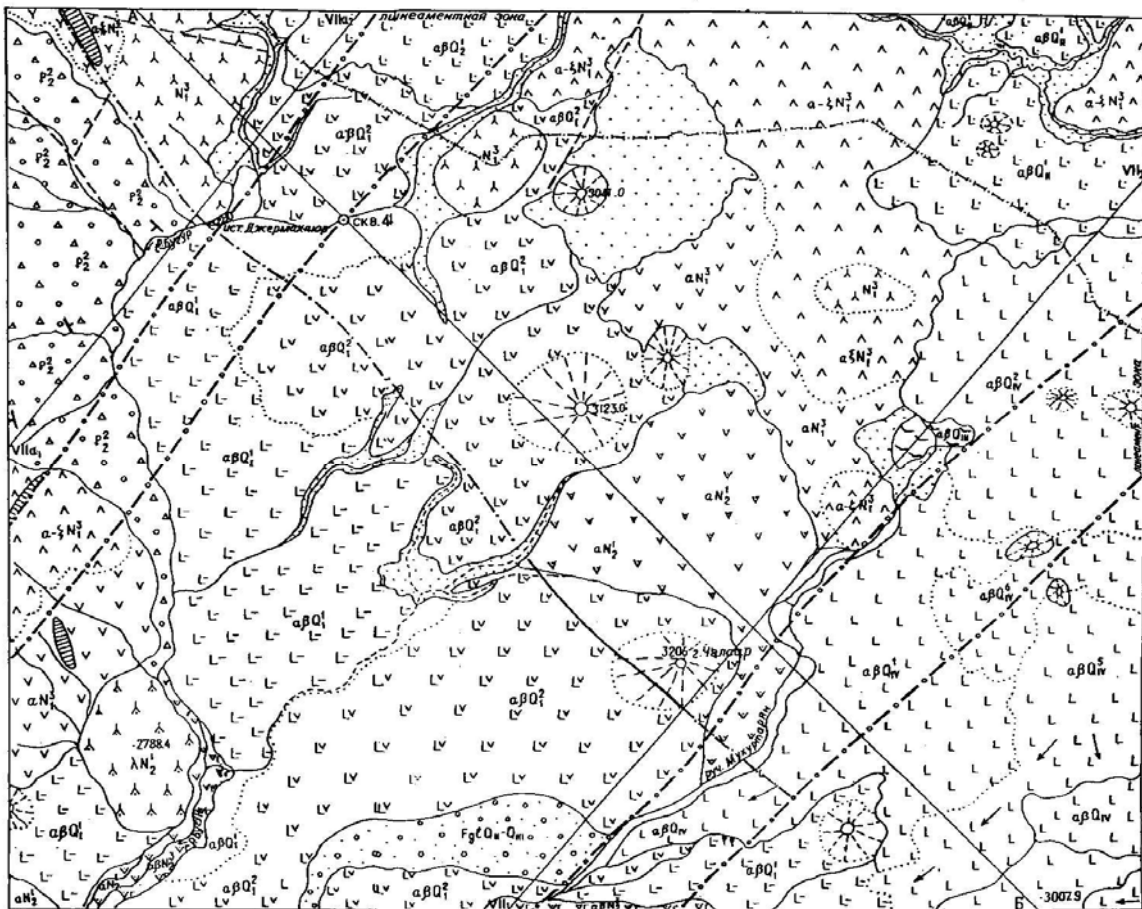
Профиль № 1

Концептуальная модель Джермахиорского геотермального месторождения

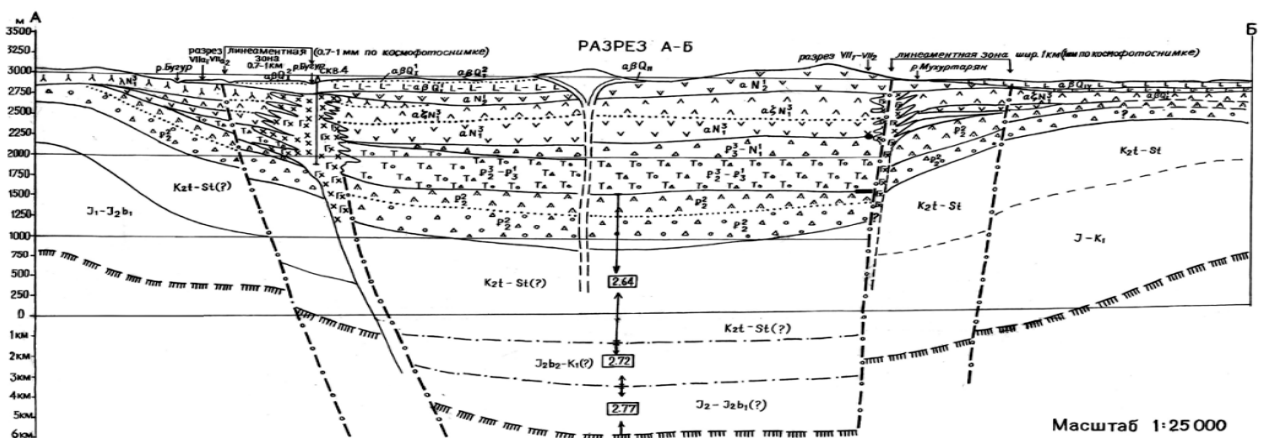
Масштаб: горизонтальный 1 : 25000

ИГИС НАН РА, 2004

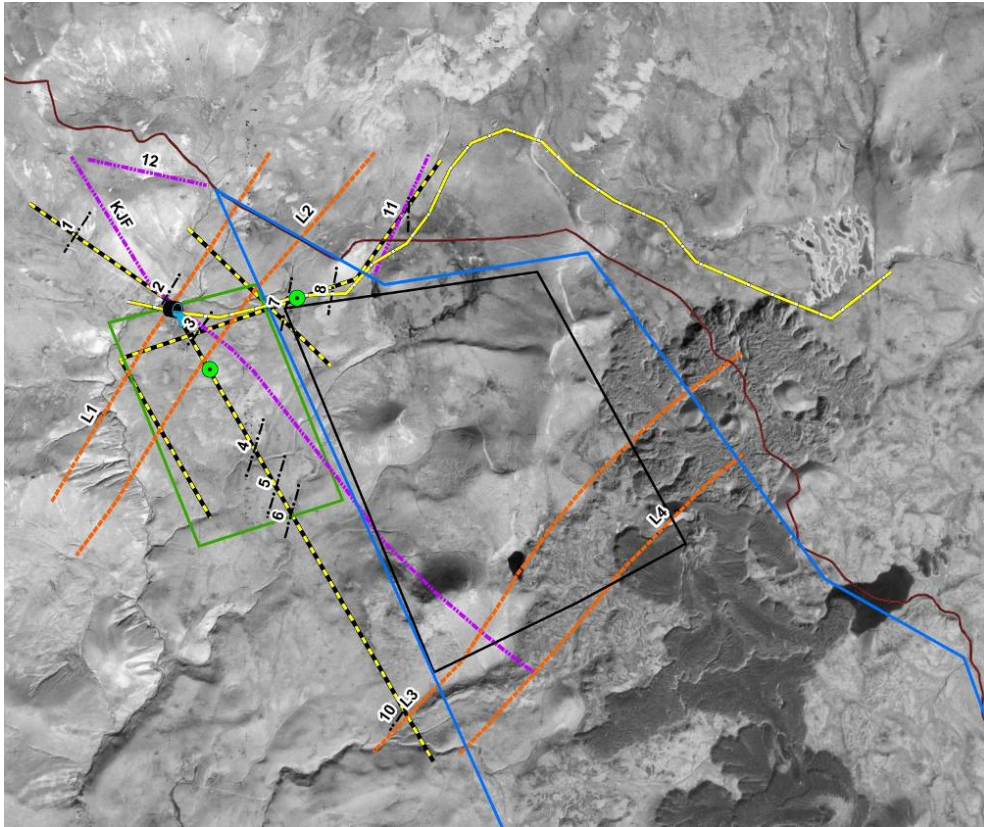
Նկար 1.15



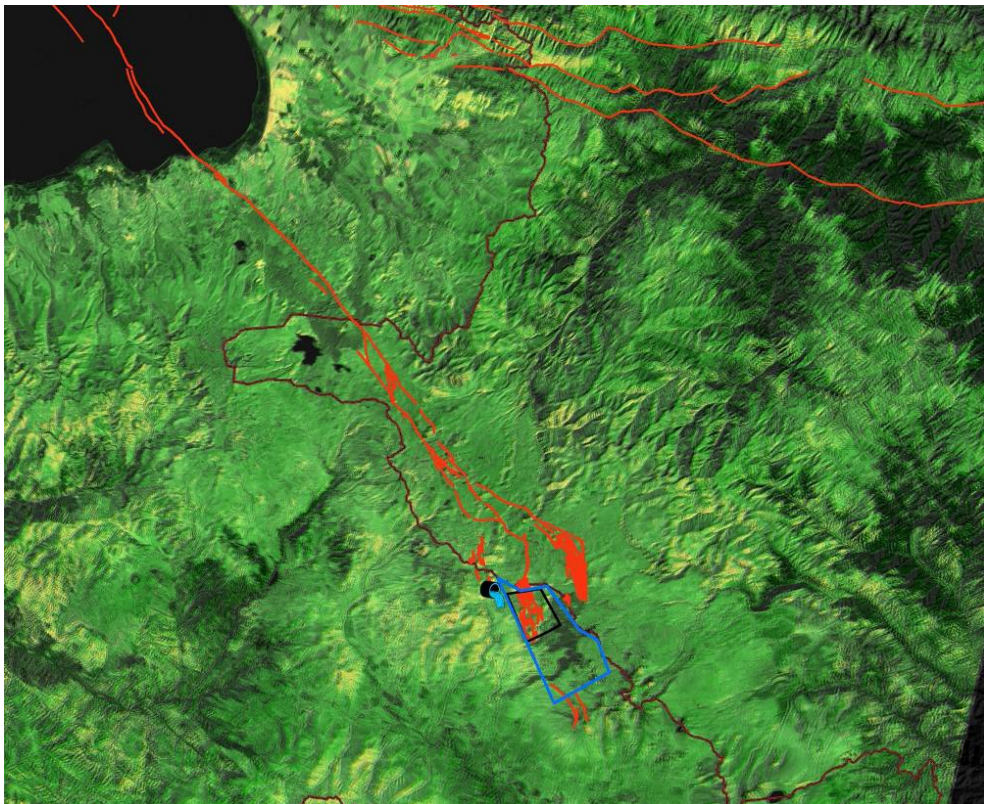
Նկար 1.16. Որոտան գետի վերին հոսանքի երկրաբանական քարտեզ (Գ. Թումանյան, 2004թ.):



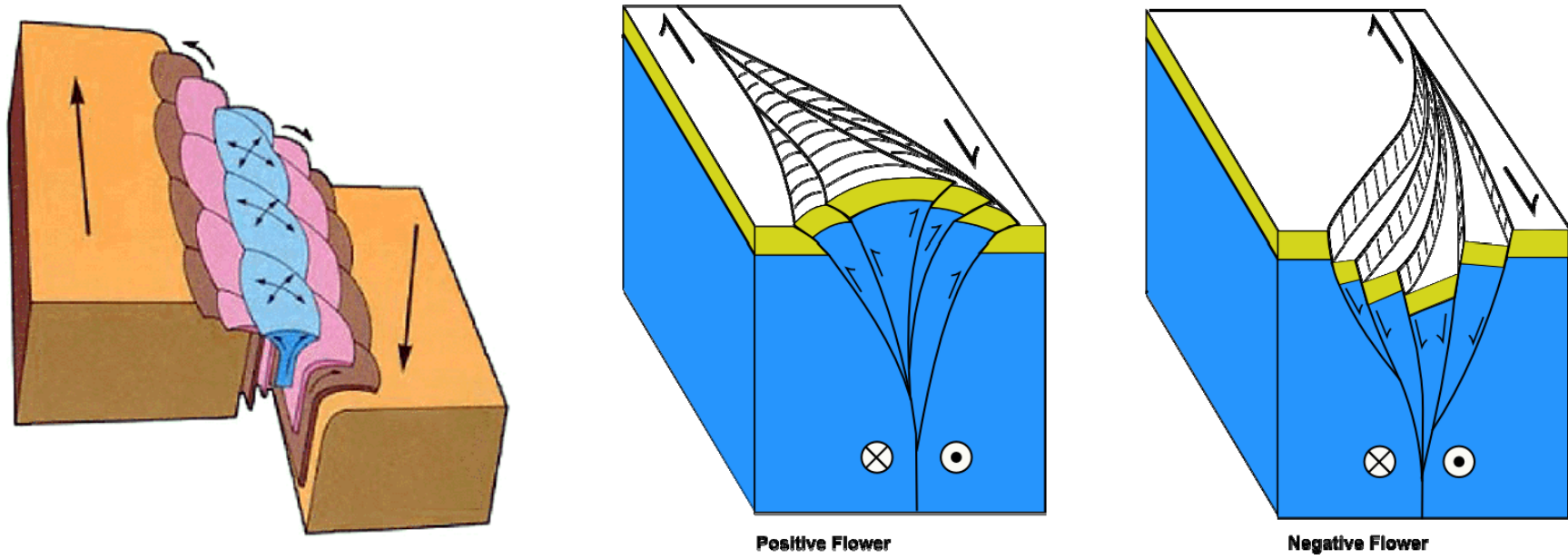
Նկար 1.17. ԻԳԻՄ-ի հաշվետվության 16-րդ էջում ցուցադրված քարտեզի A-A գծով կառուցված երկրաբանական կտրվածքը (2004):



Նկար 1.18. KJF, 11, 12 – Քարքար-Չերմաղբյուրի և մյուս խզվածքները, որոնք բացահայտվել են 1987/88 թվականներին; L1, L2, L3, L4 –2004թ բացահայտված լինեամենտները:

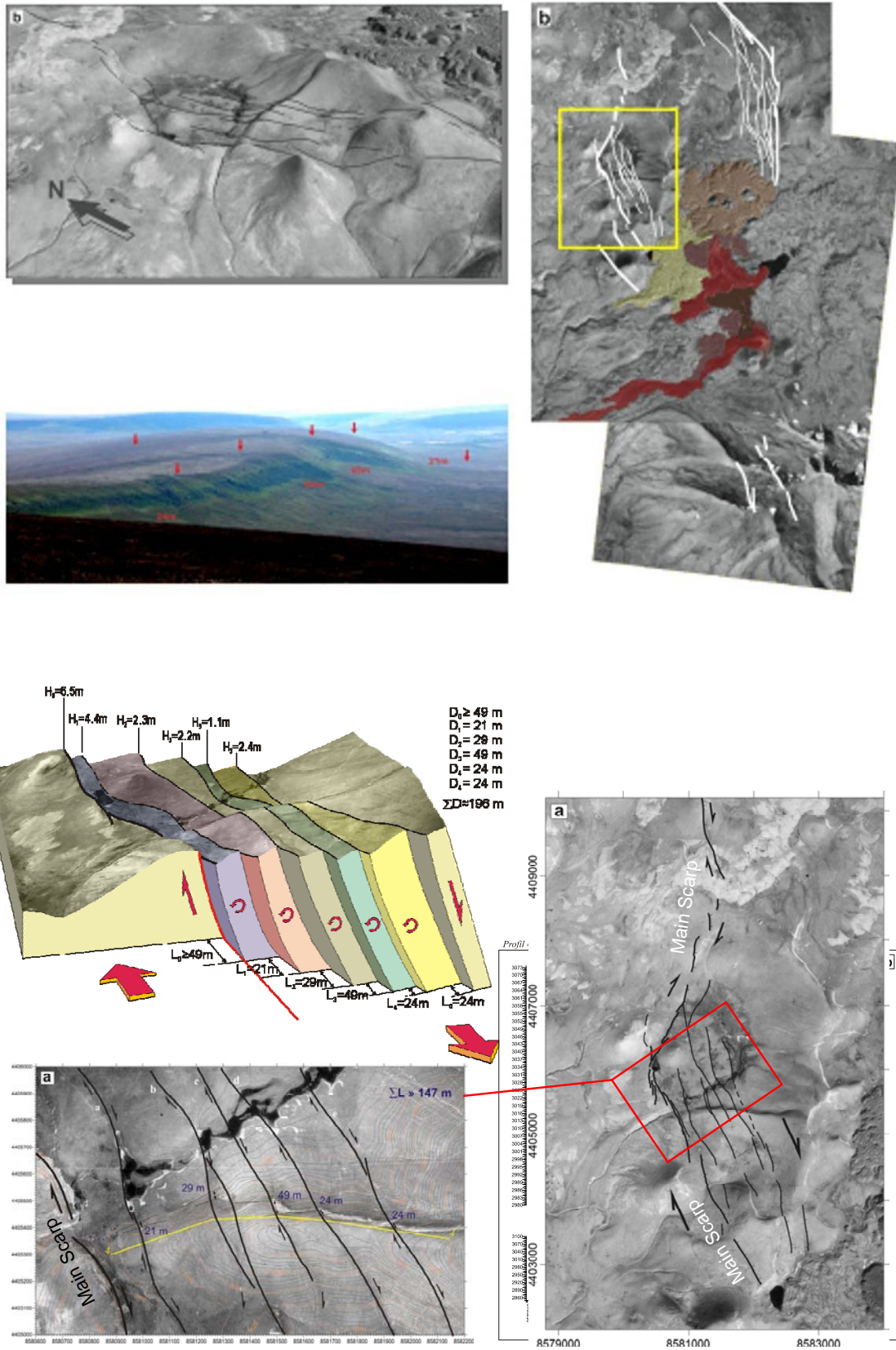


Նկար 1. 19. Փամբակ-Սևանի ակտիվ խզվածքը



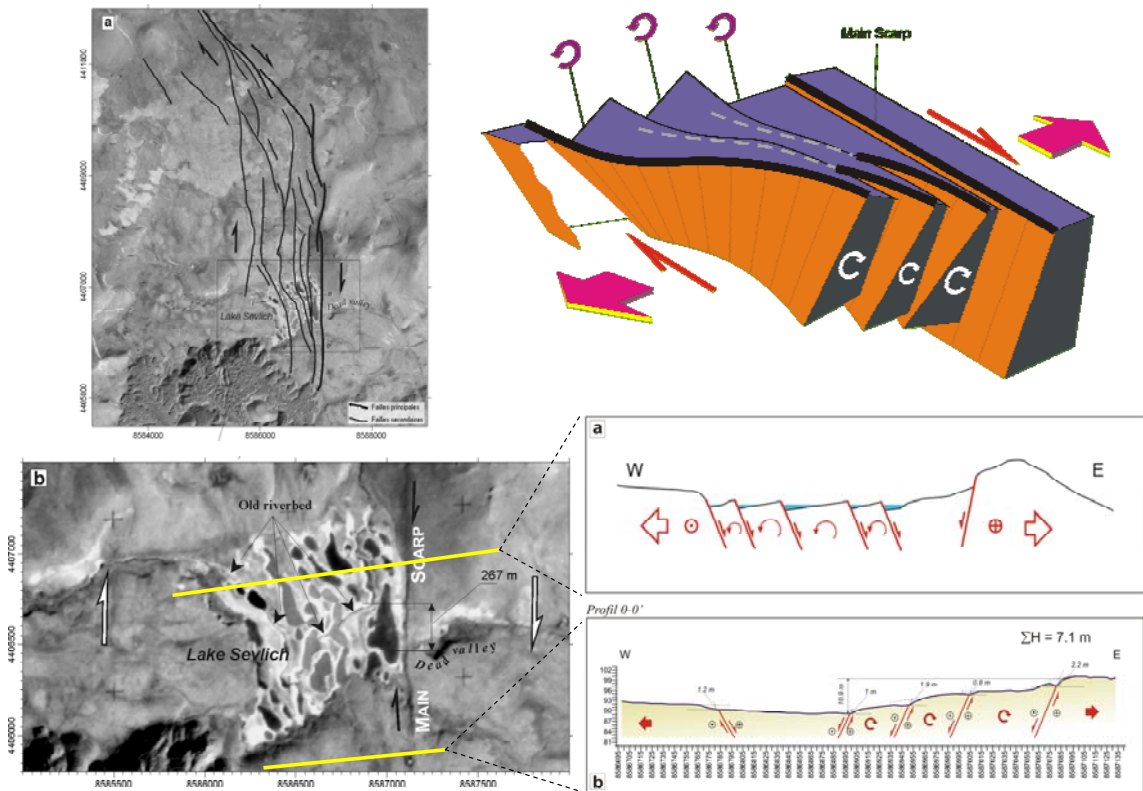
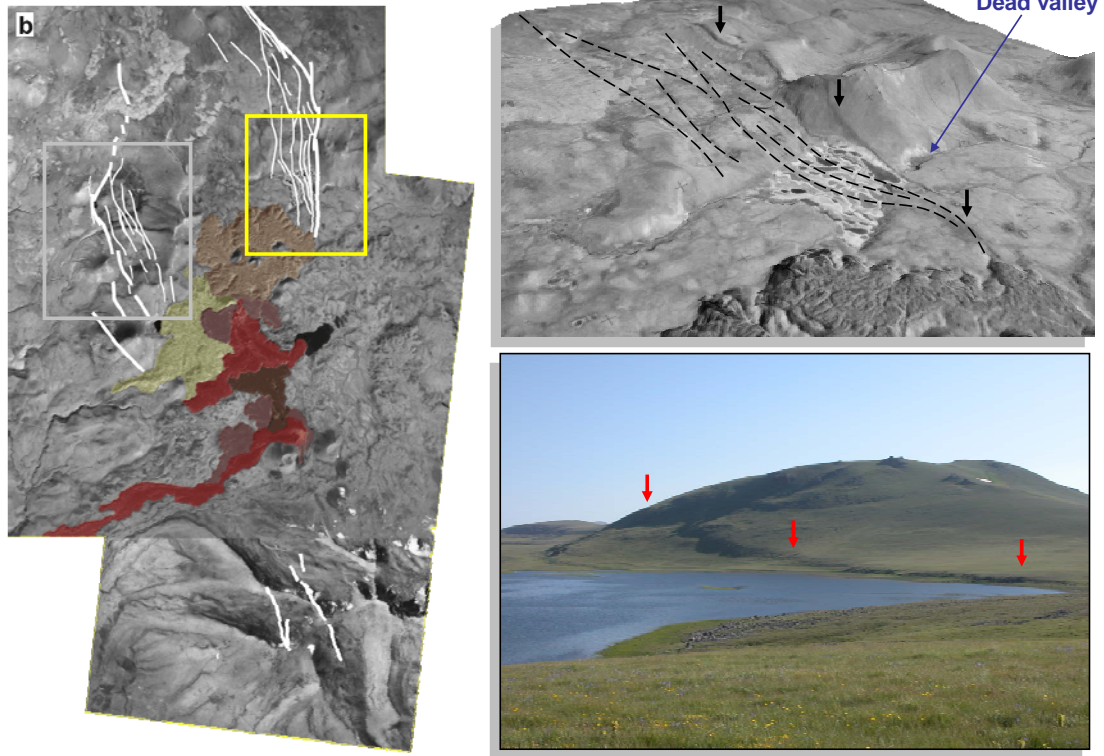
Նկար 1.20. “Ծաղկային կառուցվածքի” օրինակներ, որոնք բնորոշ են կողաշարժային խզվածքների գոտիների համար:

West flank

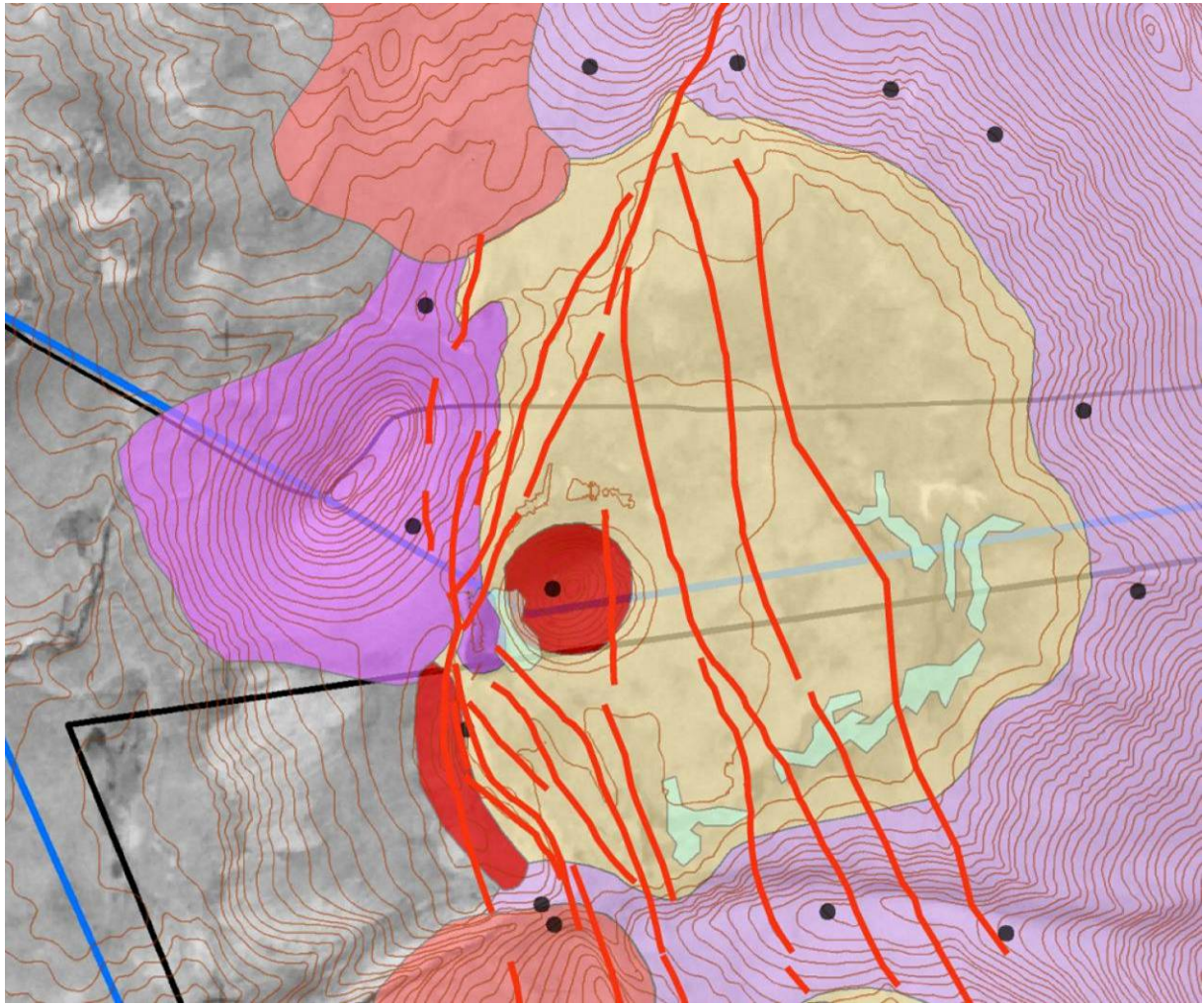


Նկար 1.21. Քարքարի «չոլ-այարս» ավազանի արևմտյան թևում խզվածքի օրինակները և կառուցվածքային մոդելը



East flank



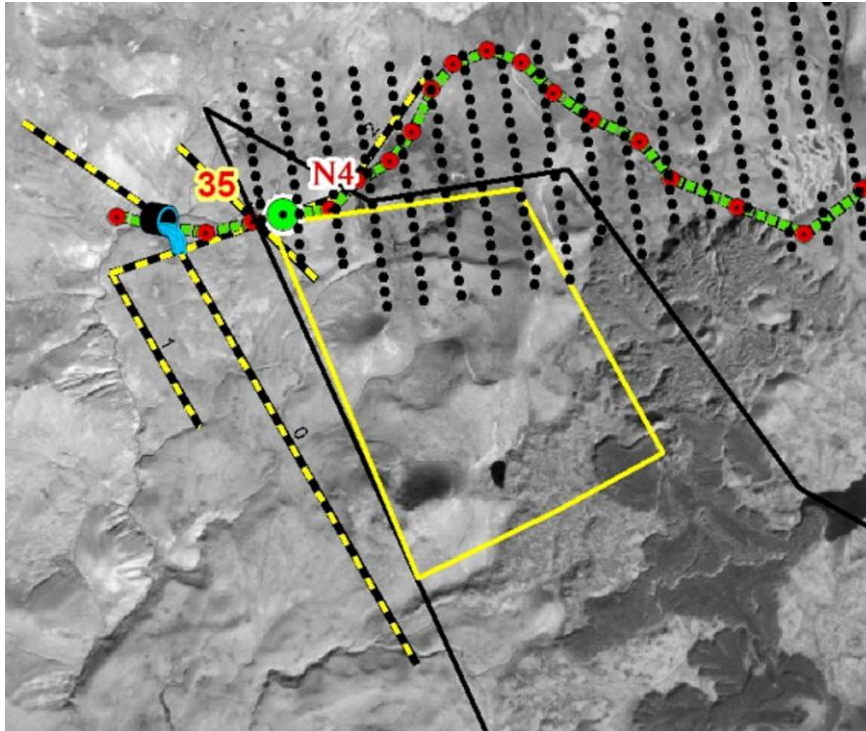
Նկար 1. 22. Քարբարի «փուլ-սպարտ» ավազանի արևելյան թևում խզվածքի օրինակները և կառուցվածքային մոդելը



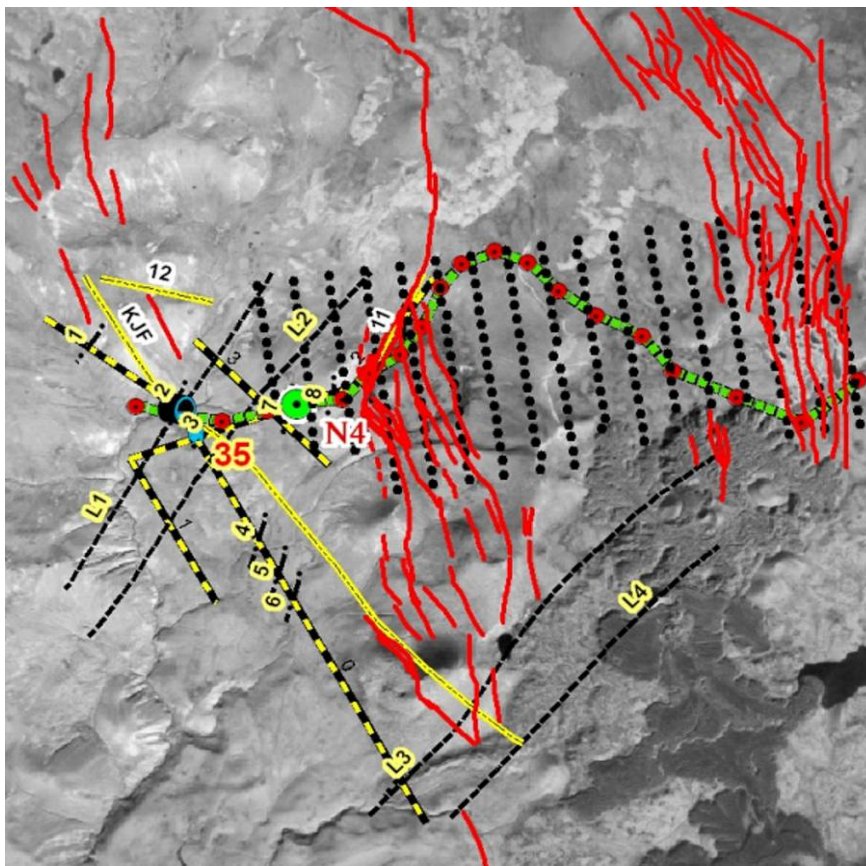
LEGEND

- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|
|  | Depression deposits |  | Active faults |
|  | Olivine trachybasalts |  | Petrographic sampling locations |
|  | Amphibolic basaltic trachyandesites |  | Site of geological scouting |
|  | Quartz rhyolites |  | Site of MT survey |
|  | Clinopyroxene-amphibole trachyandesites | | |

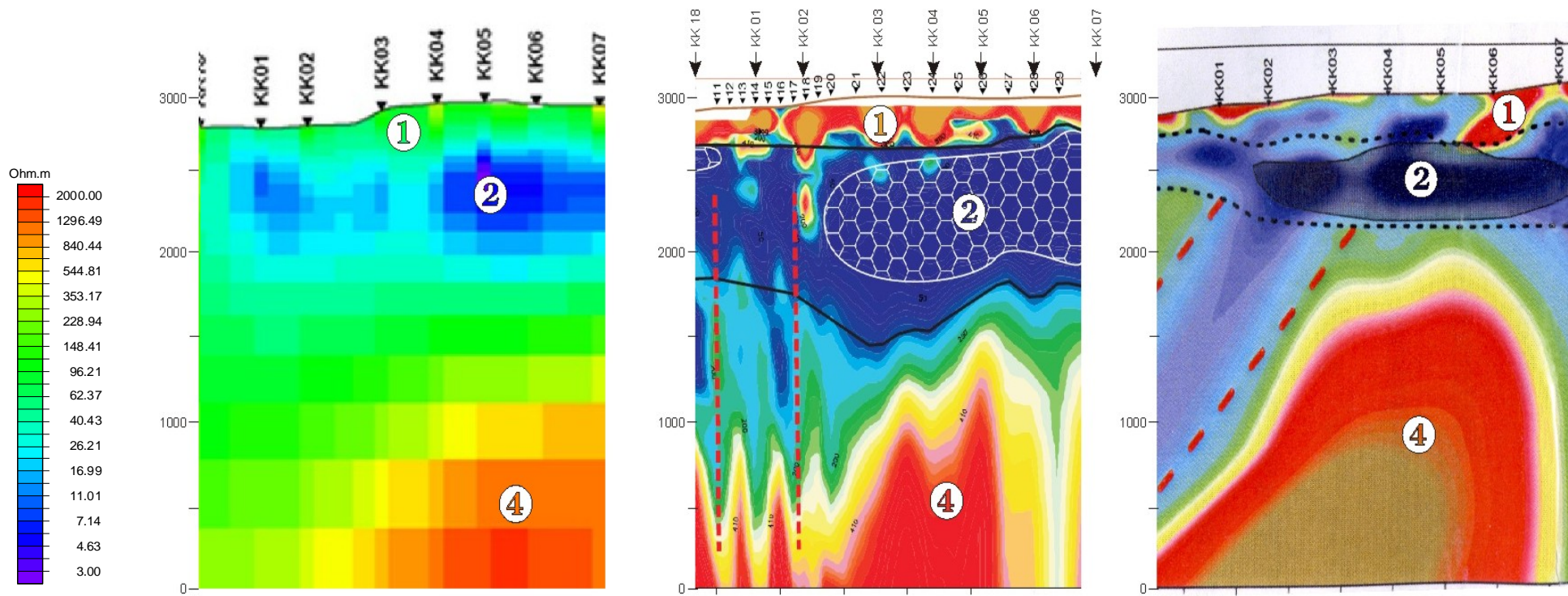
Նկար 1.23: D1 իջույթի երկրաբանական քարտեզը



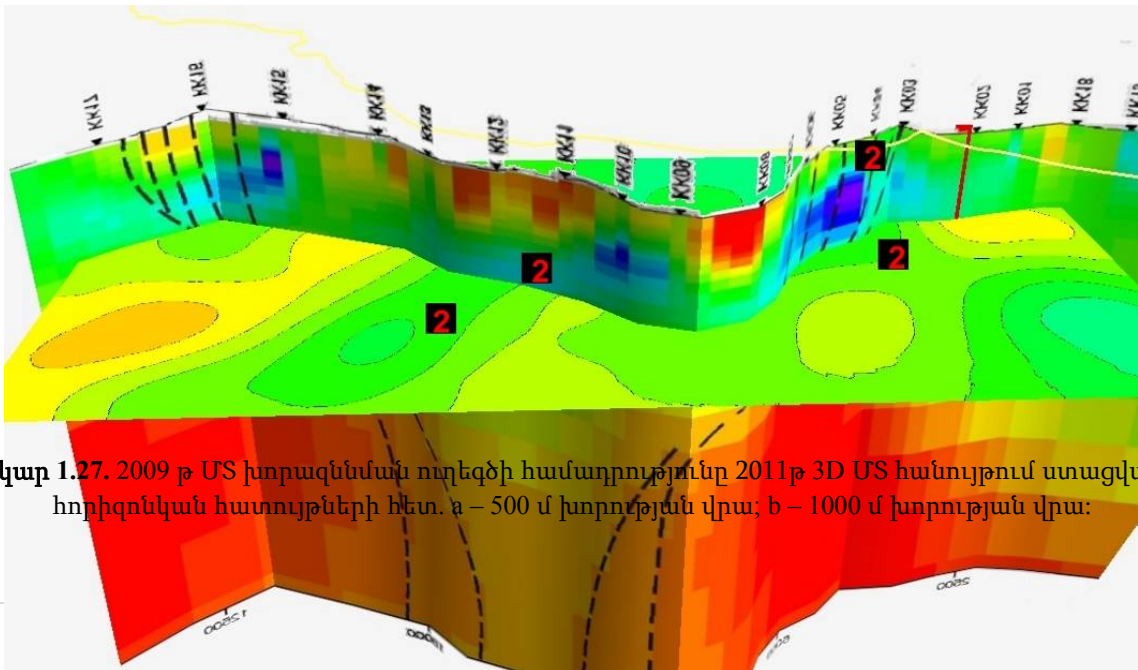
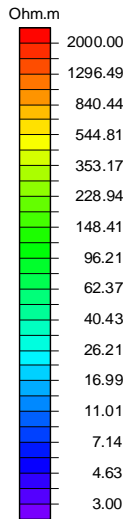
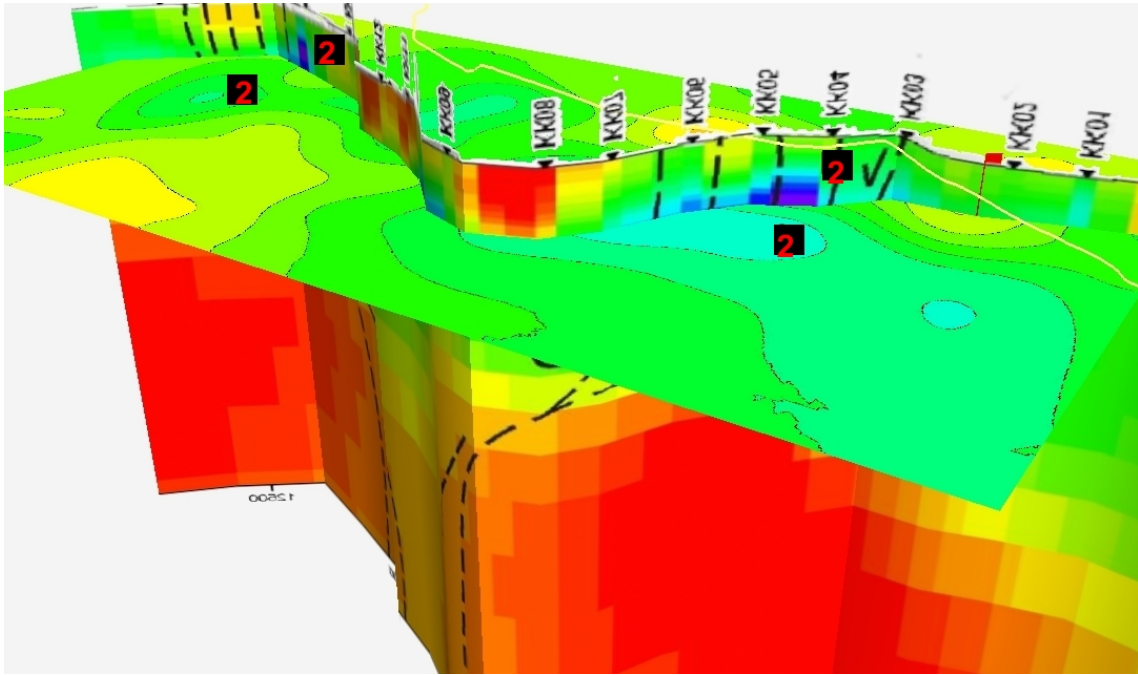
Նկար 1.24. 2004 թ ՄՏ հանույթի ՄՏ ուղեգծերի տեղադիրքերը (դեղնասև գծեր); 2009 թ հանույթինը (կանաչ գիծ) և 2011թ 3D ՄՏ հանույթի մակերեսը՝ սև կետերով:



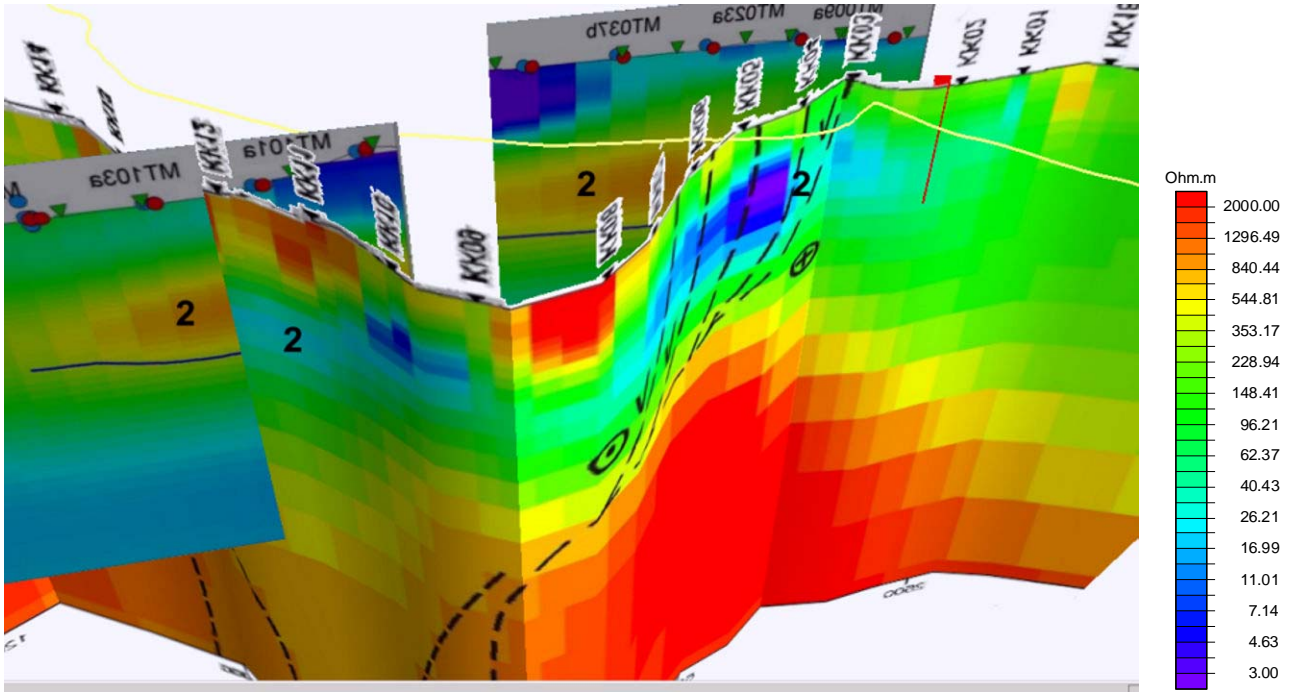
Նկար 1.25. 2009 թ ՄՏ հանույթի ուղեգծի գիծը կողմնորոշված էր տեղամասում առկա հիմնական կառույցներին ուղղահայաց



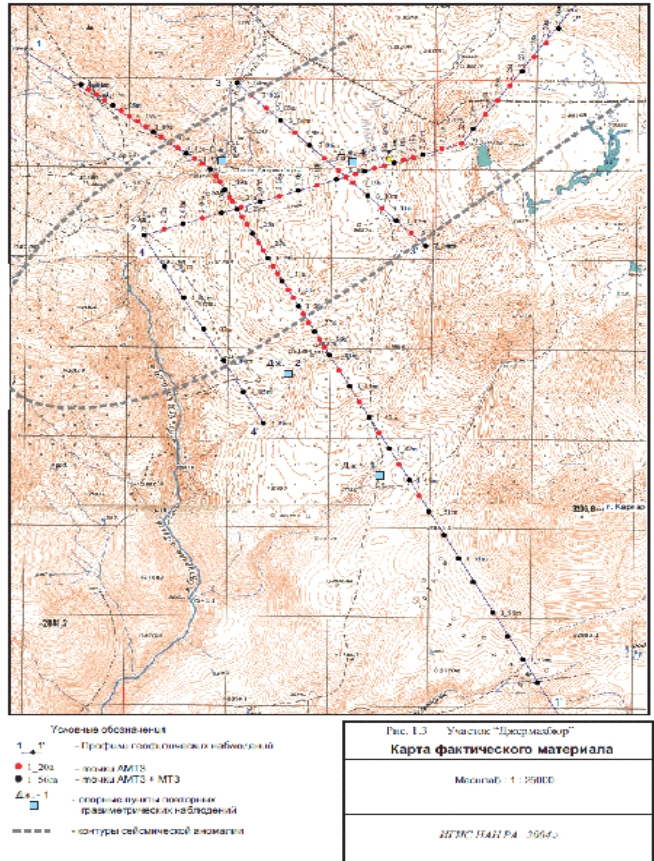
Նկար 1.26. 2004 և 2009 թվականների ՄՏ հանույթների տվյալների մեկնաբանության արդյունքների համադրությունը նույն տեղամասի համար
a – 2009թ հանույթ՝ Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի մեկնաբանությամբ (ՄՄՆ),
b – 2004 թ հանույթ, “Նորդ-Վեստ” ընկերության մեկնաբանությամբ (Մոսկվա, ՌԴ),
c – 2009 թ հանույթ “Նորդ-Վեստ” ընկերության մեկնաբանությամբ (Մոսկվա, ՌԴ):



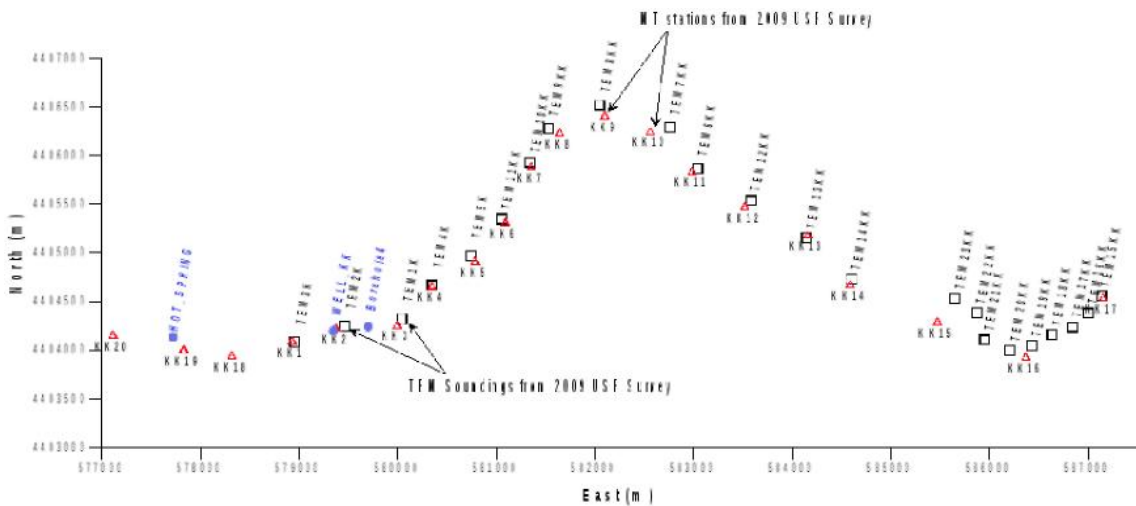
Նկար 1.27. 2009 թ ՄՏ խորագնման ուղեգծի համադրությունը 2011թ 3D ՄՏ հանույթում ստացված իրիզոնկան հատույթների հետ. a – 500 մ խորության վրա; b – 1000 մ խորության վրա:



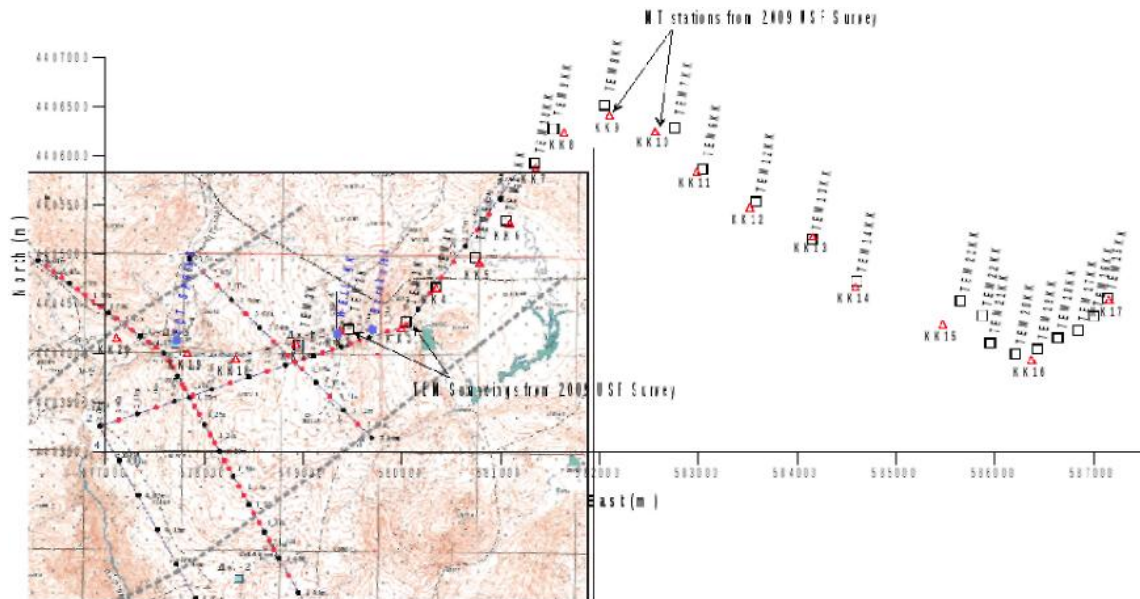
Նկար 1.28. 2009 թ ՄՏ խորագնման ուղեգծի համադրությունը 2011թ 3D ՄՏ հանույթում ստացված ուղղահայց հատույթների հետ



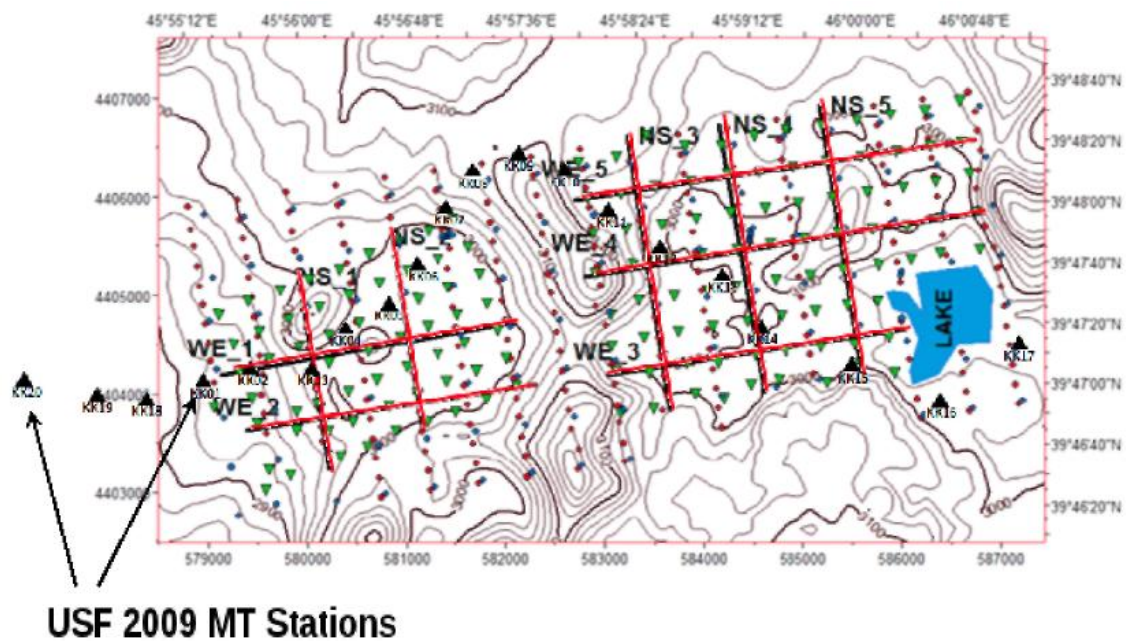
Նկար 1.28: ՄՏ և ԱՄՏ տեղամասերը 2004թ երկրաֆիզիկական հանույթից, որը կատարվել էր ՀՀ ԳԱԱ Գեոֆիզիկայի և Ինժեներային Մեխանիկայի (ԻԳԻՄ) ինստիտուտի կողմից՝ Մոսկվայի Պետական համալսարանի հետ համատեղ:



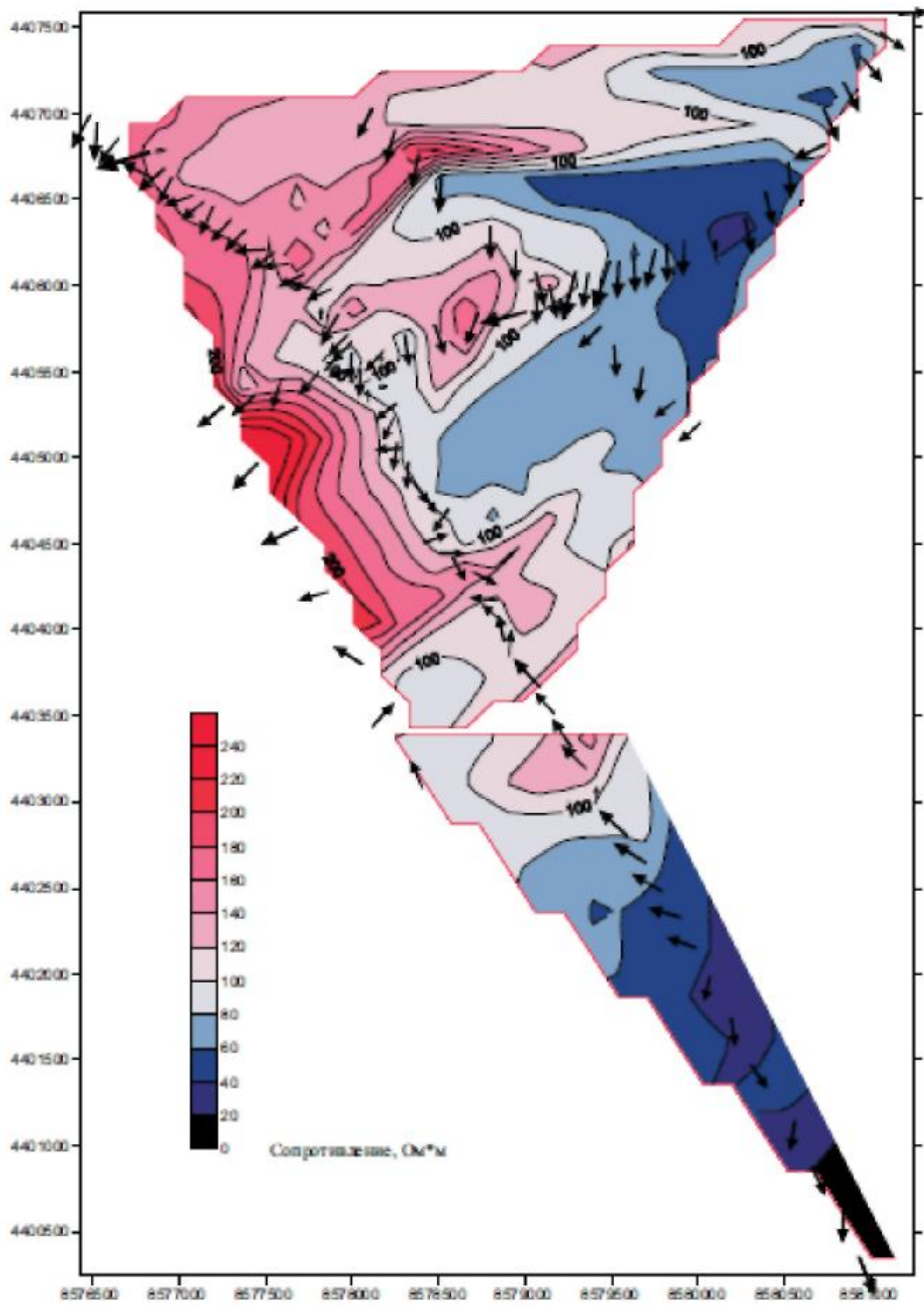
Նկար 1.29: ՄՏ և ԱԷՄ տվյալների հավաքագրման կետերը “ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ-2009” երկրաֆիզիկական հանույթից: Ցուցադրված են Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրի տեղամասի և Հորատանցք 4-ի տեղադիրքերը: Ցուցադրված նյութն հորը՝ WELL KK՝ բացահայտվել է հայկական դաշտային արշավախմբի կողմից 2009թ հանույթի ժամանակ, բայց ՀՖՀ-ի աշխատակիցները հորը իրականում չեն տեսել: Հետագա քննարկումներում նշվում է, որ հավանան է, որ այդ հորը և Հորատանցք 4-ը՝ նույն օբյեկտ են ներկայացնում:



Նկար 1.30: 2004 և 2009 հանույթները կապակցված նույն կտորդինատային համակարգի մեջ: Այս նկարը կառուցվել է տեղադրելով Նկար 1.28-ի մի մասը Նկար 1.29-ի քարտեզի մեջ այնքան լավ, որքան դա հնարավոր է եղել անել: 2004 թ հանույթի ժամանակ սովյալների հավաքագրման դիրքերի փաստացի կտորդինատները գոյություն չունեին միասնական համակարգի մեջ կապակցման համար:



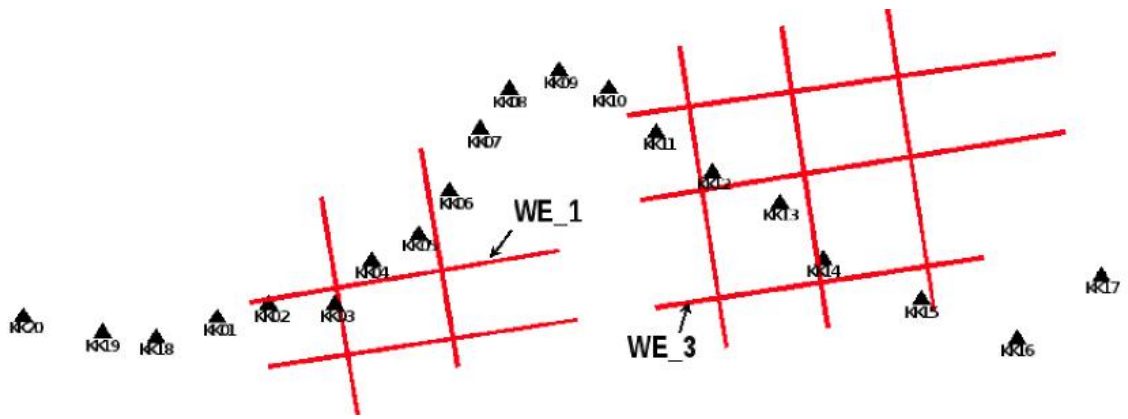
Նկար 1.31: «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ – 2009» ՄՏ կայանները համատեղադրված «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունից վերցված կայանների տեղադիրքերի քարտեզի հետ (2011):



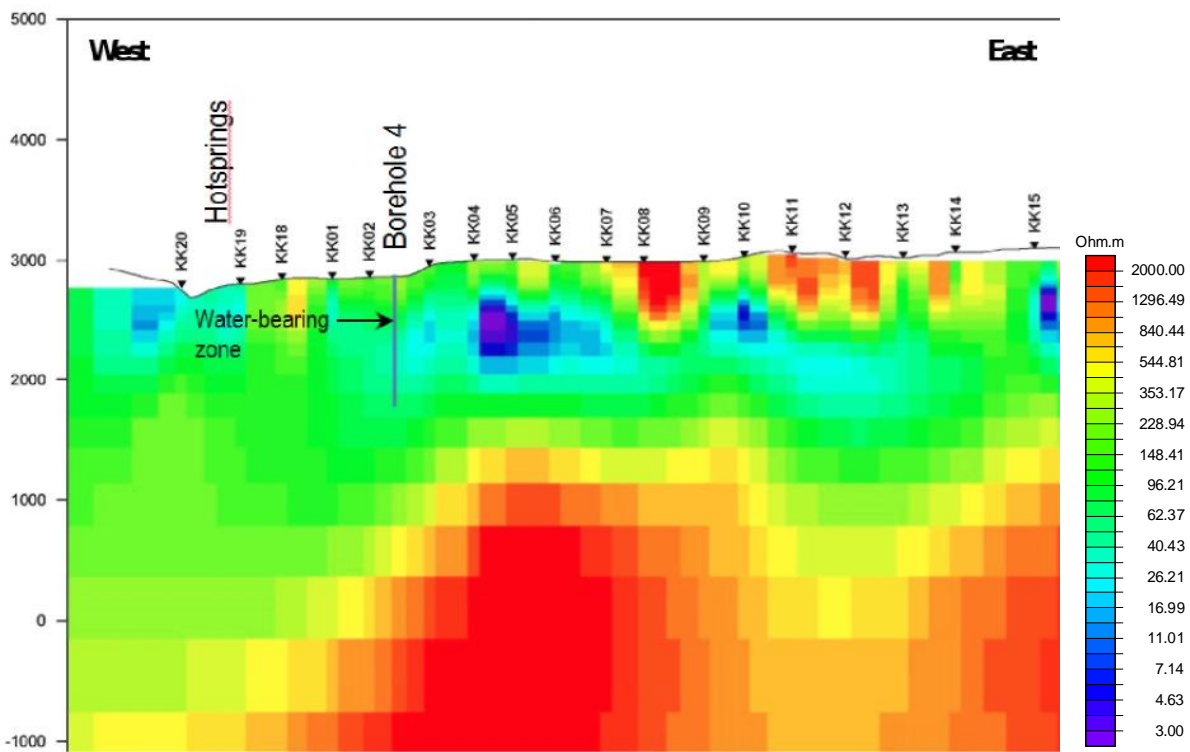
- Вещественные индукционные стрелки
- Минимые индукционные стрелки

Рис. 3.14 Участок "Дзермабюр"
Удельное электрическое сопротивление пород на абсолютной отметке 2000 м и индукционные стрелки на периоде 0.1 сек
Масштаб : 1 : 25000 (в 1 см 250 м)
ИГИС НАН РА 2004 г.

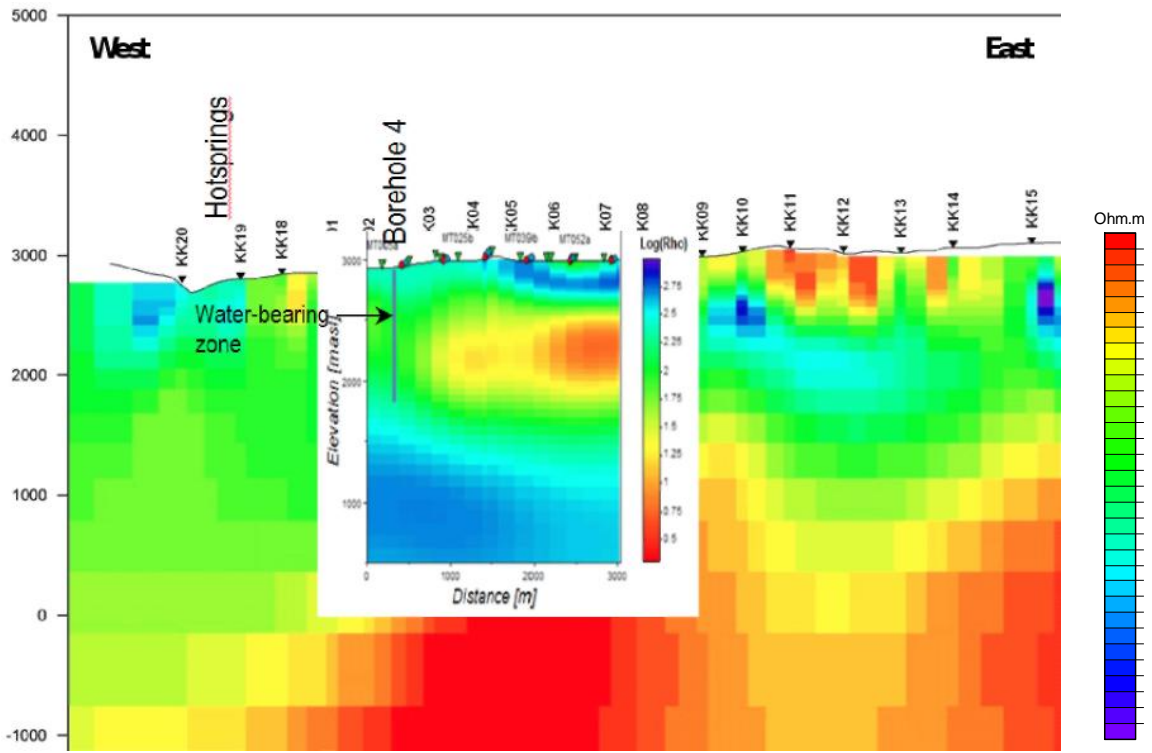
Նկար 1.32: Բնդուկցիայի սաքները 10 վ պարբերությամբ, վերադրված 2004թ երկրաֆիզկական ուսումնասիրությունից վերցված ` 2000 մ բարձրությանը համապատասխանող դիմադրությունների վրա:



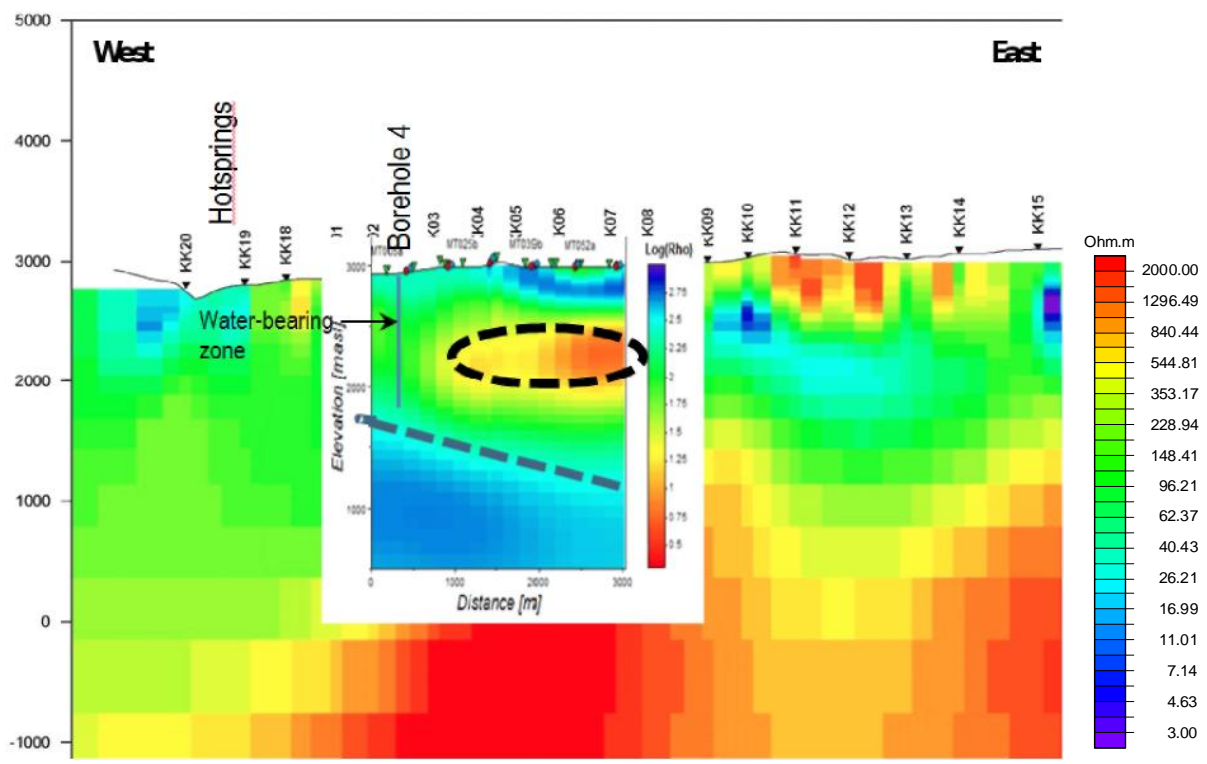
Նկար 1.33: 10 լայնակի կտրվածքներ «Վեստերն Ջիկո»-ի 3D US մոդելից, որոնք ներկայացված են նրանց հաշվետվության մեջ, վերադրված 2009 թ ՍՏ հանույթի տեղամասերի վրա: Նշված են WE 1 և WE 3 կտրվածքները:



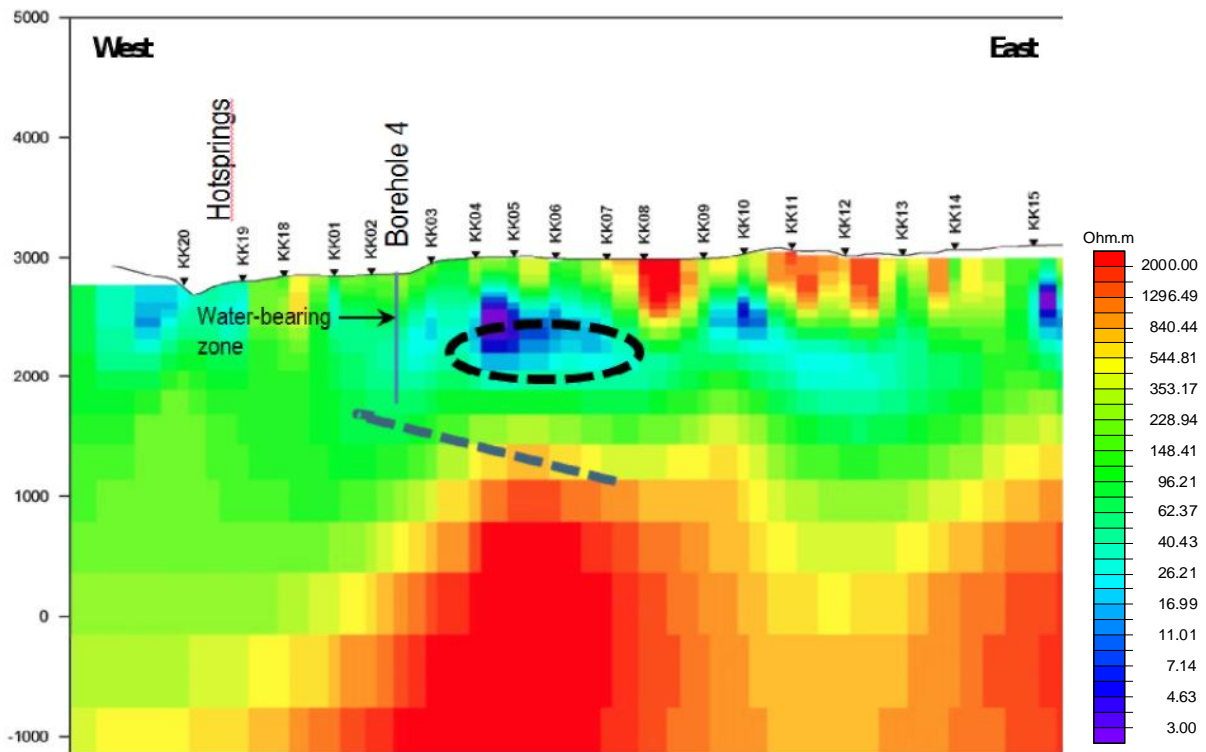
Նկար 1.34 : 2D մոդելի արևմտյան հատվածը (ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ, 2009թ): Նկարում նաև ցուցադրված են տաք աղբյուրների տեղադիրքերը և Հորատանցք 4-ինը: Ի լրումն դրան, ցույց է տրված հորատանցքում գրանցված՝ մեկնաբանվող ջրատար գոտու դիրքը:



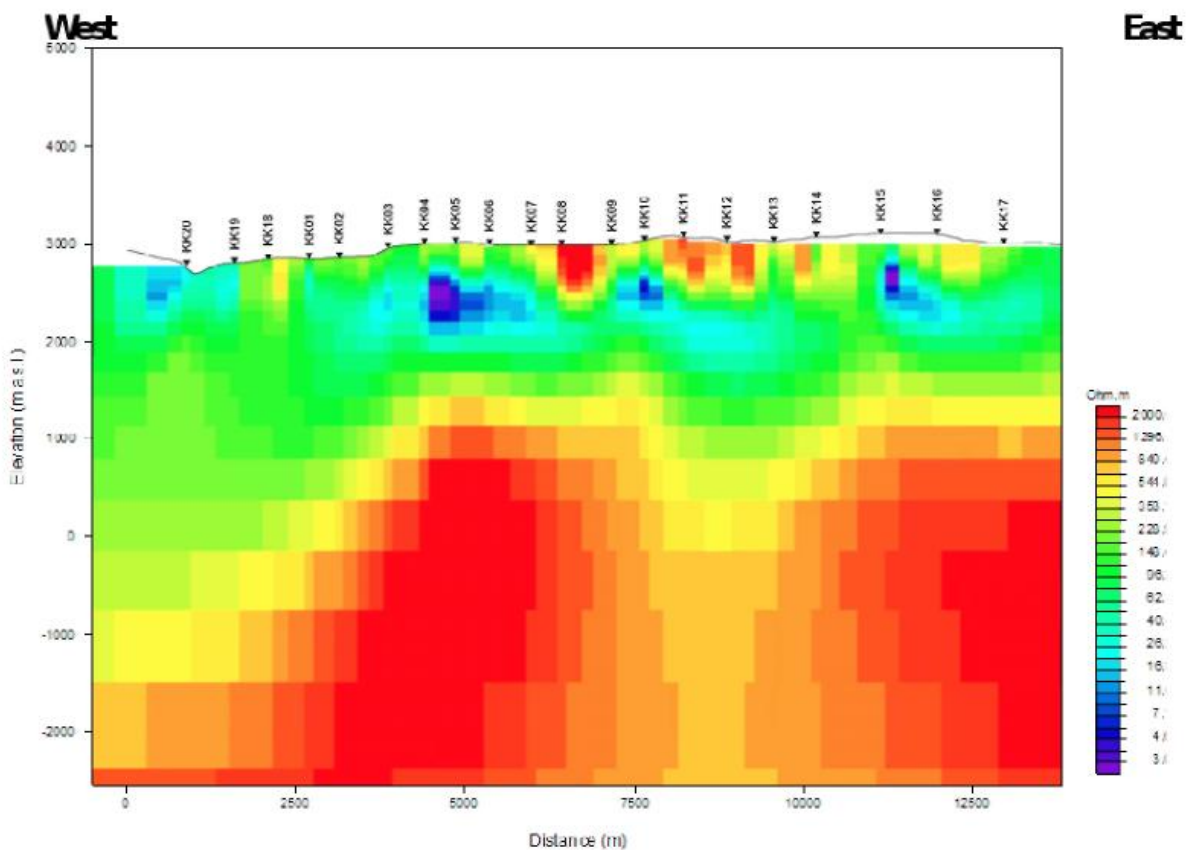
Նկար 1.35 : «Վեստերն Ջիկո»-ի WE1 կտրվածքը տեղադրված 2009 «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելի վերևում: Ուշադրություն դարձրեք, որ դիմադրությունների գույնային սանդղակները ճիշտ հակառակն են. 2009 թ մոդելում փոքր դիմադրությունները ներկայացվում են կապույտ և կանաչ գույներով, մինչդեռ «Վեստերն Ջիկո»-ի կտրվածքում՝ կարմիր և դեղին գույներով:



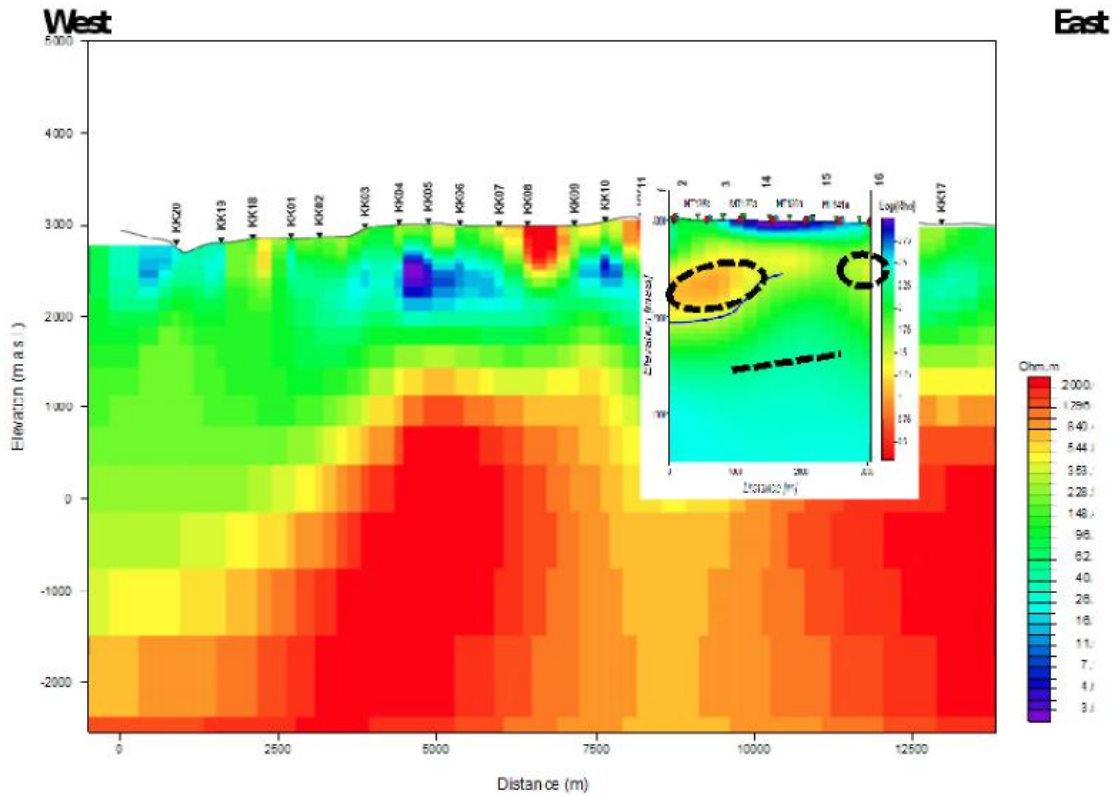
Նկար 1.36 : Դիմադրության կտրվածք WE 1 համադրված 2009թ «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելի վերևում, ինչպես դա արված է Նկար 1.35-ում, բացառությամբ մեկնաբանվող օբյեկտների, որոնք զգված են հաստ կետագծերով:



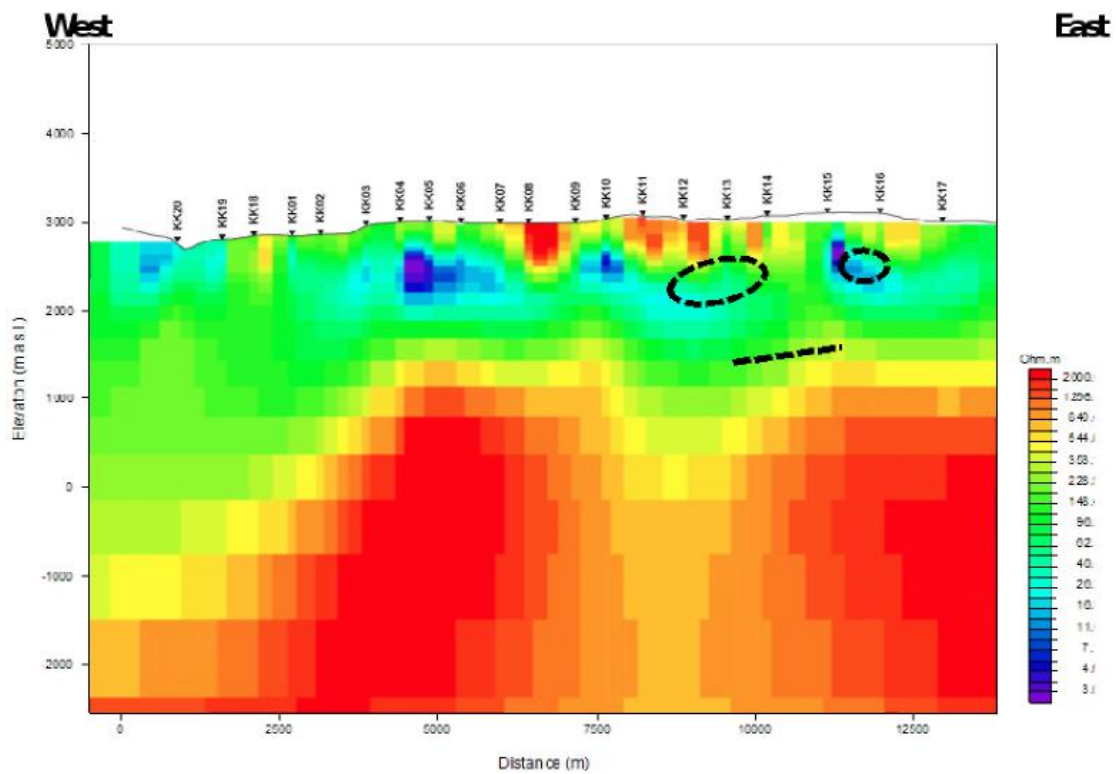
Նկար 1.37 : 2D մոդելը (ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ, 2009թ), ինչպես Նկար 1.34-ում, պարզապես ավելացվել են մեկնաբանվող օբյեկտները Նկար 1.36-ից:



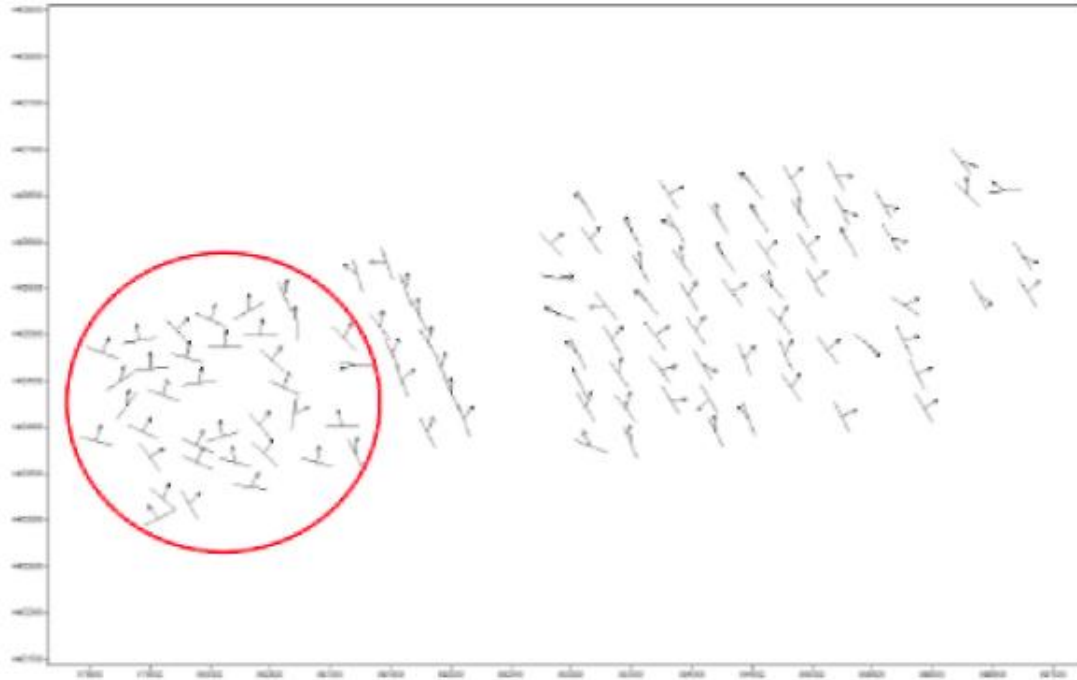
Նկար 1.38: ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ 2009թ 2D մոդելը, իր արևելյան հատվածը ներառյալ: Ուշադրություն դարձրեք գոյնային սանդղակի վրա, որը նույնն է ինչը և նախորդ նկարներում:



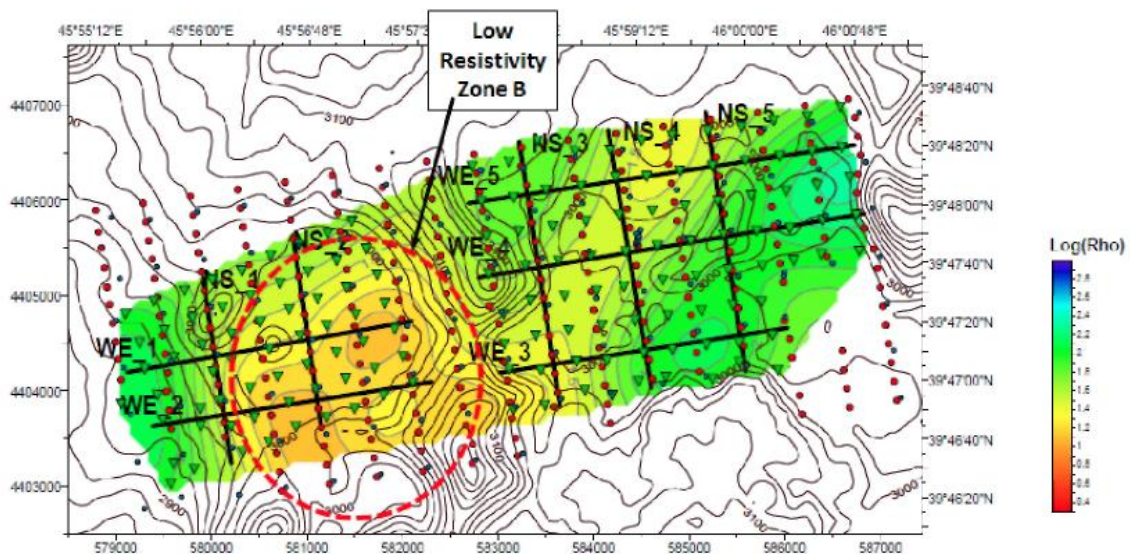
Նկար 1.39: 3D դիմադրությունների կտրվածք WE 3-ը ցուցադրված է իր մոտավոր դիրքում Նկար 1.38-ից վերցված 2D մոդելի նկատմամբ: Ուշադրություն դարձրեք, որ դիմադրությունների գույնային սանդղակները 2D և 3D մոդելներում փոխադարձաբար ճիշտ հակառակն են, ինչը և բացատրված է Նկար 1.35 տակ: Բացի այդ հաստ կետագծերով ներկայացված են երեք մեկնաբանվող օբյեկտները:



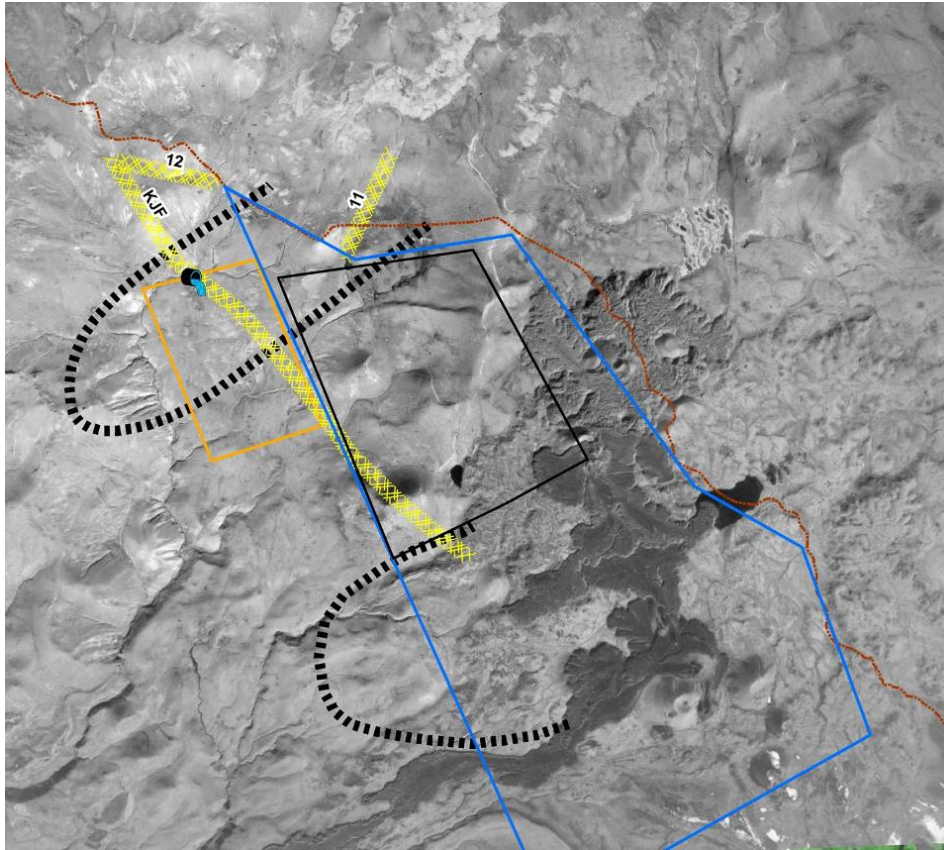
Նկար.40 : 2D մոդելը Նկար 1.38-ից, ցուցադրված Նկար 1.39-ից վերցված մեկնաբանվող օբյեկտների հետ միասին, որոնք նշվում են հաստ կետագծերով:



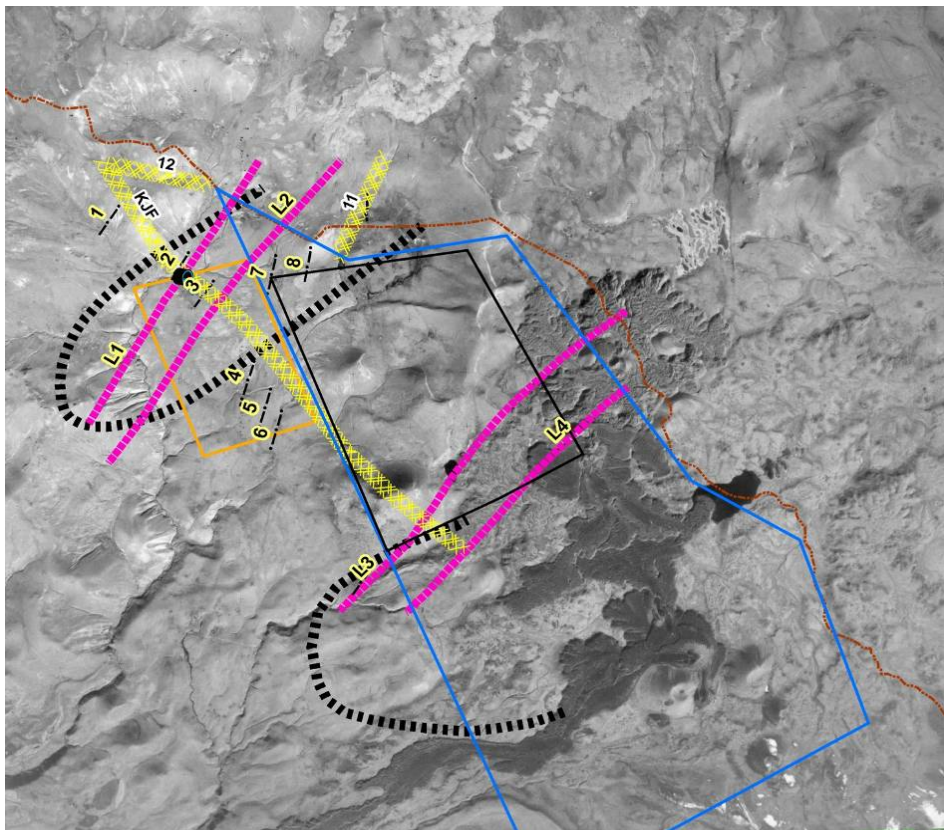
Նկար 1.41. Տարածումը և ինդուկցիայի սլաքները 100 վ դեպքում («Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունից (2011թ), Նկար 1.30): Նաև ցույց է տրված կարմիր օղակ, որն ուրվագծում է անոմալային տարածքը ըստ «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվության:



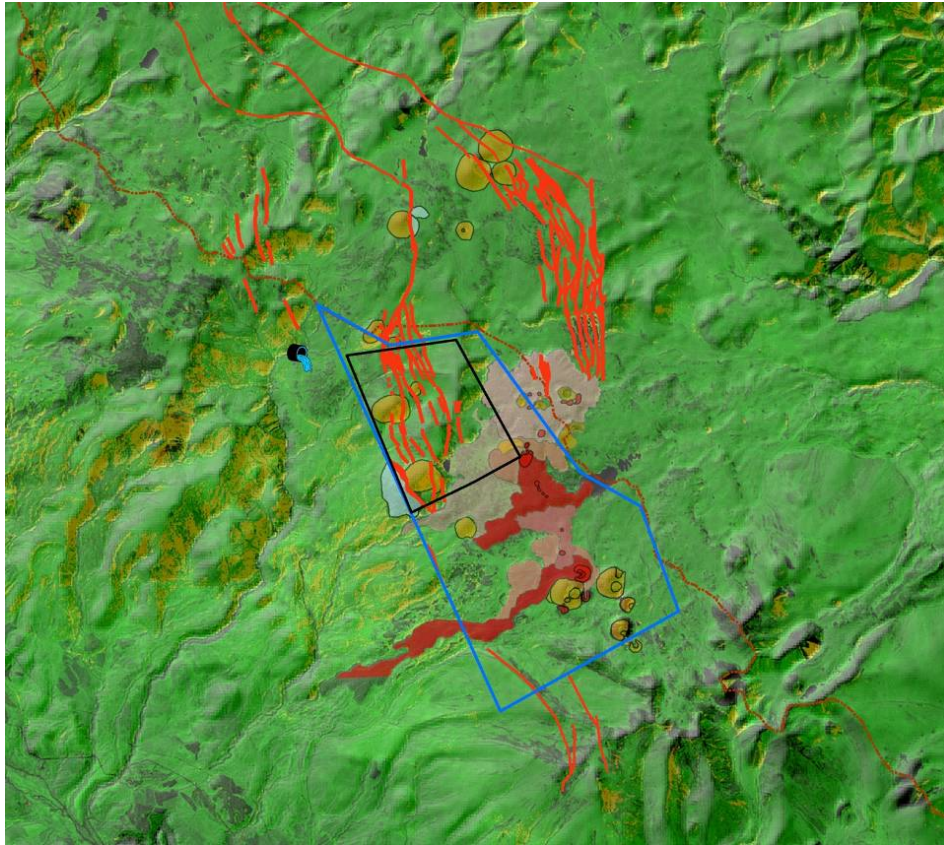
Նկար 1.42: Դիմադրությունը 2000 մ բարձրության վրա, վերցված 3D մոդելից («Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվություն (2011թ), Պլանշետ 2e: Ցուցադրված է նաև փոքր դիմադրությունների Գոտի B-ն, ինչպես նկարագրվում է տեքստի մեջ:



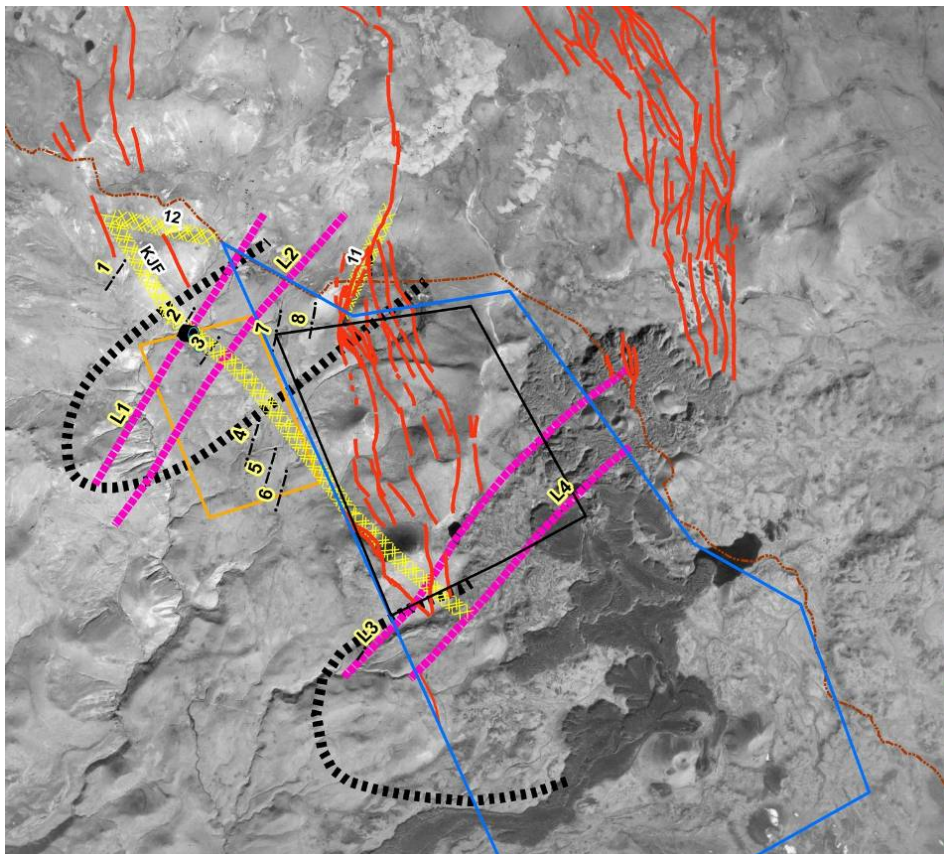
Նկար 1.43: «1988թ» կառուցվածքային մոդելը



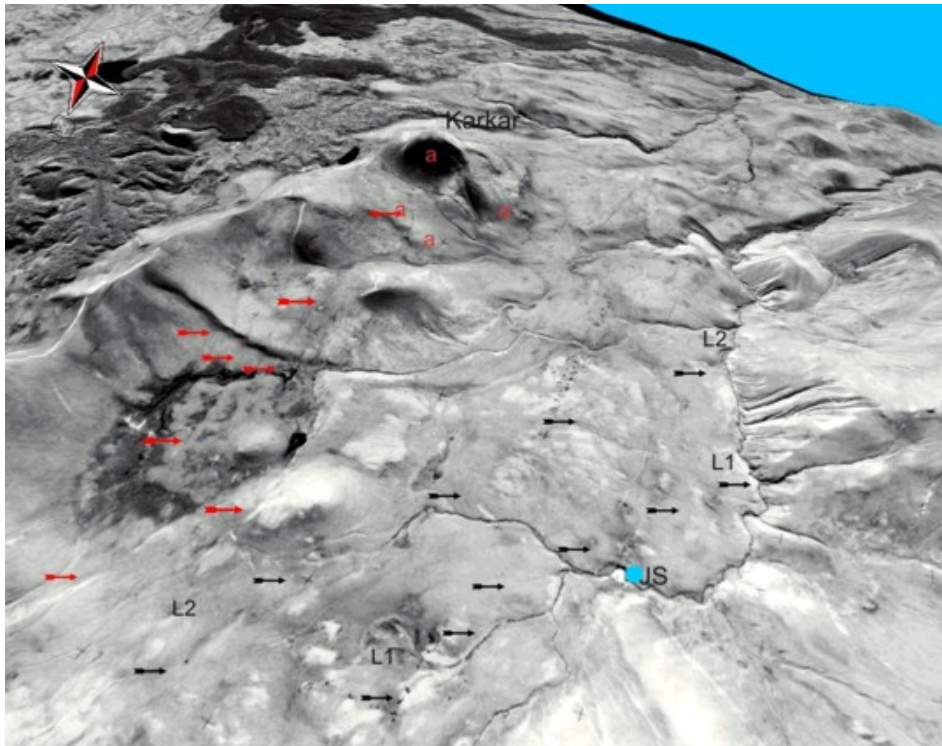
Նկար 1.44: «ԻԳԻՄ-2004թ» կառուցվածքային մոդելը



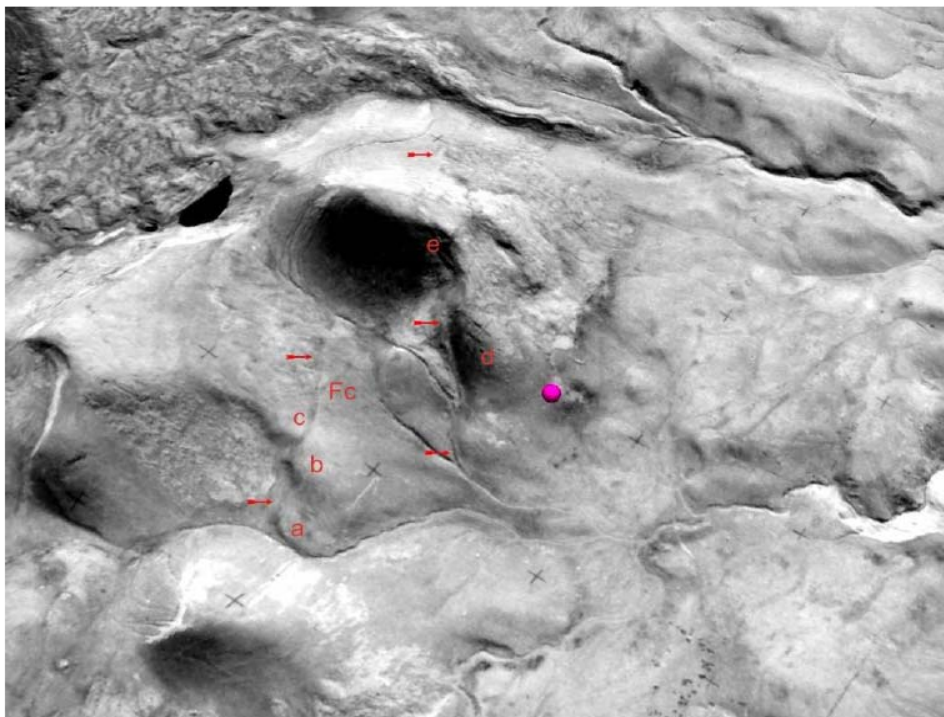
Նկար 1.45: “Գեղարիսկ- 2009” կառուցվածքային մոդելը



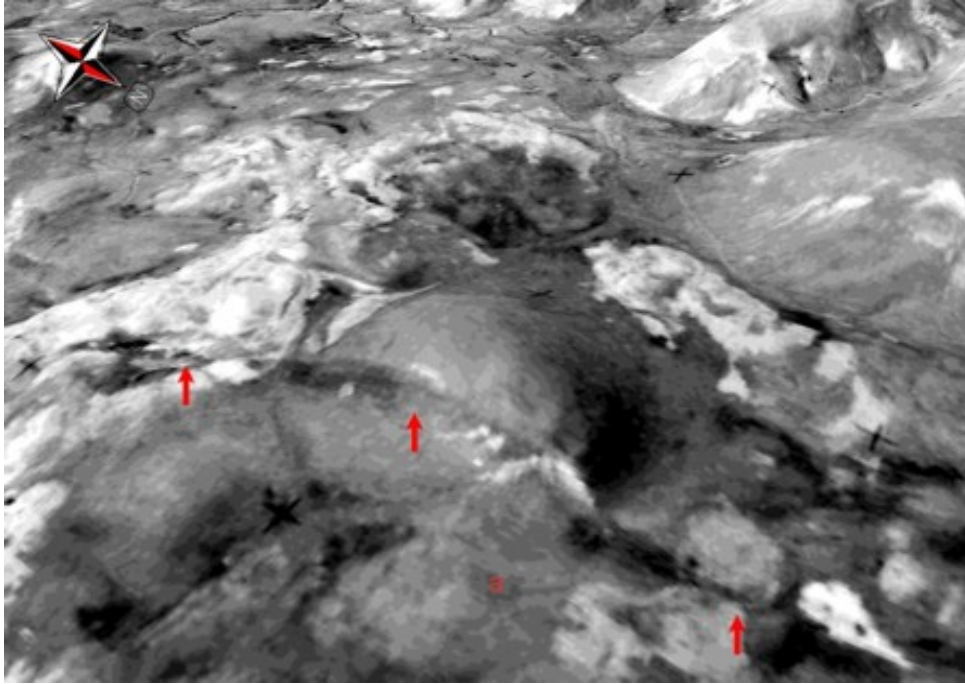
Նկար 1.46: Բոլոր երեք կառուցվածքային մոդելների համադրումը:



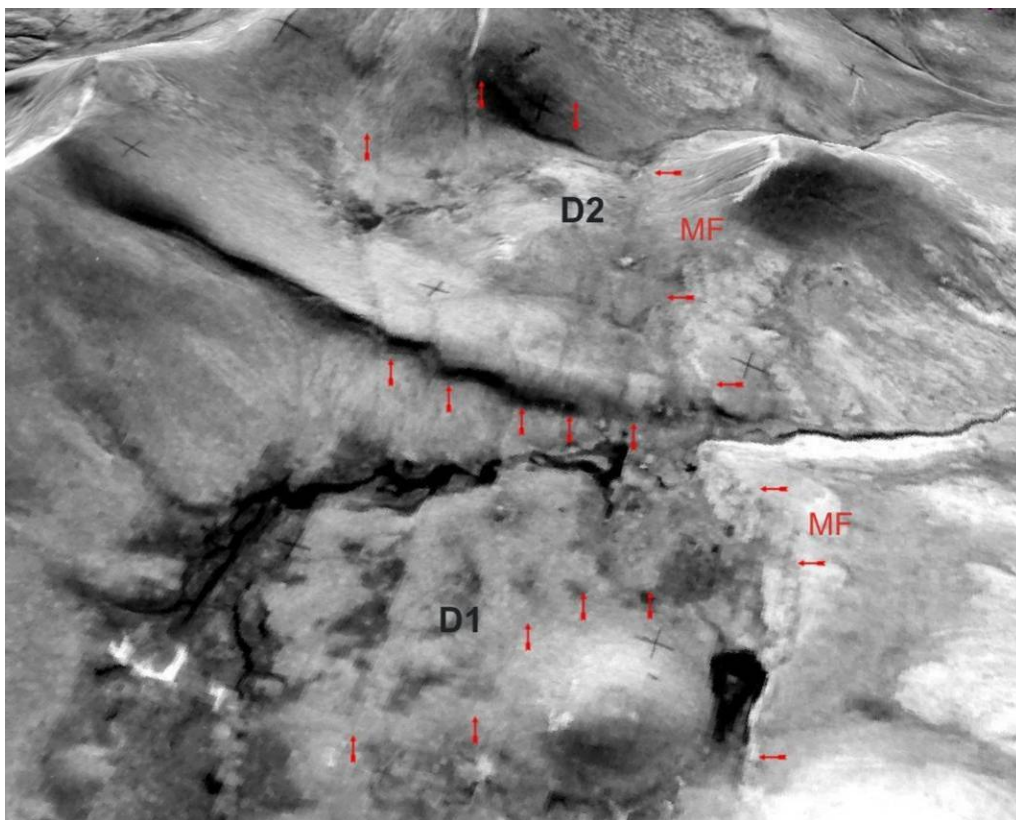
Նկար 1.47: Կարմիր սլաքները՝ «փուլ-ապարտ» ավազանի արևմտյան սահմանագատման խզվածքների հետագիծը (ըստ «ԳԵՈՌԻՄԿ 2009թ» մոդելի): Սև սլաքները՝ L1 և L2 լինեամենտների հետագծերը, որոնք, ինչպես ենթադրվում է «ԻԳԻՄ-2004թ» մոդելում, ներկայացնում են գրաբենի Հս.-Արմ. սահմանը



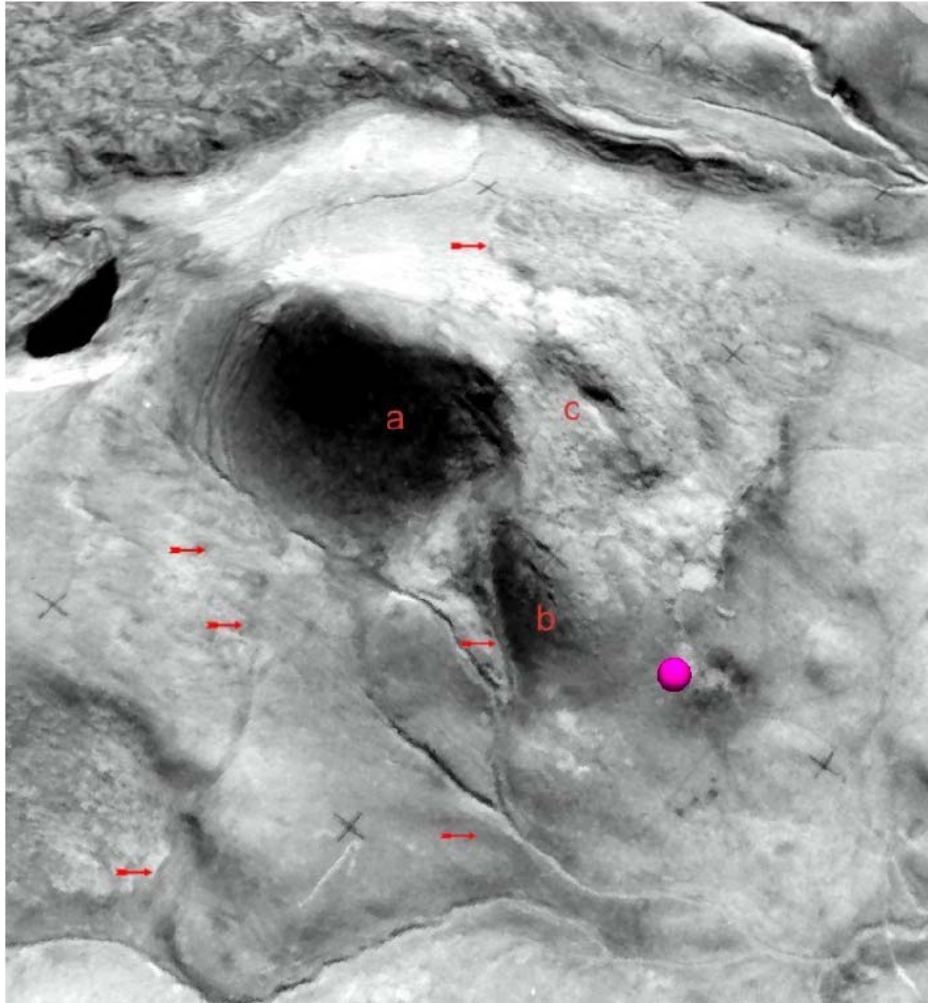
Նկար 1.48: «Փուլ-ապարտ» ավազանի կառուցվածքի արևելյան սահմանագատման խզվածքները: Կողաշարժային խզվածքը տեղաշարժում է հողմահարման ձորակի a,b,c եզրերը դեպի աջ՝ 320 մ ամպլիտուդով, ընդ որում, a-b տեղաշարժը ավելի հին է և ունի 220 մ չափը, իսկ b-c տեղաշարժը ավելի երիտասարդ է և 100 մ չափն ունի: Արևելյան ճյուղը տեղաշարժում է Քարքար հրաբուխի կողմը 130 մետրով, իսկ արևմտյանը՝ 500-570 մետրով:



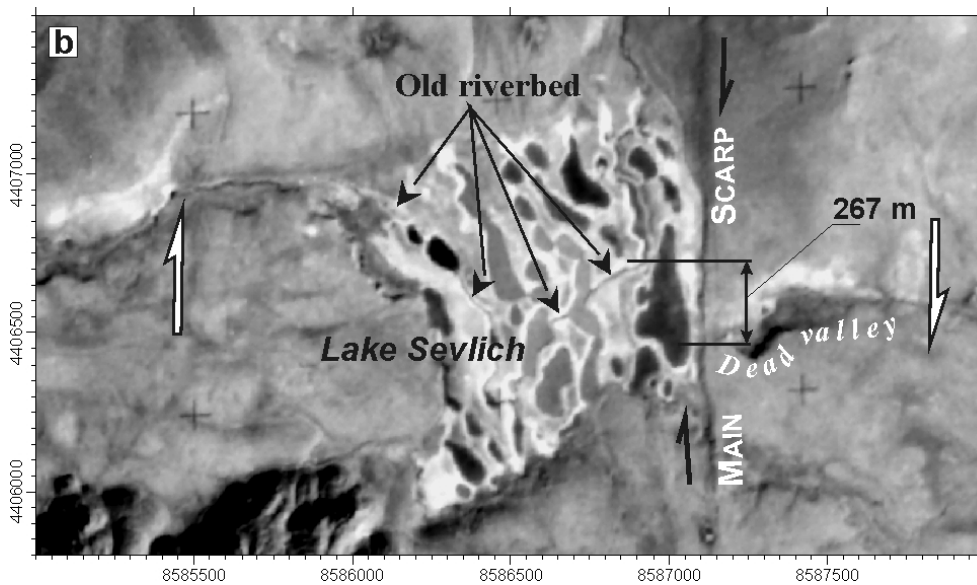
Նկար 1.49. «Փուլ-ապարտ» ավազանի արևմտյան սահմանի խվածքների ճյուղավորումները 128 մ դեպի աջ են տեղաշարժում խարամային մի հրաբուխ, ընդ որում նրա արևելյան կեսը ուղղաձիգ ուղղությամբ իջած է 10-15 մ-ով: Իջած արևելյան թևը պատուվել էր և նրանից արտահոսել էր փոքր անդեզիտաբազալտային հոսքը:



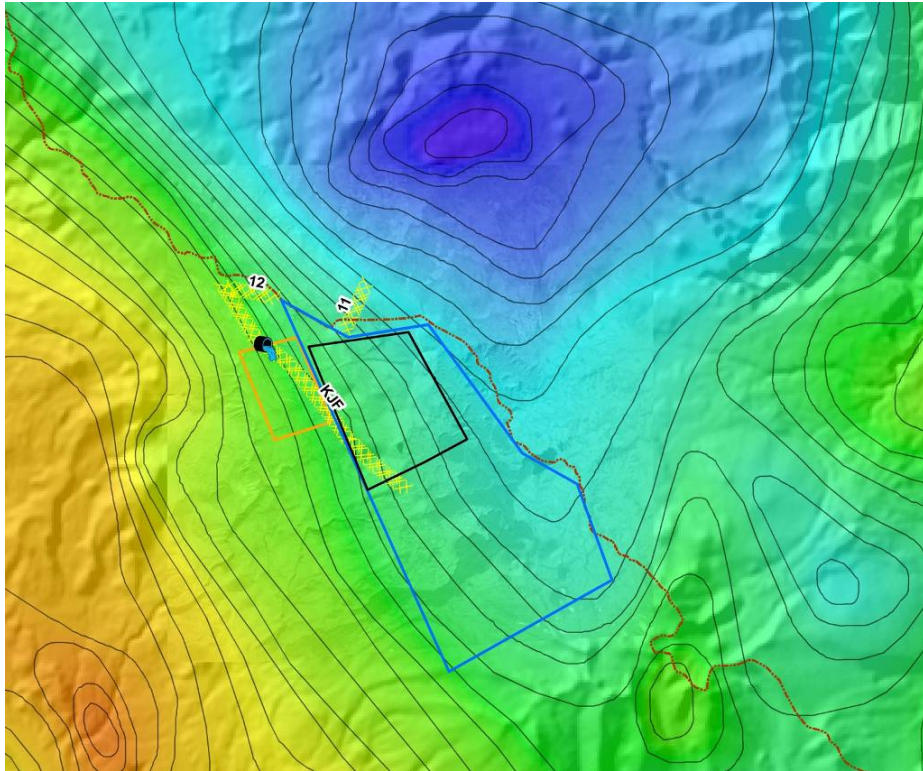
Նկար 1.50: D1 իջույթը հատելիս, իրակ մոտիկ գտնվող 8-10 խվածքների ենթազուգահեռ ճյուղերից բաղկացած համակարգը տեղաշարժել էր գետը և ջրբաժան լեռնաշղթան 230-240 մ հորիզոնական և 24-28 մ ուղղաձիգ ամպլիտուդներով:



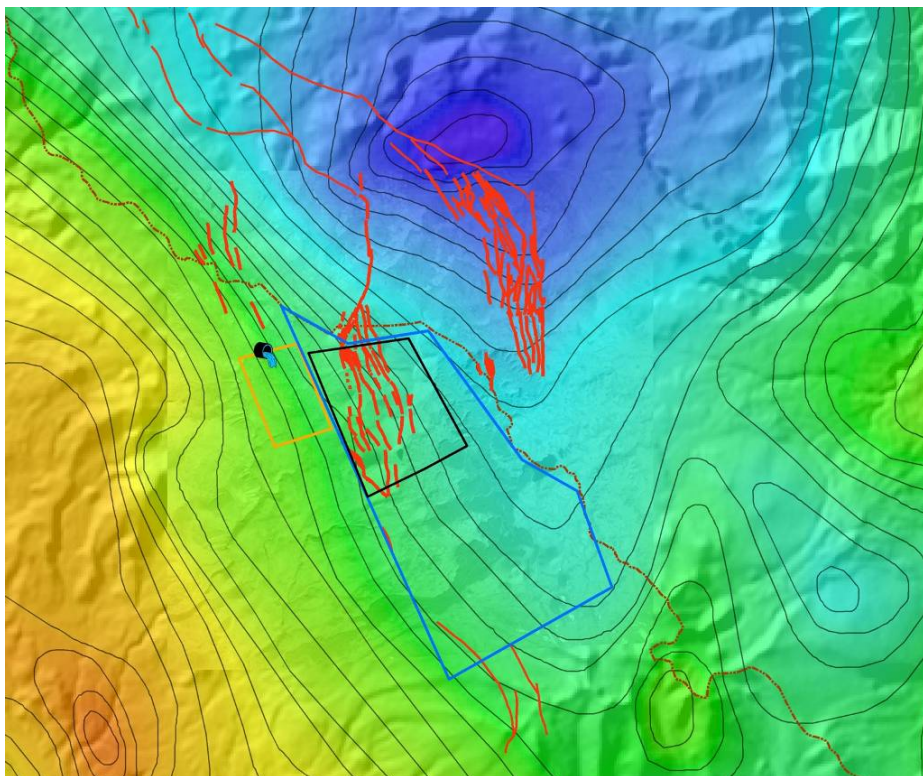
Նկար 1.51: Քարքար հրաբուխի տեղաշարժը:



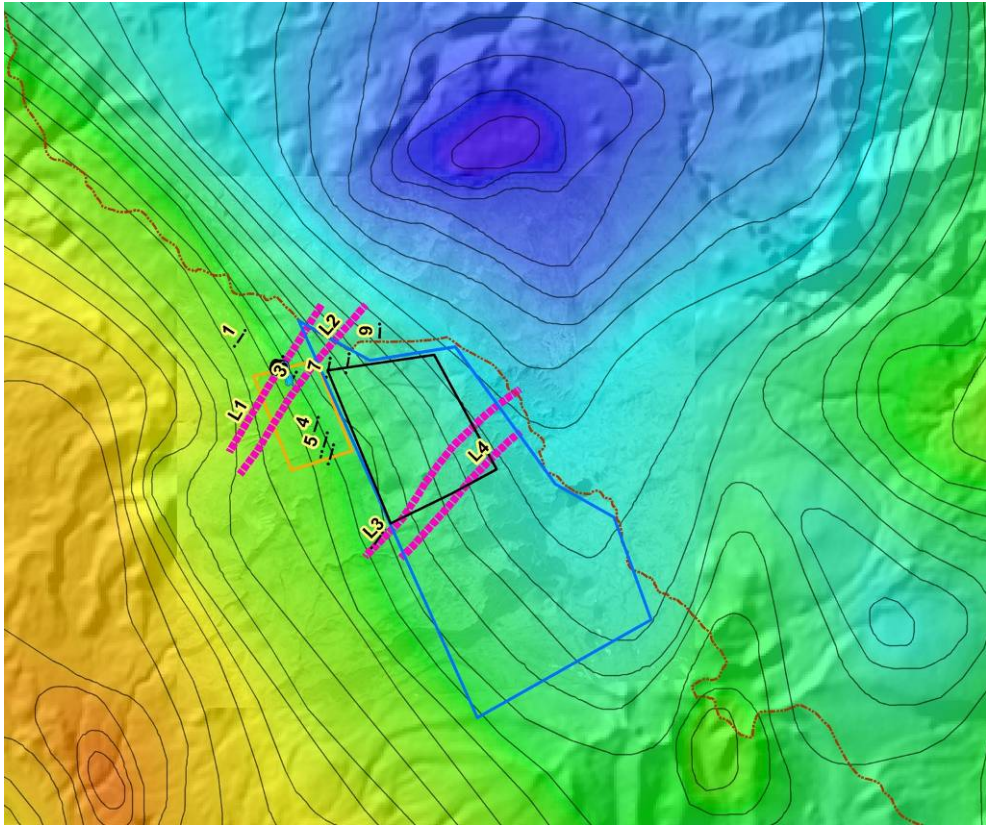
Նկար 1.52: «Փուլ-ապարտ» ավազանի արևելյան սահմանի խվածքները: Իջույթ D3-ը, որը ձևավորվել է 8-10 խվածքներից կազմված համակարգով և լցված է Սևիճ լճի ջրերով: Խվածքները տեղաշարժել են խոշոր գետը 267 մ դեպի աջ, ստեղծել են տեկտոնական պատնեշ և, ամբարտակելով գետը, ձևավորել են «սեռյալ հովիտ»



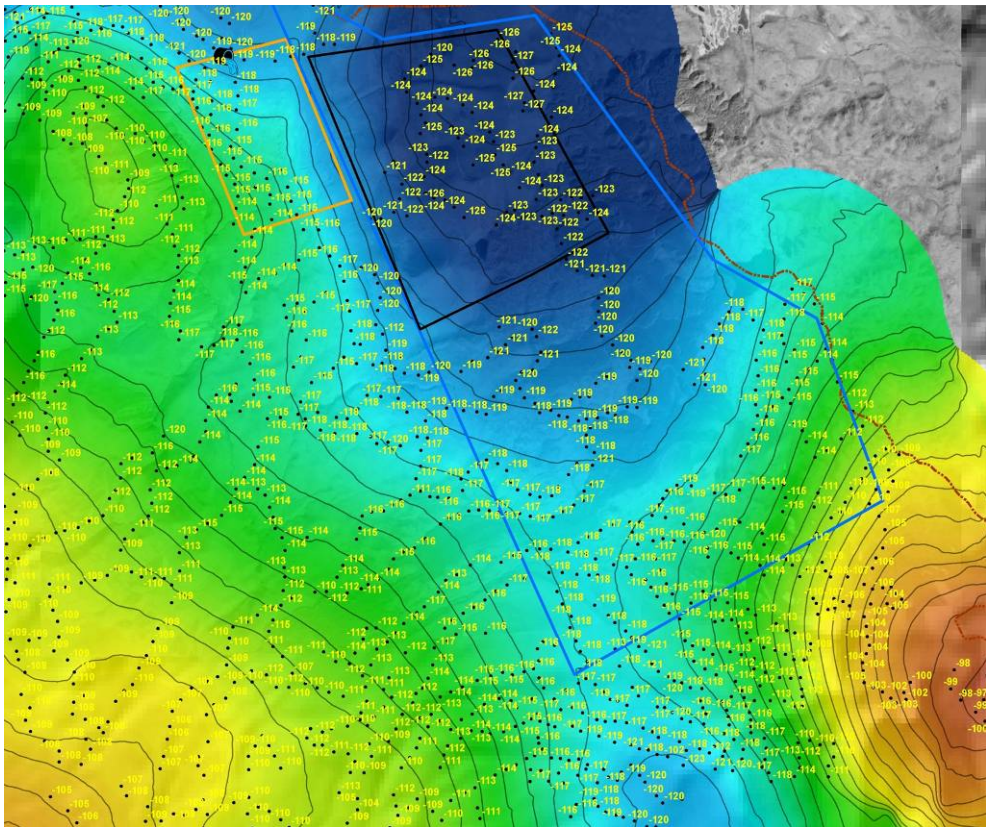
Նկար 1.53: Գրավիտացիոն դաշտի խոշոր բացասական անոմալիա, որի հարավ-արևմտյան կողմում գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը



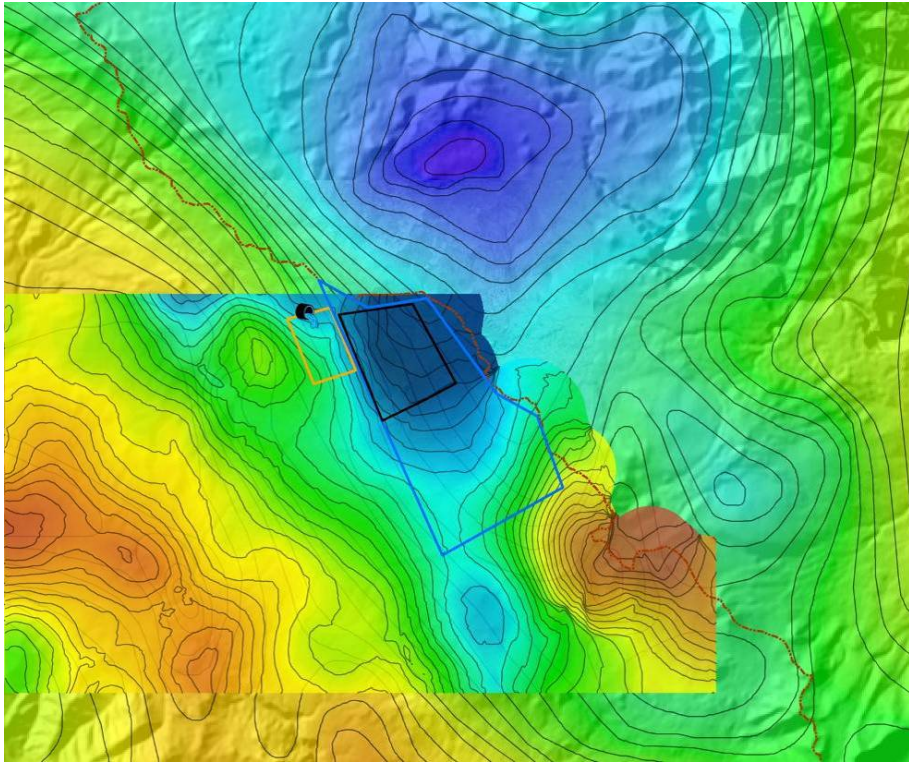
Նկար 1.54: Գրավիտացիոն անոմալիայի դեպի հարավ ձգված ուրվագիծը իր երկրաչափությամբ նման է «փուլ-սպարտ» ավազանի հարավային թևին:



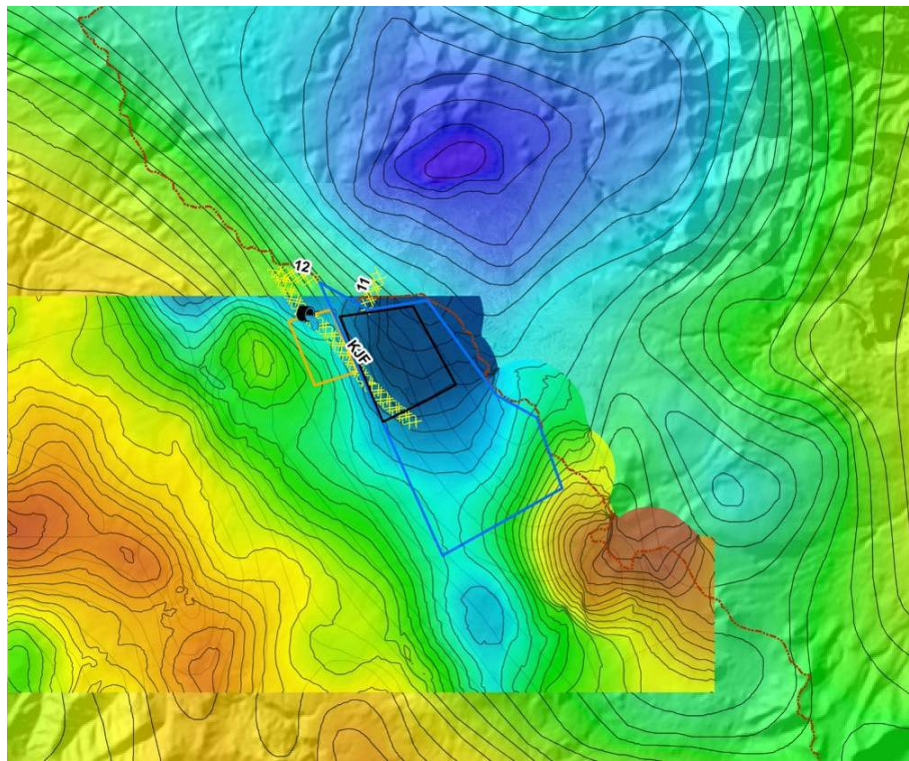
Նկար 1.55: L1, L2, L3 և L4 լինեամենստները ըստ “ԻԳԻՄ 2004թ” մոդելի չեն արտացոլվում գրավիտացիոն դաշտում



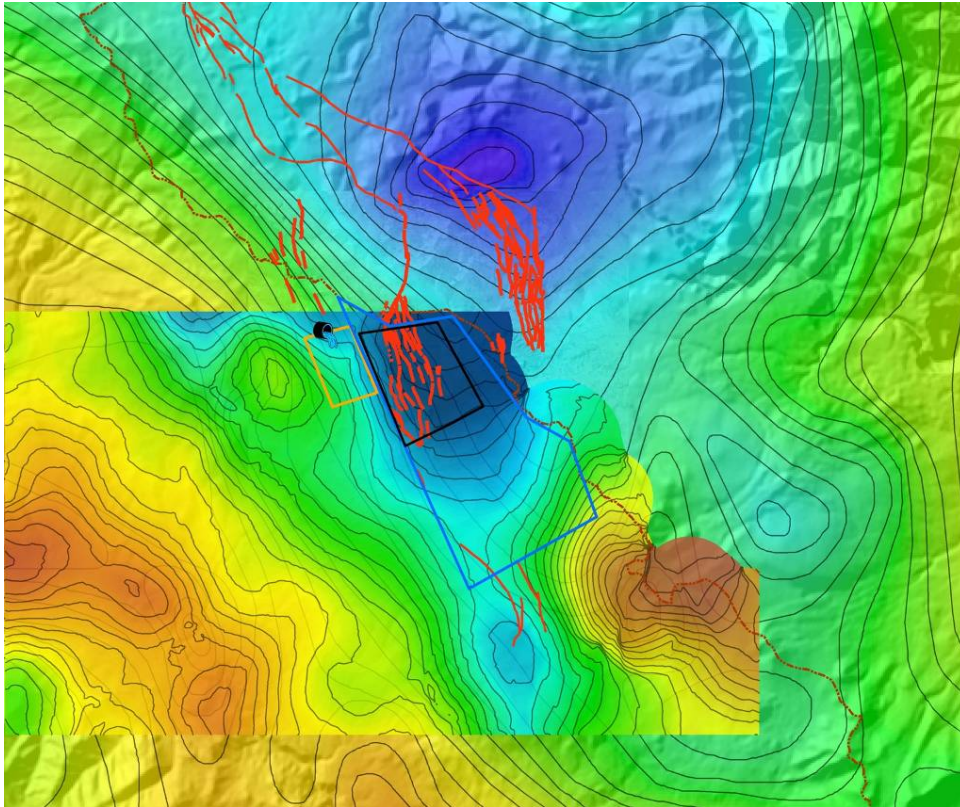
Նկար 1.56: 1:50000 մասշտաբի ծանրաչափական քարտեզը



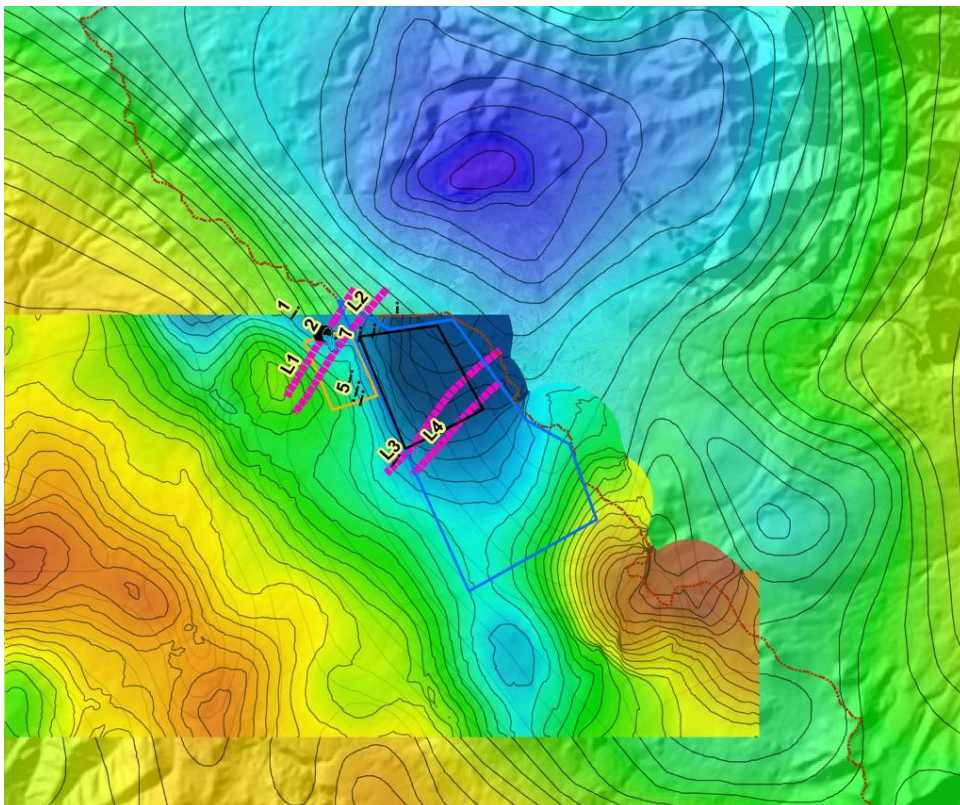
Նկար 1.57: 1:50000 մասշտաբի ծանրաչափական քարտեզը վկայում է լավ արտահայտված՝ բացասական գրավիտացիոն անոմալիայի մասին, որը ձգված է Հս.-Հս.-Արմ. ուղղությամբ և որի արևմտյան թևում գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը:



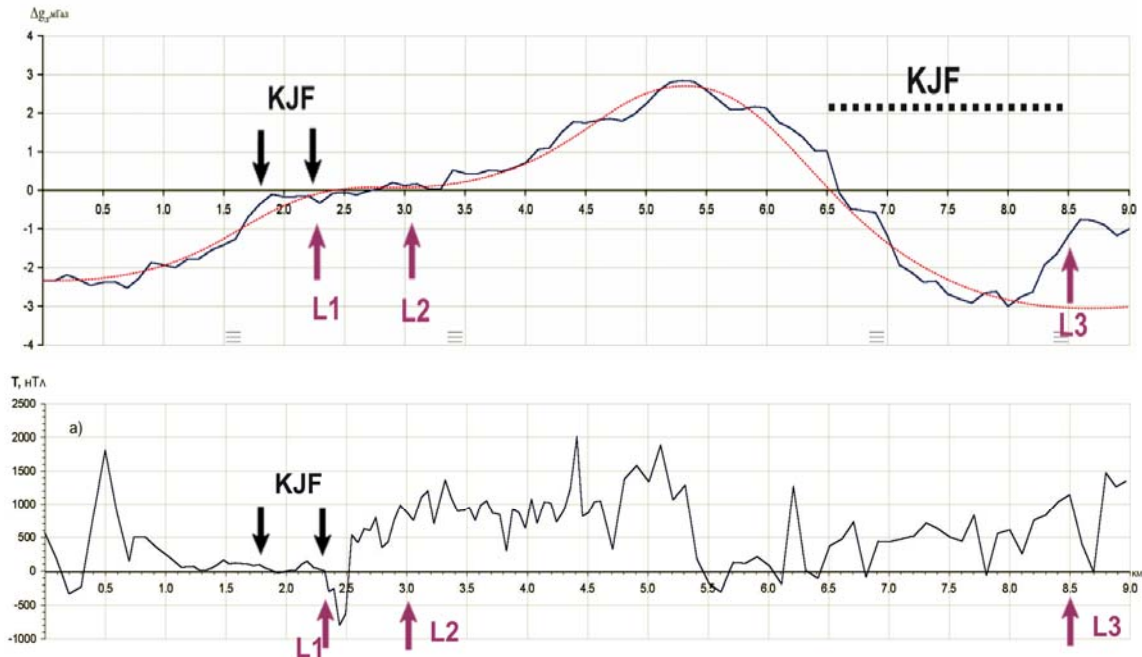
Նկար 1.58: Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզվածքը



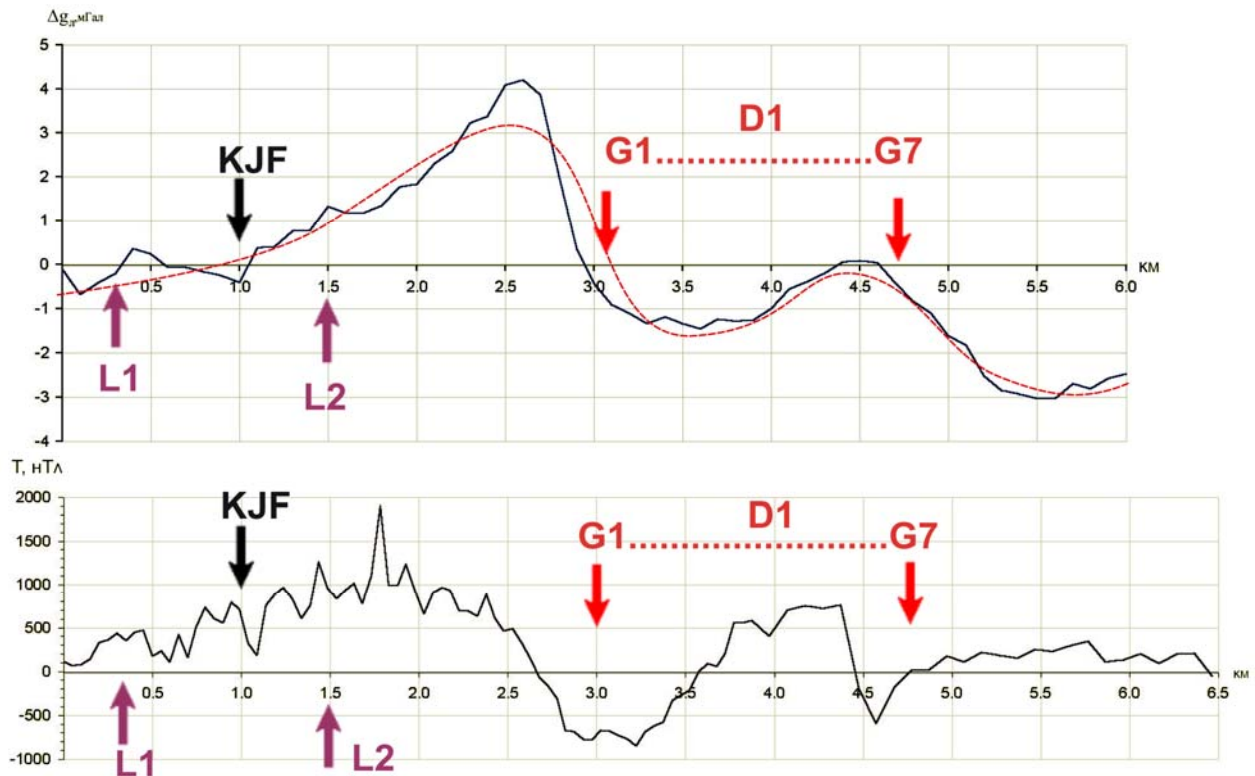
Նկար 1.59: “Փուլ-ապարտ” ավազանը սահմանագատող արևմտյան և արևելյան խզվածքների և գրավիտացիոն անոմալիայի երկրաչափությունների զուգամիտությունը:



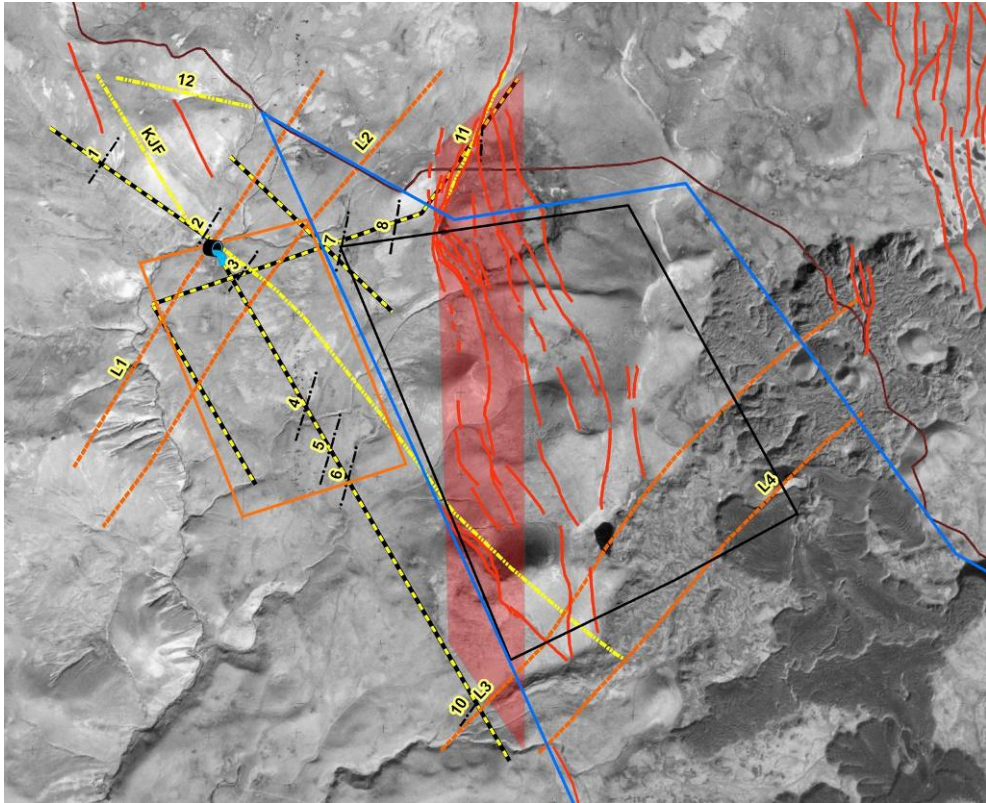
Նկար 1.60: “ԻԳԻՍ-2004թ” մոդելը հաստատում չի գտնում 1:50000 մասշտաբի ծանրաչափական հանույթի տվյալներում:



Նկար 1.61a: Ուղեգիծ 1-ը ԻԳԻՄ-ի “Հաշվետվությունից” (2004թ). ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթները. *KJF – Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքը (“1988”թ մոդելը)*, *L1, L2, L3 – լինեամենտները ԻԳԻՄ-ի “Հաշվետվությունից” (2004թ) (“ԻԳԻՄ - 2004թ” մոդելը)*



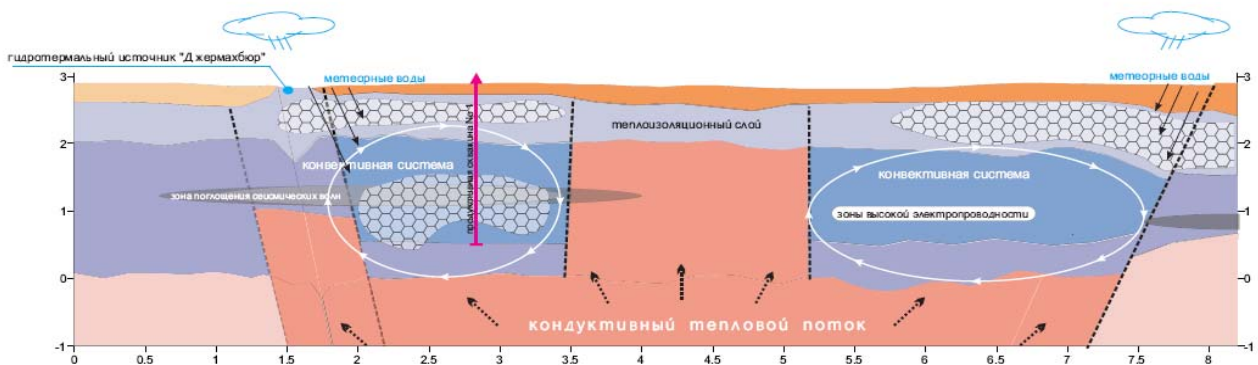
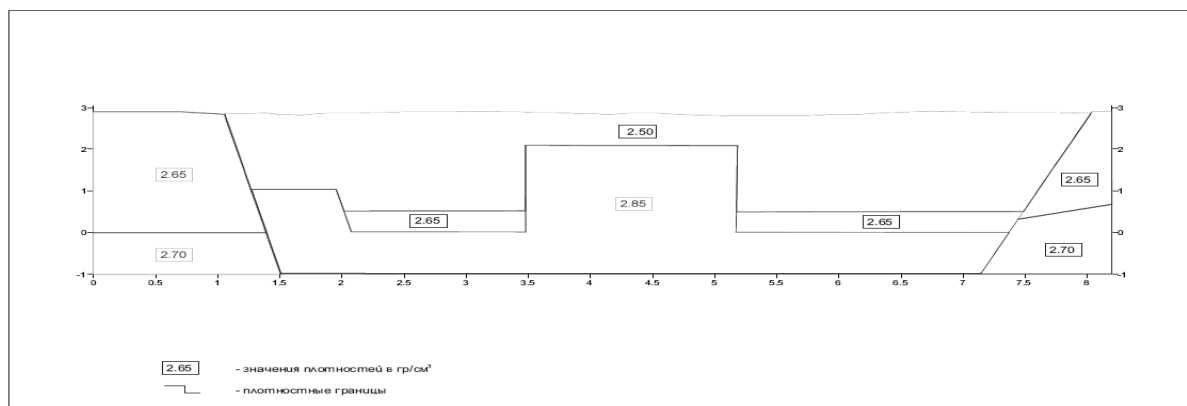
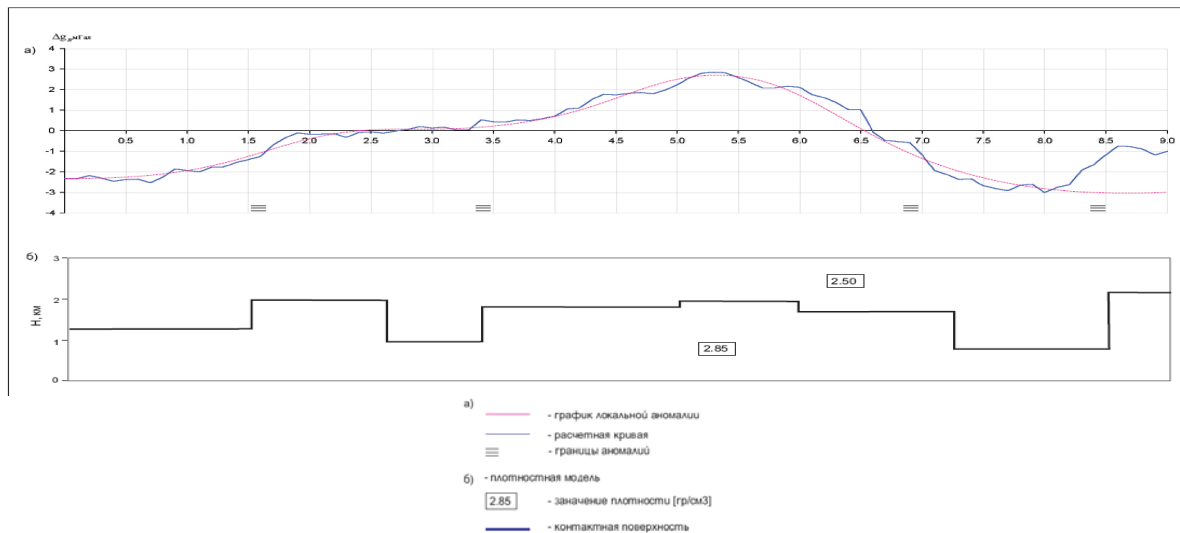
Նկար 1.61 b: Ուղեգիծ 2-ը ԻԳԻՄ-ի “Հաշվետվությունից” (2004թ). ծանրաչափական և մագնիսաչափական հանույթները *KJF – Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքը (“1988”թ մոդելը)*, *L1, L2 – լինեամենտները ԻԳԻՄ-ի “Հաշվետվությունից” (2004թ) (“ԻԳԻՄ - 2004թ” մոդելը)*, *G1...G7 – յոթ կողաշարժային խզվածքները, որոնք հատուկ են D1 իջույթը (“Գեորգիսկ 2009թ” մոդելը)*:



Նկար 1.62: 2004թ ՄՏ հանույթի անումալիան, որն “ԻԳԻՄ”-ի 2004թ “Հաշվետվությունում” մեկնաբանվում է իբրև ֆլուիդահաղորդիչ անցուղի (կարմիր գոտին): Գոտին համընկնում է «փուլ-ապարտ» ավազանը սահմանազատող ակտիվ խզվածքների հետ՝ «Գեոոիսկ-2009թ» մոդելին համաձայն:



Նկար 1.63: Լինեամենսների քարտեզ Թումանյանի հողվածից (1983), որից և վերցվել են L1 L2 և L3 լինեամենսները “ԻԳԻՄ-2004թ” մոդելի համար:



Նկար 1.64: **a** – գրավիտացիոն մոդել Ուղեգիծ 1-ով 1, վերցված Նկար 4.6-ից, ԻԳԻՄ-ի 2004թ «Հաշվետվությունից»; **b** – գրավիտացիոն մոդել նույն Ուղեգիծ 1-ով ԻԳԻՄ-ի 2004թ «Հաշվետվությունից», բայց հաջորդ՝ 4.7 Նկարից; **c** – Ջերմադրյուր աղբյուրի հայեցակարգային մոդելը ԻԳԻՄ-ի 2004թ «Հաշվետվությունից», կառուցված Ուղեգիծ 1-ով: Նույն ուղեգծով կառուցված՝ Նկար 4.6-ում և 4.7-ում ներկայացված մոդելների միջև կա ակնհայտ հակասություն: Անհասկանի է, արդյոք հայեցակարգային մոդելի կառուցման համար հիմք էր ծառայել Նկար 49b-ի գրավիտացիոն մոդելը, կամ ընդհակառակը՝ այդ հայեցակարգային մոդելն էր թելադրել Նկար 49a և 49 b գրավիտացիոն մոդելների միջև դիտվող փոփոխությունները հաշվի առնելու անհրաժեշտությունը:

Մաս II

Տվյալների մեկնաբանություն, կառուցվածքային և հայեցակարգային
մոդելների մշակում

2. 2011/2009 թվականների հետազոտությունների տվյալների մեկնաբանությունը կառուցվածքային և հայեցակարգային մոդելների մշակմամբ

1. Կառուցվածքային մոդել. Տվյալների մեկնաբանություն և մոդելի մշակում

“Գեոոբիսկ 2009թ” մոդելի գլխավոր կառուցվածքային հայեցակարգի համաձայն անջատվում է խոշոր “փուլ-ապարտ” ավազանի կառույցը, որը եզրերից սահմանազատվում է ակտիվ կողաշարժային խզվածքների համակարգով: Ինտենսիվ ձգման լարումները, որոնք առաջանում են “փուլ-ապարտ” ավազանի կառույցի ներսում, պայմանավորել էին Պլեյստոցենի և առավել ինտենսիվ՝ Հոլոցենի դարաշրջանի հրաբխականության զարգացումը և հավանական է, որ նպաստել էին երկրաջերմային ռեգերվուարի /պահոցի/ ստեղծման համար բարենպաստ գեոդինամիկական պայմանների ձևավորմանը:

“Փուլ-ապարտ” ավազանի կառույցը սահմանազատող խզվածքները շատ լավ են առանձնանում արբանյակային պատկերներում և մակերևութային երկրաբանական կառուցվածքում (տես 4.2.3, 4.2.4 և 4.2.5 բաժինները և Աղյուսակ 1-ը): “Փուլ-ապարտ” կառույցի մոդելը առայսժմ հանդիսանում է ամենաապացուցվածը և հարմարը երկրաբանական և երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների տվյալների հետազոտման մեկնաբանության և Քարքար տեղամասի երկրաջերմային ներուժի գնահատման համար:

Ուշադրություն դարձնենք “փուլ-ապարտ” ավազանի եզրերի սահմանազատման կառույցների մի կարևոր առանձնահատկության վրա:

“Փուլ-ապարտ” ավազանի արևմտյան և արևելյան կողմերը սահմանազատում է խզվածքների համակարգը, որի մեջ մտնում են ակտիվ խզվածքների 8-10 մոտիկացված ճյուղերը (Նկարներ 1.21, 1.22, 1.45, 1.46, 1.47): Խորքում այդ խզվածքները ձևավորում են բացասական “ծաղկային” կառույցի մի տեսակ, որի կենտրոնում գտնվում են Պլեյստոցենային և Հոլոցենային հրաբուխների ժայթքման անցուղիները և նրանց լավային դաշտերը (Նկար 2.1):

Մոտիկացված խզվածքների համակարգերը ձևավորում են ռելյեֆի մեջ շատ լավ արտահայտված սկարպեր՝ ուղղահայաց ուղղությամբ տեղաշարժերի 3-5-ից մինչև 20-50 մետր մեծությամբ (1, 2, 3 և 4 Նկար 2.2-ում) և հորիզոնական ուղղությամբ՝ 270-ից մինչև 1000 մ մեծությամբ (3, 5 և 6 Նկար 2.2-ում): Այդ խզվածքների հարթությունները հելիկոիդաձև պարուրված են և դրսևորում են անկում դեպի “փուլ-ապարտ” ավազանի ներսը (Նկար 2.1, Նկար 2.2): “Փուլ-ապարտ” ավազանի կառուցվածքի թևերում այդ խզվածքների համակարգերն ուղևորվում են արևմուտքում՝ D1 և D2 իջույթներով, և արևելքում՝ D3 իջույթով: Խառնարանաձև իջույթ D1-ը, 3 կմ շառավիղով, ունի հրաբխատեկտոնական ծագում և նրա հատակը ծածկված է մեծ ճահիճով և փոքր լճակներով (Նկարներ 1.47, 1.50 և 2.2): Նման կառուցվածք ունի նաև D2 իջույթը: D3 իջույթը նույնպես հրաբխատեկտոնական ծագում ունի, ընդ որում նրա առավել

ցածրադիր մասը լցված է Սևիճ լճի ջրերով: Լիճն առաջացել է խզվածքներով հասված գետերի վրա տեկտոնական պատնեշների առաջացման հետևանքով (Նկար 2.2).

D1, D2 և D3 իջույթների սահմաններում հարևան խզվածքների միջև հեռավորությունը կազմում է 100-ից մինչև 500 մ: Այն շերտերը, որոնցում խզվածքները ձևավորել են իջույթներ, իրենց արևմտյան թևում ունեն 5 կմ երկարություն՝ 2.3 կմ առավելագույն լայնությամբ, իսկ արևելյան թևում՝ երկարությունը հավասար է 8 կմ, իսկ լայնությունը՝ 2.5 կմ է: Խզվածքների միջև գտնվող բլուկները ենթարկվում են ձգման, հորիզոնական տեղաշարժերին, թեքման և ռոտացիային: Նույն բլուկների հյուսիսային և հարավային թևերում որոշ դեպքերում դիտվում է ռոտացիա հակադիր ուղղություններով, ինչը պայմանավորված է խզվածքների հարթությունների հեղիկոդիդաձև պտույտով (Նկարն 2.2): Նման կառուցվածքակինեմատիկական պատկերը վկայում է այն մասին, որ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի թևերում մոտիկացված խզվածքների և իջույթների ձևավորման գոտիները ունեն մեծ թափանցելիություն և շարժունակություն:

Այդ խզվածքների մի մասը հայտբաբերվել է դեռևս 1988-89 թվականների ուսումնասիրությունների ժամանակ (օրինակ՝ N11 Նկարներ 1.43 և 1.44): Սակայն այն ժամանակ նրանք մեկնաբանվել էին որպես հրաբուխների դատարկված մագմային խուցերի գրավիտացիոն նստեցմամբ պայմանավորված կառույցներ, կամ պարզապես որպես հրաբխային ժայթքման ժամանակ առաջացած նստեցումներ: Նման մեկնաբանության դեպքում հայտնաբերված սկարպերի և խզումների բնույթը համարվում էր ոչ տեկտոնական, ուստի դրանք հետազայում հաշվի չէին առնվում կառուցվածքային մոդելներում: Անկախ նրանից, որ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի թևերի գրավիտացիոն-հրաբխային ձևավորման այդ հայեցակարգը ժամանակ առ ժամանակ առաջ է բերվում նաև այսօր, մենք այն սխալ ենք համարում և ներկայացնում ենք ապացույցները ստորև:

Անշուշտ, հրաբխային ժայթքումների ընթացքում և նրանցից հետո կարճ ժամանակահատվածում կարող են ձևավորվել փլման կառույցներ, որոնք գետնի մակերևույթի վրա կարող են առաջացնել խզվածքներով ուղեկցվող անկման կառուցվածքներ: Սակայն այդ դեպքում նման կառուցվածքներ ունենում են ոչ մեծ երկարություն՝ սովորաբար առաջին տասնյակ մետրերի, հազվադեպ՝ առաջին հարյուր մետրերի սահմաններում: Բացի այդ, նրանք միշտ ունենում են լավ արտահայտված ուղղաձիգ տեղաշարժեր, սովորաբար վարնետքային, բայց երբեք չեն դրսևորում խոշոր հորիզոնական՝ կողաշարժային կամ կողաշարժավերնետքային տեղաշարժեր: Քննարկվող դեպքում մենք գործ ունենք Փամբակ-Սևան-Սյունիքի խզվածքի հետ: Դա ամենախոշոր և ակտիվ խզվածքն է Հայաստանում: Նրա երկարությունը կազմում է մոտ 300 կմ, Քարքարի տեղամասի տարածքում գրանցված՝ կողաշարժային հորիզոնական տեղաշարժերի ամպլիտուդը հասնում է 1 կմ: Գրանցված են կողաշարժավերնետքային տեղաշարժի բազմաթիվ դեպքեր, որոնց ուղղահայաց մեծությունը վերնետք խզվածքով հասնում է 30-40 մետրի: Հետևաբար, «*փուլ-ապարտ*» կառույցը սահմանազատող խզվածքների գրավիտացիոն-հրաբխային բնույթի մասին անգամ խոսք գնալ չի կարող: Բացի այդ, «*փուլ-ապարտ*» կառույցը սահմանազատող խզվածքները հիանալի կերպով արտացոլվում են գրավիտացիոն դաշտում, ինչը վկայում է նրանց ներթափանցման զգալի, բազմակիլումետրանոց խորության մասին, մինչդեռ գրավիտացիոն-հրաբխային

նստեցման խզումների ներթափանցման խորությունը մեծ չէ և վերջինները անդրադարձ չունեն գրավիտավիոն դաշտի մեջ:

Այդ խզվածքների տեկտոնական ծագման օգտին վկայող մյուս և անվիճելի փաստարկն է այն, որ նրանց գոտում գրանցվում են ուժեղ երկրաշարժերից առաջացած բազմակի մակերևութային խզումներ, ընդ որում այդ երկրաշարժերը տեղի են ունեցել տարածաշրջանում վերջին հրաբխային ժայթքումներից շատ ավելի ուշ շրջանում:

«Փուլ-ապարտ» կառույցի թե՛ արևմտյան, և թե՛ արևելյան սահմաններում պալեոսեյսմաբանական և արխեոսեյսմաբանական հետազոտությունների ժամանակ, որոնք իրականացվել էին Ֆրանսիայի (Մոնպելյե-2 համալսարան) և Ռուսաստանի (Ռուսաստանի Գիտությունների ակադեմիայի Երկրաբանության ինստիտուտ) մասնագետների հետ համատեղ, գրանցվել են $M=7.2-7.4$ մագնիտուդով երկրաշարժերից առաջացած մակերևութի խզումներ: Երկրաշարժերից առաջացած մակերևութի խզումները տեղաշարժել են հնեագիտական կառույցների պատերը, որոնք թվագրվում են միջին և ուշ Բրոնզե դարաշրջանով և գտնվում են «փուլ-ապարտ» ավազանի թե՛ արևմտյան, և թե՛ արևելյան սահմանների վրա (Նկարներ 2.3, 2.4): «Փուլ-ապարտ» կառույցի հարավային վերջավորության վրա պալեոսեյսմաբանական հետազոտությունները և C14 և OSL մեթոդներով կատարված հասակի որոշումները գրանցել են երկրաշարժեր, որոնք տեղի են ունեցել 3700, 7800 և 8500 տարի առաջ (Նկարներ 2.3 և 2.4): Ուժեղ երկրաշարժեր, $M=7.0-7.4$ մագնիտուդով, որոնց ուղեկցում էին տասնյակ մետրերի երկարությամբ մակերևութային խզումները, գրանցվել են խզվածքների երկայնքով Քարքար տեղամասից դեպի հյուսիս՝ 14 կմ և 35 կմ հեռավորությունների վրա (Նկար 2.5):

Վերևում նշվածից բխում է երկու կարևոր եզրակացություն.

1. Քարքարի շրջանում գլխավոր կառուցվածքային առանձնահատկությունն է «փուլ-ապարտ» ավազանի խոշոր կառույցի ներկայությունը, որը կողմերից սահմանազատվում է ակտիվ խզվածքների համակարգով: «Փուլ-ապարտ» ավազանի կառույցի ներքում առաջացող ինտենսիվ ձգման լարումները պայմանավորում էին հրաբխականության զարգացումը Պլեյստոցենի և առավել ինտենսիվ՝ Հոլոցենի դարաշրջաններում և հավանական է, որ նրանք նպաստել էին երկրաջերմային ռեգերվուարի /պահոցի/ ստեղծման համար բարենպաստ գեոդինամիկական պայմանների ձևավորմանը:
2. 7-10 ենթագուգահեռ խզվածքներից և լճերի ջրերով լցված իջույթներից կազմված համակարգերը, որոնք սահմանազատում են «փուլ-ապարտ» ավազանը, կարող են հանդիսանալ ամենաթափանցելի գոտիներ, որոնք ի վիճակի են ապահովելու մթնոլորտային ջրերի փոխադրումը դեպի խորքը, ինչպես նաև նրանց շրջանառությունը խորքում և տաք ֆլուիդների բարձրացումը վերև, դեպի մակերևութ:
3. $M=7.2-7.4$ մագնիտուդով ուժեղ երկրաշարժերից մակերևութային խզումների առաջացումը ենթագուգահեռ խզվածքների համակարգում, որոնք սահմանազատում են «փուլ-ապարտ» ավազանը, վկայում է այն մասին, որ խզվածքները ներթափանցում են ոչ պակաս քան 15-20 կմ խորության վրա,

քանի որ հենց այդ խորության են հասնում Հայաստանում ուժեղ երկրաշարժերի հիպոկենտրոնները և սեյսմակիզակետային /ֆոկալ/ մակերեսը:

2. ՄՏ մոդելը. տվյալների մեկնաբանությունը և մոդելի մշակումը

Մեր հաշվետվության առաջին մասում, 3.2 և 4.1 բաժիններում, ցուցադրվել է, որ 2004, 2009 և 2011 թվականներին իրականացված ՄՏ հանույթների արդյունքները, ինչպես նաև 2009թ հանույթների 2D վերջավոր մոդելները լավ համադրելի են (Նկարներ 1.26 - 1.28 և 1.35 -1.39): Դա լրացուցիչ հաստատում են 2.6, 2.7 և 2.8 Նկարներում ներկայացված պատկերները: Հետևաբար, 2004թ, 2009թ և 2011թ հանույթների տվյալները կարելի է համարել հուսալի և օգտագործել մեկնաբանության ժամանակ:

2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ տվյալները մուտքագրվել են ArcScene 9.3 համակարգչային ծրագրի մեջ: 3D ՄՏ և ծանրաչափական հանույթների տվյալները, որոնք մուտքագրվել են ArcScene 9.3-ի մեջ, թույլ տվեցին կատարել 3D եռաչափ մեկնաբանություն՝ 20 կմ² մակերեսով և մինչև 2 կմ խորությամբ ծավալի սահմաններում: 2009 և 2004 թվականների հանույթների ուղեգծերի կիրառմամբ հաջողվել է ընդլայնել մեկնաբանվող ծավալի չափսերը՝ մինչև արևմուտք-արևելք ուղղությամբ 10 կմ լայն շերտ և մինչև 20 կմ խորությունը:

ArcScene ծրագրի մեջ մուտքագրվել են հետևյալ տեղեկատվական շերտերը.

- Բարձրությունների /ռելյեֆի/ թվային մոդել 1:25 000 և 1:10 000 մասշտաբներով;
- Օդալուսանկարներ;
- “1988թ”;
- “ԻԳԻՄ 2004թ” և “Գեոռիսկ 2009թ” կառուցվածքային մոդելները;
- Հորատանցք թիվ 4-ի, Ջերմաղբյուր, Ջերմուկ, Իստի-սու, Ույծ և Որոտան աղբյուրների, փոխակերպված ապարների գոտիների, Պլեյստոցենի և Հոլոցենի հրաբուխների և նրանց լավային հոսքերի տեղադիրքերը;
- Մեյսմիկ ալիքների մարման համեմատաբար մեծ գործակցով անոմալային գոտիները, որոնք բացահայտվել էին 1987-88 թթ սեյսմահետախուզական աշխատանքների ժամանակ;
- Գրավիտացիոն դաշտի անոմալիաների քարտեզներ 1:200 000 և 1:50 000 մասշտաբների;
- 1:50 000 մասշտաբի երկրաբանական քարտեզը;
- **2004թ ՄՏ Մոդելը** – 2D վերջավոր մոդելը 2004թ հանույթից՝ ըստ Ուղեգիծ 1-ի՝ 4 կմ և 20 կմ խորությունների հանար;
- “**ՄՏ 2004թ մոդելում**” առանձնացված ապարների փոքր դիմադրության գոտիները, երկրաջերմային ջրերի հեռանկարային տեղամասերը, ենթադրվող ինտրուզիաների գոտիները, որպես երկրաջերմային ֆլյուիդների հաղորդիչ անցուղի մեկնաբանվող գոտին, նախատեսվող արտադրական հորի տեղադիրքերը;

- **Մոդել ՄՏ 2009թ “ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ”** – 2D վերջավոր մոդելը ըստ «ԳԵՈՌԻՄԿ»-ի և Հարավային Ֆլորիդայի Համալսարանի կողմից 2009թ ՄՏ հանույթների մեկնաբանության՝ 5 կմ խորության վրա (երկու տարբերակ);
- **Մոդել ՄՏ 2009թ “Նորդ-Վեստ”** – 2D վերջավոր մոդելը ըստ 2009թ ՄՏ հանույթի մեկնաբանության «Նորդ-Վեստ» ընկերության կողմից՝ 3 կմ խորության համար;
- **Մոդել ՄՏ 2009թ “Նորդ-Վեստ”** – 2D վերջավոր մոդելը ըստ 2009թ ՄՏ հանույթի մեկնաբանության «Նորդ-Վեստ» ընկերության կողմից՝ 10 կմ խորության համար;
- **2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալները հորիզոնական շերտերի տեսքով, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի 20 կմ² մակերես և հատված է հետևյալ խորություններում՝ 0 մ, 500 մ, 750 մ, 1000 մ, 1500 մ և 2000 մ (Նկար 2.9);**
- **2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալները 10 ուղղահայաց հատույթների տեսքով (հինգը՝ Հյուսիս-Հարավ և հինգն էլ՝ Արևմուտք-Արևելք ուղղությամբ (Նկար 2.10);**
- **2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալների հիման վրա կառուցվել է եռաչափ ՄՏ ցանց (Նկար 2.10);**
- **2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալների հիման վրա ArcScene 9.3 ծրագրում կառուցվել է եռաչափ ցանց (Նկար 2.11):**

2004թ և 2009թ ՄՏ հանույթների բոլոր մոդելներում Ուղեգիծ 2-ով հստակ բահայատվում է 5 շերտ:

Վերնից ներքև հնարավոր է առանձնացնել հետևյալ շերտերը:

- **Շերտ 1.** Ենթահորիզոնական շերտ է, որը տարածվում է մակերևույթից մինչև 250-400 մ խորություն (ունի 250-400 մ հզորություն): Ապարները բնորոշվում են մեծ դիմադրություններով (հարյուրավոր և հազարավոր Օմ×մետրեր): Ըստ երևույթին, շերտը համապատասխանում է հրաբխային ապարներին (անդեզիտաբազալտներ): Շերտի ամենամեծ հզորությունը և մեծագույն դիմադրությունները գրանցվում են D1 իջույթի արևելյան շրջանակում՝ Պլեյստոցենային հրաբուխների ձևավորման տեղամասերում (Նկարներ 2.6 – 2.14);
- **Շերտ 2.** Ենթահորիզոնական շերտ է, որը տարածվում է 300-1000 մ խորությունների միջակայքում (հզորությունը՝ 400-700 մ); ապարներն ունեն դիմադրության փոքր արժեքներ՝ 10-20 Օմ×մ: Երկու մոդելների (ՄՏ 2009թ “ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ” և ՄՏ 2009թ “Նորդ-Վեստ”) համաձայն՝ փոքրագույն դիմադրությունները գրանցվում են ՄՏ Ուղեգծի NN 4-7 և 15-17 կետերում: 4-7-րդ կետերը համապատասխանում են D1 իջույթին, իսկ 15-17-րդ կետերը՝ D3 իջույթին (Նկարներ 2.6 – 2.14): **Մոդել “ՄՏ 2004թ”-ը** նույնպես գրանցում է փոքր դիմադրություններ D1 իջույթի շրջանում (Նկար 2.7): 12-11-րդ կետերի շրջանում 2-րդ շերտի ստորին սահմանը (հատակը) կտրուկ իջնում է՝ մինչև

1500-1600 մ խորությունը (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.8 և 2.12): 3D US հանույթների արդյունքներում նույնպես վստահությամբ կարելի է անջատել Շերտ 2-ը (Նկարներ 2.9, 2.11, 2.12, 2.13): Շերտ 2-ի փոքրագույն դիմադրությունները և առավելագույն հզորությունը գրանցվում են D1 իջույթի շրջանում (Նկարներ 2.11, 2.14): Նկար 2.14-ում լավ երևում է, որ Շերտ 2-ը կողմերից սահմանազատված է «փուլ-ապարտ» ավազանի կառույցը ձևավորող խզվածքների համակարգով: Շերտ 2-ը մեկնաբանվում է որպես ճեղքավոր և ջրահագեցած ապարների գոտի («ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելը) և/կամ որպես հանքայնացված և բարձր ջերմաստիճանի ջերմային ջրերի ավելի մեծ պարունակությամբ գոտի, որոնք հեռանկարային են էներգիայի երկրաջերմային աղբյուրների որոնման տեսանկյունից («Նորդ-Վեստ» մոդելը):

- **Շերտ 3.** Շերտը լցնում է Շերտ 2-ի և 4-ի միջև եղած տարածությունները և տարածվում է 1000-3000 մ խորությունների միջակայքում (Նկարներ 2.6 – 2.14): Շերտի հզորությունը արևելքում կազմում է պակաս քան 1 կմ, իսկ արևմուտքում՝ մոտ 2-2.5 կմ: US 2009թ «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելում այն ցույց է տրված կանաչ գույնով, իսկ US 2009թ «Նորդ-Վեստ» մոդելում՝ բաց կապույտ գույնով (Նկարներ 2.6, 2.7 և 2.8): Գույների տարբերությունը բացատրվում է մոդելներում կիրառվող սանդղակների տարբերությամբ: Շերտը բնորոշվում է դիմադրությունների 200-ից մինչև 50 Օմ×մ արժեքներով: Շերտի կարևոր առանձնահատկությունն է այն, որ նրա ստորին սահմանը (հատակը) իջնում է 14-10-րդ կետերի շրջանում մինչև 2500 մ խորությունը ըստ «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելի (Նկար 2.6): «Նորդ-Վեստ» մոդելը գրանցում է շերտի անկումը 14-7-րդ կետերի շրջանում (Նկար 2.7): Արևմուտքում Շերտ 3-ը երկու մոդելներում էլ կտրուկ իջնում է մինչև 3000մ խորությունը: «Նորդ-Վեստ» մոդելը մեկնաբանում է այդ իջեցումը որպես հնարավոր խզվածքի գոտի (Նկար 2.7), ուր ապարների դիմադրությունները փոքրանում են մինչև 70-100 Օմ×մ: Շերտ 3-ը լավ նշմարելի է նաև 2011թ 3D US խորագնման արդյունքներում (Նկար 2.11):
- **Շերտ 4.** Շերտը առանձնանում է երկու խոշոր բլոկների տեսքով, որոնք բաժանված են Շերտ 5-ով (Նկարներ 2.6 և 2.7): 2D և 3D մոդելների համաձայն բլոկների վերին սահմանը գրանցվում է մոտավորապես 1500–1800 մ խորության վրա: Դժվար է որոշել ստորին սահմանը՝ ուղեգծի արևմուտքում Շերտ 4-ը շարունակվում է մինչև մոտ 10000-12000 մ խորությունները, ուր հավանաբար վերջանում է: Շերտ 4-ը ներկայացված է շատ մեծ դիմադրություններ ունեցող ապարներով (1 000 - 2 500 Օմ×մ): Երեք մոդելներում էլ գրանցվում է դիմադրությունների աստիճանական աճ սկսած Շերտ 4-ի արտաքին սահմաններից դեպի նրա ներքին տարածքները (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.11, 2.12): Շերտ 4-ը կարելի է մեկնաբանել որպես մետամորֆային հիմքի կամ ինտրուզիայի թույլ ճեղքավոր, ջրով չհագեցած բլոկներ:
- **Շերտ 5.** Շերտը կողմնորոշված է ուղղահայաց («ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելը) կամ թեքված է դեպի արևելք («Նորդ-Վեստ» մոդելը) և շարունակվում է ավելի քան

10 կիլոմետրի խորությամբ (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.11, 2.12): Բարձրանալով դեպի մակերևույթ, Շերտ 5-ը միանում է Շերտ 3-ի և Շերտ 2-ի հետ Ուղեգծի 14-7-րդ կետերի շրջանում: Շերտը բնութագրվում է դիմադրությունների փոքր արժեքներով՝ 20×30 Օմ-մ: “Նորդ-Վեստ” մոդելի համաձայն 3 000 մինչև 5 000 մ խորություններում գրանցվում են ամենացածր դիմադրության արժեքներ (Նկարներ 2.7 և 2.8): Թե՛ “ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ” մոդելը և թե՛ “Նորդ-Վեստ” մոդելը մեկնաբանում են Շերտ 5-ը որպես խոշոր խզվածքային գոտի (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.8): “Նորդ-Վեստ”-ը, ինչպես և ՄՏ 2004թ մոդելը համարում են, որ այն հանդիսանում է խորքային հաղորդիչ անցուղի, որով ջերմակիր ֆլյուիդը բարձրանում է խորքում գտնվող օբյեկտից դեպի մակերևույթ:

2004թ և 2009 թ 2D ՄՏ հանույթները, ինչպես նաև 2011թ 3D MT հանույթը իրականացվել էին երեք տարբեր խմբերի կողմից՝ Հայաստանից, ԱՄՆ-ից և Ռուսաստանի Դաշնությունից: 2009թ 2D ՄՏ հանույթի տվյալները անկախ մեկնաբանվել էին երկու խմբերի կողմից՝ ԱՄՆ-ից և Ռուսաստանից: 3D MT տվյալների նախնական մեկնաբանությունը իրականացրել է “Վեստերն Ջիկո” ընկերությունը, իսկ “Գեոռիսկ”-ի և Հարավային Ֆլորիդայի համատեղ մեկնաբանությունը ներկայացվում է այս հաշվետվությունում: Բոլոր մեկնաբանությունները մոտ են իրար, ինչը վկայում է և ՄՏ հանույթների ստացված արդյունքների, և նրանց մեկնաբանության հուսալիության մասին:

2004, 2009 և 2012 թվականներին ստեղծված մոդելները՝ բոլորը գրանցում են Ջերմադրյուրի և Քարքարի տեղամասերի երկու հատկությունները, որոնք կարևոր են հետագա մեկնաբանության համար:

- 2009թ Ուղեգծի 7-14-րդ կետերի շրջանում և 2004թ Ուղեգիծ 2-ի 22-30-րդ կետերի շրջանում գրանցվում է Շերտ 5-ի ուղղահայաց, կամ դեպի արևելք մեղմաթեք գոտին դիմադրության փոքր արժեքներով (20-30 Օմ×մ), որը տարածվում է ավելի քան 10 կմ խորության վրա: Մակերևույթին ավելի մոտիկ, ուղղահայաց գոտին միանում է Շերտ 2-ի հորիզոնական գոտու հետ, որը նույնպես ներկայացված է ապարների դիմադրության փոքր արժեքներով: Ընդ որում, միացման տեղում Շերտ 2-ի ստորին սահմանը իջնում է մինչև 1500-1600 մ խորությունը: Շերտ 3-ի ներքին սահմանը նույնպես իջած է դեպի ներս Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտու մեջ:
- Դիմադրությունների փոքր արժեքներով ուղղահայաց գոտին բաժանում է Շերտ 4-ի շատ մեծ դիմադրություններով երկու տարածքները:
- Ապարների փոքրագույն դիմադրությունների արժեքները 2-րդ Շերտում (10-20 Օմ×մ) գրանցվում են D1 և D3 իջույթների շրջանում:
- 2009թ “Նորդ-Վեստ” մոդելում անջատվում է փոքր, դեպի արևմուտք թեքված ուղղահայաց գոտի, որում դիմադրությունները կազմում են 70-100 Օմ×մ: 2-րդ և 3-րդ Շերտերի ստորին սահմանները նույնպես իջած են դեպի ներս՝ ուղղահայաց գոտու մեջ:

Առաջարկում ենք 2004 թ և 2009թ 2D US և 2011թ 3D US հանույթների տվյալների հետևյալ ամփոփ մեկնաբանությունը:

Ուղղահայաց Շերտ 5-ի պրոյեկցիան մակերևութի վրա համընկնում է «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառույցի կենտրոնի հետ, որում կան բազմաթիվ Պլեյստոցենային և Հոլոցենային հրաբուխներ: Ուղղահայաց Շերտ 5-ը՝ դիմադրությունների փոքր արժեքներով կարելի է մեկնաբանել որպես «*փուլ-ապարտ*» ավազանի խզվածքների գոտի, որը իրարից բաժանում է Շերտ 4-ի երկու բլոկները և տարածվում է խորությամբ ավելի քան 10 կմ-ով (Նկարներ 2.6 – 2.14):

2004թ US մոդելը և “Նորդ-Վեստ” մոդելը մեկնաբանում են Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտին որպես խորքային հաղորդիչ անցուղի, որով ջերմակիր ֆլյուիդը բարձրանում է խորքում գտնվող օբյեկտից դեպի մակերևույթ: Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտին ենթադրաբար հանդիսանում է “*փուլ-ապարտ*” ավազանի կենտրոնական մասը: Դա այն գոտին է (հիմնական տեղաշարժի գոտի – ՀՏԳ /PDZ/), ուր կենտրոնանում են առավելագույն ձգումային ձևախախտումները և ծագում է ինտենսիվ մասնատում, այսինքն՝ դա առավելագույն թափանցելիության գոտին է: Նման կառուցվածքային մեկնաբանությունը հաստատում է այն ենթադրությունը, համաձայն որի Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտին կարող է հանդիսանալ հաղորդիչ անցուղի, որով մթնոլորտային /երկնային/ ջրերը կարող են ներթափանցել դեպի խորքը, իսկ տաքացած հանքայնացված ջրերը վերև բարձրանալ:

Երկրորդ ուղղահայաց գոտին, որն առանձնացվել է “Նորդ-Վեստ” մոդելում, նույնպես կարող է մեկնաբանվել որպես խզվածքների գոտի: Այն ունի շատ ավելի փոքր չափեր և թեքված է դեպի արևմուտք: “Նորդ-Վեստ” մոդելը ենթադրում է, որ 2009թ Ուղեգծի 5-րդ կետում դիտվում է Շերտ 2-ի բարձրացում, ինչը մեկնաբանվում է որպես խզվածքի հնարավոր ելք դեպի մակերևույթ (Նկար 2.7B): Մակերևույթի վրա՝ կետ 5-ում իսկապես խզվածք է գրանցվում (Նկար 1.25): Դժվար է ասել, արդյոք երկրորդ ուղղահայաց գոտին համապատասխանում է “*փուլ-ապարտ*” ավազանի սահմանագատման խզվածքների համակարգից մեկին, թե՛ դա Քարքար-Ջերմադրյուրի խզվածքն է: Հաշվի առնելով, որ ոչ 2004թ US մոդելը, ոչ էլ “Վեստերն Ջիկո”-ի մոդելը այդ խզվածքը չեն անջատում, նրա ներկայության հարցը բաց է մնում:

2004թ US մոդելը և “Նորդ-Վեստ” մոդելը մեկնաբանում են Շերտ 2-ը որպես հանքայնացված ու մեծ ջերմաստիճան ունեցող ջրերի համեմատաբար ավելի բարձր պարունակությամբ գոտի, ինչը հեռանկարային է էներգիայի երկրաջերմային աղբյուր որոնելու տեսանկյունից:

2004թ, 2009թ և 2012թ մոդելներից ոչ մեկը չի գրանցում որևէ մի բան, ինչը հնարավոր լիներ մեկնաբանել որպես դեռ չսառչած նյութով լցված մագմային խուց, որը գտնվում է 1.5 կմ խորության վրա, ինչպես դա ենթադրվում էր 1989-2004թ աշխատանքներում սեյսմիկ անոմալիաների մեկնաբանության համաձայն (տես այս հաշվետվության կետ 2.2-ը): 1987/88 թվականների սեյսմահետախուզական աշխատանքներում հայտնաբերված գոտին, որի մեջ սեյսմիկ ալիքների մարման գործակիցը համեմատաբար բարձր է եղել Ջերմադրյուրի տեղամասում, ավելի շուտ կարող է կապված լինել 7-10 մոտիկ գտնվող խզվածքների և նրանց միջև ձևավորված ճեղկավորման գոտու հետ: Հարկ է նշել, որ նշված անոմալիաները հայտնաբերված՝ 1987/88 թվականների սեյսմաբանական հետազոտությունների հիմնական կատարողը՝

դոկտոր Գ. Գրիգորյանը բնութագրում էր այդ անումալիաները հետևյալ կերպ. “... *բացահայտվել են սեյսմիկ ալիքների մարման գոտիներ, պայմանավորված վերջինների /այսինքն՝ սեյսմիկ ալիքների/ դիֆրակցիայով լոկալ անհամասեռությունների վրա.*” Այն հարցը, թե ինչով կարող են ներկայացված լինել հիշյալ լոկալ անհամասեռությունները, դեռևս պատասխան չի ստացել:

Դրանից ելնելով, կարելի է առաջարկել հետևյալ համատեղ մեկնաբանություն 2004թ և 2009թ 2D ՄՏ, ինչպես նաև 2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալների համար:

Առաջինը. 2009թ ՄՏ հանույթի կարևորագույն արդյունք հանդիսացավ 20-30 Օմ×մ փոքր դիմադրության արժեքներով Շերտ 5-ի ենթա-ուղղահայաց գոտու անջատումը: Նշված գոտին կարելի է բնութագրել որպես ֆլյուիդների բարձրացման անցուղի ավելի քան 10 կիլոմետր խորությունից: «Փուլ-սպարտ» ավազանի կառույցը սահմանազատող խզվածքները ներթափանցում են ավելի քան 15 կմ խորության վրա: Խզվածքների առաջացումը և շարունակ տեղաշարժերը ձևախախտել ու մասնատել են բարձր դիմադրություններով՝ մոնոլիթ Շերտը 2-ը, այն բաժանելով երկու առանձին բլոկների, իսկ նրանց միջև եղած տարածությունը հանդիսացել է ինտենսիվ ճեղկավորման և ձգման ձևախախտումների զարգացման գոտի: «Փուլ-սպարտ» ավազանում առաջացող ձգող ճիգերը, ապարների մասնատվածության հետ մեկտեղ, ստեղծել են ուղղահայաց կողմնորոշված թափանցելի մի գոտի, որի մեջ ձևավորվել են Պլեյստոցենային և Հոլոցենային հրաբխային ժայթքումների անցուղիները:

Երկրորդը. Շերտ 2-ի մեջ 1 000 - 2 500 Օմ×մ բարձր դիմադրություններով երկու մեկուսացված շրջանները կարելի է մենկաբանել որպես ինտրուզիայի երկու բլոկ, միմյանցից բաժանված Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտիով, որը համապատասխանում է «*փուլ-սպարտ*» ավազանի սահմանազատող խզվածքներին:

Երրորդը. Փոքր դիմադրություններով Շերտ 2-ի հորիզոնական գոտին, որը գտնվում է 300–1000 մ խորությունների վրա, կարելի է մեկնաբանել հետևյալ կերպ: Շերտ 5-ի ուղղահայաց գոտիով դեպի մակերևույթ բարձրացող՝ տաքացած հանքայնացված ջրերը կարող են տարհոսել հորիզոնական Շերտ 2-ի մեջ, այնտեղ խառնվելով մակերևույթային սառը ջրերի հետ: Ամենափոքր դիմադրությունները Շերտ 2-ում (10 - 20 Օմ×մ) գրանցվում են D1 և D3 իջույթների շրջանում, որոնք հանդիսանում են «*փուլ-սպարտ*» ավազանի սահմանազատման խզվածքների էլքեր դեպի մակերևույթ: Նրանք ի վիճակի են ապահովել մթնոլորտային /երկնային/ ջրերի ներթափանցումը դեպի խորքը և տաք ֆլյուիդների բարձրացումը դեպի մակերևույթ: Շերտ 2-ի ստորին սահմանը 2009թ Ուղեգծի Կետ 11-ում և 12-ում իջնում է մինչև 2-2.5 կմ խորությունը, ինչը կարող է հաստատել Շերտ 2-ի կապը Շերտ 5-ի հետ:

Չորրորդը. Վերևում բերված երեք հիմնական թեզիսները ձևակերպվել են 2004թ և 2009թ 2D ՄՏ, ինչպես նաև 2011թ 3D ՄՏ հանույթի անկախ մենկաբանությունների արդյունքների հիման վրա, որոնք իրականացվել են երեք տարբեր խմբերի կողմից՝ Հայաստանից, ԱՄՆ-ից և Ռուսաստանից: Բոլոր մեկնաբանությունները համատեղելի են: Այդ ամենը վկայում է ՄՏ հանույթների և նրանց մեկնաբանությունների հուսալիության մասին:

3. Ծանրաչափական մոդել: Տվյալների մեկնաբանությունը և մոդելի մշակումը:

3.1 Ներածություն

Ծանրաչափական անոմալիաներ ստեղծում են երկրաբանական կառույցները, որոնք Երկրի կեղևում առաջացնում են կողային /լատերալ/ խախտումներ: Օրինակ, խզվածքներ կարող են հպման մեջ բերել տարբեր խտությունների ապարներ և արդյունքում ծանրաչափական անոմալիաները (օրինակ, ծանրության ուժի գրադիենտի փոփոխություն), որոնք հաճախ կապակցված են խզվածքների հետ: Ծանրաչափական չափումներ իրենց մեջ ընդգրկում են առանձին գրավիմետրական կայաններում տվյալների գրանցում, որոնց համար որոշված են թե՛ ծանրության ուժի հարաբերական փոփոխությունը և թե՛ նրանց ճշգրիտ դիրքը (հորիզոնականը և ուղղահայացը): Քարքարի երկրաչեմիային գնահատման համար “Վեստերն Ջիկո”-ն կատարել էր ծանրաչափական հանույթ համեմատաբար փոքր տարածքով սփռվող ցանցի հիման վրա, որը գտնվում է հետաքրքրություն ներկայացնող շատ ավելի լայն տարածքի սահմաններում: Այս ծանրաչափական քարտեզը կազմվել էր հետևյալ նպատակներով. հայտնաբերել խզվածքներով սահմանագծվող հնարավոր ավազանների հետ կապակցված երկրաբանական խախտումներ, ապահովել տվյալներ ուսումնասիրվող տարածքում ավազանների խորություն/-ները որոշելու համար, քանի որ դա ամենակարևոր պարամետր է ստորգետնյա ջրերի շրջանառությունը և տաքացումը բացահայտելու համար, և համեմատել ծանրաչափական անոմալիաները (և արդյունքում մշակված մոդելները) դիմադրությունների անոմալիաների հետ, որոնք հայտնաբերվել են 3D մագնիսատելուրային (US) հանույթի և մոդելավորման աշխատանքի շրջանակներում: Տարածաշրջանում ծանրաչափական անոմալիաների ծագումը հիմնականում կապված է խտությունների կոնտրաստի հետ, որն առաջանում է Հորատանցք 4-ի մեջ գրանցված քվարց-մոնոցոնիտի և ուսումնասիրվող շրջանում քարտեզագրված՝ խզվածքներով սահմանագատվող ավազանը լցնող լավային հոսքի և ալյուվիալ /գետաբերուկային/ կազմի ապարների միջև:

“Վեստերն Ջիկո”-ի ծանրաչափական դիտարկումների տվյալների հավաքածուն ներառել էր 257 գրավիմետրական չափումներ և առանձին կայաններ, որոնք իրականացվել են “Վեստերն Ջիկո”-ի կողմից: Տվյալները գրանցվել էին մոտավորապես կանոնավոր ցանցով (Նկար 2.15): Նկատվող փոքր գրավիմետրական անոմալիան հավանաբար արդյունք է փոքր խտություն ունեցող նստվածքի և համեմատաբար փոքր խտության լավային հոսքերի ներկայության, որոնք լցնում են հովիտը: Հովիտը առաջացրել են Հյուսիս-Հարավ ձգվող ավազանը սահմանագծող խզվածքները: Խզվածքների երկայնքով քվարց-մոնոցոնիտը կամ հիմքի կապակցված ապարները հավում են ավելի փոքր դիմադրություն ունեցող ապարների հետ:

Հաջորդ բաժիններում մենք.

1. Վերլուծում ենք “Վեստերն Ջիկո”-ի կողմից կիրառված նմուշարկման ընթացակարգերը;
2. Ավարտում ենք ծանրաչափական տվյալների ձևափոխությունները, օգտագործելով

“Վեստերն Ջիկո”-ի տվյալների հավաքածուն և մի շարք Բուզեի խտություններ, և համեմատում ենք արդյունքները տեղագրական առանձնահատկությունների հետ, այդպիսով հայտնաբերելով Բուզեի խտությունների համապատասխան տիրույթ՝ մոդելավորման աշխատանքի համար;

3. Կատարում ենք “Վեստերն Ջիկո”-ի տվյալների հավաքածուի բարձր չափայնության ծանրաչափական ինվերսիա, կիրառելով մի շարք տարբեր Բուզեի խտություններ՝ ավազանի երկրաբանական մոդել կառուցելու նպատակով;
4. Համեմատում ենք մոդելի արդյունքները US արդյունքների հետ և քննարկում ենք մոդելի համեմատությունը և ներգործությունը՝ հիդրոջերմային մոդելի մշակման վրա:

3.2 Ծանրաչափական տվյալներ

Ծանրաչափական տվյալները գրանցվել էին ‘Վեստերն Ջիկո’-ի կողմից 2011թ ամռանը: Դաշտային ընթացակարգերի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ “Վեստերն Ջիկո”-ի աշխատակազմը գերազանց աշխատանք է կատարել բարձր տարրալուծման մակարդակով ծանրաչափական տվյալների հավաքագրման գործում: Սարքերի շարժը թվում է նվազագույն է եղել: Հաջողվել է հասնել ծանրաչափական կայանների ուղղահայաց բարձրության մեծ ճշգրտության: Թեև հաշվետվությունում մանրամասն չեն ներկայացվել ռեյեֆի գործոնով ճշտումները, հատկապես չի գրվել այն մասին, թե ինչպես տեղական ռեյեֆի տարբերությունները հաշվի են առնվել ըստ ռեյեֆի թվային մոդելի (DEM) կատարված ճշտման մեջ, կարծում ենք, որ “Վեստերն Ջիկո”-ի մոտեցումը հիմնավորված է եղել (ինչի արդյունքում ուղղումները ըստ ռեյեֆի ընդհանուր առմամբ եղել են < 1 միլիգալ, Նկար 2.16):

3.3 Ծանրաչափական ձևափոխություններ

Ծանրաչափական ձևափոխությունները, հատկապես Բուզեի ուղղումների համար խտության արժեքի ընտրությունը, կարևոր ազդեցություն ունեն մոդելավորման վրա: “Վեստերն Ջիկո”-ի աշխատակիցները կիրառեցին (միջանկյալ շերտի) 2700 կգ.մ^{-3} խտությունը Բուզեի ճշտումների համար: Դա ավելի մեծ արժեք է, քան սովորաբար օգտագործվում է տեղական ծանրաչափական հանույթներում, և կարող է հանգել համապատասխանության՝ մոդելավորվող երկրաբանական օբյեկտների և տեղագրության միջև՝ ինչպես նշված է “Վեստերն Ջիկո-ի” հաշվետվությունում: Փաստորեն, Նկար 20-ի ստուգումը հուշում է, որ որոշակի կորեյացիա իսկապես գոյություն ունի, հատկապես Հյուսիս-Հարավ տարածվող փոքր գրավիմետրական արժեքների և քարտեզի տարածքի կենտրոնական մասում տեղագրական շղթայի միջև: Հաշվի առնելով դա, մենք նախաձեռնեցինք ծանրաչափական ձևափոխությունների կրկնում, օգտագործելով մի շարք Բուզեի միջանկյալ շերտի խտություններ և “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունում ներկայացված տվյալներ՝ նպատակ դնելով գնահատել այդ ենթադրության (2700 կգ.մ^{-3} որպես Բուզեի խտություն) ազդեցությունը մոդելի արդյունքների վրա:

Ուղղումներ դրեյֆի և մակընթացության գործոններով: «Վեստերն Ջիկո»-ի աշխատակիցների հաշվետվությունում հայտնվում է, որ սարքերը աշխատել են փոքր դրեյֆով /շարժով/, որը նմուշարկման ընթացքում հավանաբար եղել է գծային տեսքի: Օգտագործված ծանրաչափական սարքում մակընթացության ուղղումները կատարվում են ինքնաբերաբար, Լոնգմանի բանաձևերի կիրառմամբ: Մենք չունենք այլ տեղեկություններ և անհրաժեշտ չենք համարում վերահաշվարկել դրեյֆի և մակընթացության ճշտումները:

Տեսական (նորմալ) ծանրության ուժ (մԳալ): Ծանրության ուժի արժեքը տատանվում է ըստ լայնության՝ Երկրի տրամագծի և անկյունային արագացման արժեքի լայնության հետ փոփոխման պատճառով: Ծանրության ուժի փոփոխությունը լայնության հետ՝ դա տեսական ծանրության ուժն է: Մենք կիրառում ենք Սոմիլյանայի /Somigliana/ փակ ձևի լուծում տեսական (նորմալ) ծանրության ուժը հաշվարկելու նպատակով.

$$g_T = \frac{g_e(1 + k \sin^2 \phi)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{1}{2}}}, \quad (1)$$

որտեղ g_T ՝ տեսական ծանրության ուժն է GRS80 հարաբերակցական էլիպսոիդում ϕ լայնության վրա, g_e - նորմալ ծանրության ուժն է հասարակածում, 978032.67715 մԳալ-ին հավասար, k – դա հաշվարկային չափագուրկ հաստատուն մեծություն է՝ 0.001931851353, իսկ e – առաջին թվային էքսցենտրիսիտետն է, ուր e^2 ունի 0.0066943800229 արժեքը:

Ազատ Օդի Ուղղում (մԳալ): Հենակայանի և չափման կետի միջև եղած բարձրության տարբերությունը արդյունքում առաջացնում է ժանրաչափական արագացման տարբերություն: Ազատ օդի ուղղումը կիրառվում է ծանրության ուժի չափման կետի բարձրությամբ պայմանավորված տարբերությունը հաշվի առնելու նպատակով: GRS80 էլիպսոիդի դեպքում երկրորդ կարգի բանաձևը ազատ օդի ճշգրիտ ճշտման համար հետևյալն է.

$$\delta g_h = -(0.3087691 - 0.0004398 \sin^2 \phi)h + 7.2125 \times 10^{-8} h^2; \quad (2)$$

որտեղ ազատ օդի ուղղումը՝ δg_{h-p} ՝ հաշվարկվում է միլիգալերով և h -ը՝ ճանրաչափական կայանի էլիպսոիդ բարձրությունն է մետրերով:

Մթնոլորտային ուղղում (մԳալ): Մթնոլորտի ծանրությունը տատանվում է ըստ բարձրության և այդ փոփոխությունը անդրադառնում է ճանրաչափական չափումների վրա: Մթնոլորտային ճշտումը հաշվի է առնում մթնոլորտի ծանրության փոփոխությունը՝ էլակետային /բազիսային/ կայանի և չափման կետի միջև: Մթնոլորտային ուղղման համար բանաձևը հետևյալն է.

$$\delta g_{atm} = 0.874 - 9.9 \times 10^{-5} h + 3.56 \times 10^{-9} h^2, \quad (3)$$

ուր մթնոլորտային ուղղումը՝ $S_{g_{atm}}$ -ը, ներկայացվում է միլիգալերով, իսկ h -ը՝ ճանրաչափական կայանի էլիպտիկ բարձրությունն է մետրերով:

Բուգեյի ուղղում (մԳալ): Բուգեյի ուղղումը հաշվի է առնում ելակետային կայանի և չափման կետի միջև երկրակեղևի միջանկյալ զանգվածը՝ երբ հայտնի է նրանց միջև բարձրության տարբերությունը: Այստեղ օգտագործված Բուգեյի ուղղումը հաշվի է առնում ապարների զանգվածի գնդաձև «գլխարկի» տեսքը, ինչպես նկարագրվում է LaFehr (1991) աշխատությունում: Բուգեյի ուղղման բանաձևը հետևյալն է.

$$g_{sc} = 2\pi G\rho[(1 + \mu)h - \lambda R], \quad (4)$$

ուր g_{sc} ՝ դա միլիգալերով արտահայտվող ծանրաչափական ճշտումն է գնդաձև «գլխարկի» գործոնով, ρ ՝ դա գնդաձև «գլխարկ» կազմող նյութի խտությունն է, μ և λ ՝ դա չափագուրկ գործակիցներ են, իսկ $R = R_0 + h$, որտեղ R_0 ՝ դա Երկրի միջին տրամագիծն է, իսկ h -ը՝ դա ծանրաչափական կայանի բարձրությունն է հարաբերակցության էլիպտիկում:

Ուղղում ռելեֆի գործոնով (մԳալ): Ազատ օդի և Բուգեյի ուղղումները լիարժեք չեն հաշվառում տեղագրական ազդեցությունները ծանրաչափական չափումների վրա: Ուղղումը ըստ ռելեֆի հաշվի է առնում այն տարբերությունները, որոնք առաջացնում է փաստացի ռելեֆը, և պահանջվում է ԲԹՄ-ի /բարձրությունների թվային մոդելի/ իրականացման ժամանակ: «Վեստերն Ջիկո»-ն կատարել է ռելեֆի գործոնով ուղղումները, օգտագործելով ԲԹՄ /DEM/ և բարձրությունների տարբերություններ, չափված յուրաքանչյուր ծանրաչափական կայանին մոտ՝ 2700 կգ. մ⁻³ Բուգեյի խտության կիրառմամբ:

«Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունից մենք չենք կարող հստակ պատկերացնել, թե ինչպես է կատարվել ռելեֆի ուղղման հաշվարկը: Սովորաբար ներքին գոտու ուղղումը հաշվի է առնում տեղագրական տատանումը Համերի C գոտու սահմաններում, <53.3 մ ճանրաչափական կայանից հաշված, և հաշվարկվում է օգտագործելով Nowell (1999) աշխատությունում նկարագրվող «քառորդ-սեպի» մեթոդը՝ Campbell (1980) մեթոդի աստիճանական մոտարկման /ապրոքսիմացիայի/ կատարելագործված տարբերակը: Միջանկյալ գոտու ուղղումը սովորաբար իրականացվում է ԲԹՄ-ի /DEM/ ցանցի այն կետերի համար, որոնք ընկնում են Համերի D գոտու, >53.3 մ, և Համերի K գոտու արտաքին շառավիղի՝ 9903 մ, միջև: Տեղանքի գործոնով այդպիսի շտկումը կատարվում է օգտագործելով պարզեցված գրավիմետրական ձգողություն՝ փակ օղակին մոտարկված պրիզմայի նկատմամբ, որի մեթոդը նկարագրված է Kane (1962) աշխատանքում: Հեռու դաշտի ռելեֆի ուղղումը սովորաբար իրականացվում է >9903մ տեղագրական տատանման դեպքում ընդհուպ մինչև մոտքագրվող ԲԹՄ-ի տարածական սահմանները (եթե կիրավում է SRTM-ից ածանցյալ ԲԹՄ, ապա մինչև 163 կմ): Հեռու դաշտի ուղղման այդպիսի տարբերակը իրականացվում է ուղղահայաց գծային զանգվածի մոտարկման միջոցով, որը նկարագրվում է Blais և Ferland (1984) աշխատությունում և համապատասխանում է հեռու դաշտում պրիզմայի առկայությամբ պայմանավորված՝ ծանրաչափական ձգողականության մոտարկմանը:

Ծանրաչափական ձևափոխությունների վերահաշվարկը: Մենք վերահաշվարկել ենք ծանրաչափական ձևափոխությունները, օգտագործելով Հավասարումներ 1 – 4: Այդ ընթացակարգի միջոցով ստուգեցինք «Վեստերն Ջիկո»-ի աշխատակիցների հաշվետվությունում ներկայացված՝ Բուզեի լրիվ ծանրաչափական անոմալիան, կիրառելով միջանկյալ շերտի 2700 կգ.մ⁻³ Բուզեի խտություն: Քանի որ մեզ ամենից շատ հետաքրքրում է ծանրության ուժի դաշտի տեղական տատանումը (այլ կերպ ասած՝ ուսումնասիրվող տարածքի սահմաններում), հաշվարկվել է մնացորդային ծանրաչափական անոմալիան՝ հանելով Բուզեի լրիվ անոմալիան (այն անոմալիան, որը ստացվել է ռեյեֆի ուղղումը կիրառելուց հետո) տարածաշրջանում ենթադրվող միտումից, որն իր հերթին գնահատվել է հարթություն հարմարեցնելով Բուզեի լրիվ անոմալիայի քարտեզին նվազագույն քառակուսիների ընդհանրացված մեթոդի կիրառմամբ (Նկար 2.17): Նկար 2.17-ի ստուգումը հուշում է, որ կա որոշակի կորեյացիա Բուզեի լրիվ ծանրաչափական անոմալիայի և տեղագրության հետ, ինչի մասին վկայում են հատկապես փոքր գրավիմետրական արժեքները, որոնք կապակցված են քարտեզի կենտրոնական մասով Հյուսիս-Հարավ ձգվող տեղագրական «կատարի» հետ: Տեղագրության հետ այդ կորեյացիան թույլ է տալիս ենթադրել, որ միջանկյալ շերտի 2700 կգ.մ⁻³ Բուզեի խտությունը մեծ արժեք է և որ տեղական ծանրաչափական մոդելավորման մեջ օգտագործման համար ավելի նպատակահարմար են Բուզեի ավելի փոքր խտություններ: Դա կարևոր է, քանի որ Բուզեի խտության ընտրությունը կարող է բացասաբար անդրադառնալ ծանրաչափական տվյալներից ստացվող՝ ավազանի հաշվարկային խտության վրա, իսկ վերջինը հիդրոջերմային մոդելում գլխավոր պարամետրերից է:

Ուշադրություն ենք դարձնում այն հանգամանքի վրա, որ տեղագրական պատկերը տեղամասի շրջակայքում պայմանավորված է լավային հոսքերի տեղադրումով: Գրականության մեջ գոյություն ունեն լավային հոսքի ծավալային խտության հազվադեպ չափումներ: Հավայան կղզիներում բազալտի խտության չափումները հորատանցքներում կազմել են 2000-3000 կգ.մ⁻³, իսկ 2500 կգ.մ⁻³ միջին արժեքը ստացվել է ջրահագեցած լավային հոսքերի համար (Moore, 2001): Այսպիսով. անկախ նրանից, որ բազալտի նմուշներ ունենում են 2700-3000 կգ.մ⁻³ կարգի խտություններ, լավաների ծավալային խտությունը պակաս է, հաշվի առնելով ճեղքերի և հոսքի բշտիկացման էֆեկտի ներկայությունը: Քարքարում լավային հոսքերի խտությունը պետք է այդ թվին մոտ լինի, կամ գուցե՝ փոքր ինչ պակաս լինի մասամբ հագեցված ապարների դեպքում, որոնք ստեղծում են տեղագրական բարձունքներ ուսումնասիրվող տեղական տարածքում:

Ուստի վերահաշվարկեցինք ծանրաչափական ձևափոխությունները, կիրառելով Բուզեի խտության ավելի փոքր արժեքների տիրույթ՝ 2200 կգ.մ⁻³ < ρ < 2700 կգ.մ⁻³: Օգտագործեցինք «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվարկված ռեյեֆի ուղղումները՝ 2700 կգ.մ⁻³ արժեքի կիրառմամբ, քանի որ չունեինք տեղանքի մասին տեղեկություններ, հատկապես Համերի ներքին գոտու համար: Դա հանգում է տեղանքի էֆեկտների շատ չնչին գերձշտմանը, երբ կիրառվում են ավելի փոքր Բուզեի խտություններ: Այնուամենայնիվ ուզում ենք նշել, որ ռեյեֆի ուղղման մեջ մտած սխալը շատ փոքր է (<< 1 միլիգալ), ուստի այն նշանակություն չունի հաշվարկային անոմալիայի ամպլիտուդի համեմատությամբ:

2.18, 2.19 և 2.20 Նկարները ցույց են տալիս այդպիսի վերահաշվարկի արդյունքներ՝ Բուգեի ավելի փոքր խտությունների կիրառմամբ. ամեն անգամ տվյալներից հանվում է օպտիմալ հարթությունը: Քարտեզների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ տեղագրության հետ կորելյացիան նվազագույն է դառնում, երբ օգտագործվում են $2300 \text{ կգ.մ}^{-3} < \rho < 2550 \text{ կգ.մ}^{-3}$ Բուգեի խտություններ: Բուգեի համեմատաբար փոքր խտությունների դեպքում (օրինակ՝ $\rho = 2200 \text{ կգ.մ}^{-3}$), հայտնվում է հակա-կորելյացիա տեղագրության հետ: Հետագա քննարկման մեջ մենք կառուցում ենք առաջադեմ (նախընտրելի) մոդել, օգտագործելով Բուգեի լրիվ անոմալիան, որը հաշվարկվել է 2550 կգ.մ^{-3} ($2,55 \text{ գ/սմ}^3$) Բուգեի խտությամբ, միաժամանակ ընդունելով, որ կարելի է նաև օգտագործել փոքր ինչ ավելի ցածր արժեքներ:

3.4 Ծանրաչափական գերադասելի (առաջադեմ) մոդել

Գերադասելի ծանրաչափական մոդելը բաղկացած է 6603 ուղղանկյուն պրիզմաներից, որոնք շարված են ստեղծելու միանման մի ցանց, մոտավորապես կենտրոնացող դիտարկվող գրավիմետրական կայանների տվյալների հավաքածուի կենտրոնում (Նկար 2.15): Ուղղանկյուն յուրաքանչյուր պրիզման՝ դա 200 մետրանոց քառակուսի է հորիզոնական հարթությունում: Յուրաքանչյուր պրիզման տարածվում է մակերևույթից դեպի որոշակի՝ ինվերսիայի միջոցով արտածվող խորություն: Ամեն մի պրիզմայի խորությունը շտկվում է ինվերսիայի պրոցեսում՝ դիտարկվող լրիվ ծանրաչափական դաշտի և հաշվարկային ծանրաչափական դաշտի միջև տարբերությունները նվազեցնելու նպատակով:

Այս ինվերսիայի համար յուրաքանչյուր պրիզմայի խտությունների կոնտրաստը ամրագրվել է -250.0 կգ.մ^{-3} արժեքով, որը ենթադրաբար ներկայացնում է խտության ծավալային կոնտրաստը մի կողմից՝ հովիտը լցնող նստավծքների, հրաբխաբեկորային նյութերի ու ցածր խտությամբ լավային հոսքերի և մյուս կողմից՝ դրանց տակը տեղադրված քվարց-մոնցոնիտի կամ համեմատելի հիմքի միջև: Եթե կիրառվում է Բուգեի 2550 կգ.մ^{-3} խտությունը, ապա դա ենթադրում է քվարց մոնցոնիտի 2800 կգ.մ^{-3} խտություն, որը ընդհանրապես ընդունվում է մոտավորապես 2770 կգ.մ^{-3} նորմատիվային ծավալային (ոչ ճեղքավոր) խտություն ունենալու համար (Daly, 1935): Այսպիսով, ունենալով ավազանը լցնող այլուվիի /գետաբերուկային ապարների/ և լավային հոսքի խտության սխալանքները, մոդելի խտությունների կոնտրաստը -250.0 կգ.մ^{-3} աստիճանով ընդունելի է թվում:

3.5 Ծանրաչափական ինվերսիա

Ծանրաչափական տվյալները ըստ խորության բաշխման ինվերսիայի համար օգտագործվել է Գաուսի-Նյուտոնի ընթացակարգը՝ նրա Լեվենբուրգի-Մարքարդտի վերափոխված տարբերակով: Բաշխումը ըստ խորության ներկայացնում է խորությունը մինչև քվարց մոնցոնիտը, այն պայմանով, որ կա ավազանը լցնող նստավծքների և լավային հոսքերի միանման մի դարսաշերթ: Որպես պարամետրականացման գործիք կիրառվել են փորձնական կետեր՝ ինվերսիայի խնդրի չափայնությունը կրճատելու

նպատակով, բայց միաժամանակ առավելագույնս պահպանելով ազատության աստիճանների թիվը: Փորձնական կետերը բաշխվել են կանոնավոր կերպով՝ առաջադեմ (գերադասելի) մոդելի ամբողջ տիրույթով մեկ, կենտրոնանալով գրավիմետրական կայաններին մոտ (Նկար 2.21): Ընդհանուր առմամբ գերադասելի մոդելի ցանցում խորությունների բաշխման պարամետրականացման նպատակով օգտագործվել է 431 փորձնական կետ:

Ավելի շատ ազատության աստիճաններ քան դիտարկումներ ունենալու դեպքում, ինվերսիայի խնդրի կառուցումը դառնում է թերի որոշակիության խնդիր: Այս կարգի խնդիր լուծելու համար պահանջվում է պսևդո-հակադարձ լուծում, որը բավարարում է Մուրի-Պենրոուզի պայմաններին. լուծումը կարելի է ստանալ, օգտագործելով վերածում ըստ եզակի /սինգուլյար/ արժեքների (SVD) Տիխոնովի կանոնավորման հետ համատեղ: Թեև SVD-ն ու կանոնավորումը արդյունքում ստեղծում են թվային մշակելի մի խնդիր, բայց այն ժամանակ, երբ պարամետրերը ավելի շատ են քան տվյալները, կարգափոխումը /ինվերսիան/ պահանջում է սահմանել տվյալների սխալի, կամ անհամապատասխանության ընդունելի մակարդակ: Հակառակ դեպքում, տեղի է ունենում տվյալների գերհամապատասխանեցում՝ իր մեջ ընդգրկելով տարբեր աղբյուրների աղմուկը: Այնուհետև ինվերսիայի պրոցեսի նպատակն է գտնել կանոնավորման նվազագույն սխալ՝ տվյալների սխալի կամ անհամապատասխանության սահմանված մակարդակում: Ընդունելի անհամապատասխանության տարբեր արժեքներ առաջացնում են ինվերսիայի խնդրի տարբեր լուծումներ: Կատարյալ դեպքում, եթե ընդունվում է, որ դիտարկումների սխալները նորմալ բաշխում ունեն, իսկ գերադասելի մոդելը չի գոյացնում որևէ կառուցվածքային սխալ (և հանրահաշվական լրացումների մատրիցը դա միավոր մատրիցն է), ապա անհամապատասխանության ընդունելի մակարդակը պետք է լինի դիտարկումների սխալի ստանդարտ շեղման ու դիտարկումների թվի արտադրյալը:

Դիտարկման ընդունված սխալի և կանոնավորման սխալի միջև կոմպրոմիսային /փոխզիջումային/ լուծումը ուսումնասիրելու նպատակով ինվերսիաների պրոցեսը ամփոփվում է բազմանպատակային շրջանակի մեջ: Արդյունքում ստացվում են ինվերսիայի խնդրի մի շարք լուծումներ՝ կանոնավորման սխալի և տվյալների անհամապատասխանության նվազեցված եզակի համադրությունների համար: Այդ եզակի համադրությունները հայտնի են իբրև Պարետոյի օպտիմալ կետեր, իսկ այդպիսի կետերի հավաքածուն կազմում է Պարետոյի սահման, որը քանակական սահմանում է տալիս այդ երկու մրցակից նպատակների փոխզիջմանը:

3.6 Ծանրաչափական Մոդելի Արդյունքներ

Դիտարկումների ընդունված սխալի ստանդարտ շեղման տիրույթի համար գտնվել են Պարետոյի տասը օպտիմալ կետերը (Նկար 2.22): Արդյունքում ստացված խորությունների բաշխումը, ինչպես նաև դիտարկվող և մոդելավորվող ծանրաչափական արձագանքի համեմատությունը ներկայացվում են այդ հաշվետվության Հավելվածում:

Պարետոյի գծագրի գնահատումը ենթադրում է, որ սխալի մոդելի ստանդարտ շեղում 0.3-ից մինչև 0.4 միլիգալ կհանգի արդարացի փոխզիջման անհամապատասխանության և հավանականության միջև (կետ 4 կամ 5 Նկար 2.22-ում):

Այլ կերպ ասած, ինվերսիան չի փորձում ճշգրտել մոդելները այդ արժեքներից պակաս տիրույթի սահմաններում, ինչը արտացոլում է թե՛ դիտարկման կետերում ծանրության ուժի իսկական արժեքի անճշտություն, և թե՛ ծանրաչափական անոմալիաների բաշխման լրացուցիչ բարդություններ, որոնք չեն հաշվառվել գերադասելի մոդելում:

Մոդելի խորությունները ցույց են տրված Նկար 2.23 -ում, իսկ այս մոդելի հիման վրա ծանրաչափական հաշվարկի առաջադեմ լուծումը ներկայացված է Նկար 2.24-ում: Չնայած որ մոդելի նկատմամբ կիրառվում են խիստ սահմանափակումներ, քանի որ օգտագործվում է միայն մեկ խտության կոնտրաստ, պարզ է, որ ավազանի լցումում համեմատաբար հարթ տատանումներ կարող են մոդելավորել ծանրության ուժի դիտարկվող փոփոխությունը: Մոդելի խոշոր օբյեկտներից է նեղ՝ քարտեզագրված տարածքի կենտրոնով անցնող և Հյուսիս-Հարավ տարածվող ավազանի ներկայությունը, որի առավելագույն խորությունը գրանցվում է մոտ 1500 մ վրա և որը սահմանազատվում է քարտեզագրված խզվածքներով: Նկատում ենք, որ ծանրաչափական ցանցի արևմտյան սահմանում, որն ամենամոտն է Հորատանցք 4-ին, մոդելի խորությունը շուրջ 150 մ է, ինչը հիանալի համապատասխանում է հորատանցքում մինչև քվարց-մոնոցոնիտի վերին մասը չափված խորությանը (123 մ):

4. Հիդրոջերմային մոդել: Տվյալների մեկնաբանությունը և մոդելի մշակումը:

Երկրաֆիզիկական տվյալները և մոդելները, որոնք հիմնվում են այդ տվյալների մեկնաբանության վրա, կարևոր սահմանափակումներ են ստեղծում Քարքարի տարածքի հիդրոջերմային մոդելի համար: Բացի այդ, երկրաֆիզիկական մոդելները համապատասխանում են Հորատանցք 4-ում արված դիտարկումներին (Նկար 2.25):

Մինչև 123 մ խորությունը Հորատանցք 4-ում հաջորդաբար տեղադրված են լավաները և գետաբերուկային /այլուվիալ/ ապարները: Քվարց-մոնոցոնիտը գրանցվել է 123 մետրից սկսած մինչև հորի հատակը՝ մոտավորապես 1000 մ խորության վրա: Այլուվիալ ապարների և լավային հոսքերի ծանրաչափական մոդելից արտածվող հզորությունը՝ ցանցի ծայրահեղ արևմտյան հատվածում, Հորատանցք 4-ից դեպի արևելք, կազմում է մոտավորապես 150 մ: Դա թույլ է տալիս ենթադրել, որ մոդելային խորությունները, որոնք ստացվել են ծանրաչափական տվյալների 3D ինվերսիայի շնորհիվ, ներկայացնում են խորությունը մինչև հիմք, որը, առնվազն Հորատանցք 4-ում, քվարց-մոնոցոնիտով է ներկայացված:

Հորատանցք 4-ում քվարց-մոնոցոնիտը տարբեր աստիճանի ճեղքավորություն է դրսևորում: Ջերմաստիճանների կտրվածքի վերլուծության միջոցով հայտնաբերվել է ջրապարունակ գոտի (Նկար 2.25) մոտավորապես 340 մ խորության վրա: Ջրի ջերմաստիճանները այդ գոտում՝ ըստ Հորատանցք 4-ի տվյալների՝ կազմել էին 30-35°C, նույն ջերմաստիճանը գրանցվում է նաև Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրներում: Թե՛ 2D ՄՏ մոդելը (ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ, 2009թ) և թե՛ 3D ՄՏ մոդելը (“Վեստերն Ջիկո”-ի տվյալներ, 2011թ) նույնացնում են փոքր դիմադրությունների գոտի Հորատանցք 4-ից դեպի արևելք, մոտավորապես այդ խորության վրա: Ճեղքային գոտուց եկող տաք ֆլյուիդներ /հեղուկներ/ կարող են բացատրել փոքր դիմադրության այդ անոմալիան: Հնարավոր է, որ ճեղքից հոսքը քվարց-մոնոցոնիտի միջով արագ հասնում է տաք ջուր աղբյուրներին՝

հիմնականում կողային տրանսպորտի շնորհիվ, անցելով այս ջրատար գոտիով փոքր դիմադրությամբ անոմալիայի տարածքից:

Պարզվում է, որ փոքր դիմադրությունների անոմալիան ամենամեծ հզորություն ու ամպլիտուդ ունի Հյուսիս-Հարավ տարածվող ավազանի արևմտյան եզրը սահմանող՝ մեծ անկումով խզվածքների պրոյեկցիայի տեղադիրքում: Եռաչափ /3D/ ծանրաչափական մոդելը թույլ է տալիս ենթադրել, որ այդ ավազանը արագ խորանում է՝ մինչև մոտավորապես 1500 մ՝ փոքր դիմադրությունների անոմալիայից դեպի արևելք: 3D ՄՏ մոդելում ավազանի սահմաններում հայտաբերվում են փոքր դիմադրություններով լրացուցիչ անոմալիաներ, թեև նրանք ունեն ավելի փոքր ամպլիտուդ:

Ինչպես 2D ՄՏ մոդելը (“ԳԵՈՌԻՄԿ”/ՀՖՀ, 2009թ), այնպես էլ 3D ՄՏ մոդելը (“Վեստերն Ջիկո”-ի տվյալներ, 2011թ) հայտնաբերում են դիմադրության մեծացում մոտավորապես 1500 մ խորության վրա՝ փոքր դիմադրություններով անոմալիայի գոտու տակ, հորատանցքի կողքին: Այդպիսի անցումը կարող է ներկայացնել փոփոխություն՝ ջրահագեցած քվարց-մոնցոնիտից ոչ ճեղքավոր, հետևաբար ավելի մեծ խորություններում՝ անթափանցելի ապարի: ՄՏ արդյունքները, որոնք հավաքագրվել են 2009թ և 2011թ, որոշ չափով հակասական են այն հարցի շուրջ, թե արդյոք այդ գոտու խորությունը փոքրանում է կամ մեծանում է արևմտյան ուղղությամբ: Թվում է, որ ըստ 2009թ ՄՏ մոդելավորման արդյունքների այդ գոտին խորանում է ավազանի սահմաններում:

Վերջապես, երկրաջերմային գրադիենտը, որը չափվել է Հորատանցք 4-ում, ակնհայտորեն անոմալային է, հասնելով մոտավորապես $100^{\circ}\text{C կմ}^{-1}$ ցուցանիշին հորի ստորին կետում: Ըստ հաղորդազրությունների, քվարց-մոնցոնիտը ճեղքավորված է հորի համարյա ամբողջ երկարությամբ: Անոմալ ջերմաստիճանի գրադիենտը, ճեղքավոր հրաբխային ինտրուզիայի ներկայությունը և նեղ՝ Հյուսիս-Հարավ ձգվող ավազանի ներկայությունը ուսումնասիրված տարածքի սահմաններում՝ բոլորը ստեղծում են պայմաններ տաք ջրի արագ տրանսպորտի համար ավազանի խորքից դեպի մակերևույթ՝ թափանցելի ճեղքերի երկայնքով: Հնարավոր է, որ այդ ճեղքային հոսքը մասամբ հսկվում է ավազանի արևմտյան եզրը սահմանագծող խզվածքներով: Ջրատար գոտին, որը հորում գտնվում էր 340 մ խորության վրա, կարող է ներկայացնել խառնման գոտի՝ վերև բարձրացող ֆլյուիդների և մթնոլորտային տեղումներից ներթափանցող ջրերի միջև:

Ըստ մեր մեկնաբանության, ծանրաչափական և ՄՏ մոդելավորման գլխավոր հատկանիշները՝ հորատանցքերում արված դիտարկումների հետ միասին, նշում են, որ մակերեսային ջուրը կարող է շրջանառությամբ հասնել ավազանի գգայի խորություններին: Հորատանցք 4-ում անոմալային երկրաջերմային գրադիենտը բացատրելու համար պահանջվում է ներգրավել խորության վրա ջերմության աղբյուրի առկայության գաղափարը: Անորոշ է, արդյոք այդ ջերմության աղբյուրը գտնվում է խզվածքներով սահմանագծվող ավազանի ներսում, թե ավելի մեծ է, օրինակ տարածվում է դեպի արևմուտք:

4.1 Հիդրոջերմային մոդելի հիմքը

Տեղամասում ոչ մեծ խորություններում ջերմության աղվեկտիվ և հաղորդիչ փոխադրումը (տրանսպորտը) մոդելավորելու նպատակով կառուցվել է խտությունից կախված՝ գրունտային ջրերի հոսքի և տեղափոխման մոդել: Այդ մոդելը հիմնվում է երկրաֆիզիկական տվյալների վերլուծության արդյունքների և ծանրաչափական ինվերսիայի վրա և պարամետրականացվել է, օգտագործելով տեղամասին բնորոշ և յուրահատուկ տվյալները, ինչպես նաև գրական աղբյուրներում ակնկալվող արժեքները: Մոդելի արդյունքները քանակապես համեմատվել են Հորատանցք 4-ում դիտված ջերմաստիճանների բաշխման հետ (Նկար 2.25):

4.2 Մոդելի դոմենը

Մոդելային վերլուծության համար ընտրվել է երկչափ կտրվածքի մոդելի դոմենը: Դոմենը ձգվում է գրավիտացիոն ցանցի երկար առանցքին զուգահեռ (սնման խոշոր օբյեկտ) արևելքում և հորատանցքից դեպի հարավ՝ արևմուտքում (Նկար 2.26): Այդ դոմենը ընտրվել է այն պատճառով, որ այն ներկայացուցչական է, արտացոլում է գրունտային ջրերի համընդհանուր հոսքը և ջերմության փոխադրման պատկերը Քարքարի հովիտում և թույլ է տալիս ներառել հոսքերի համակարգի համապատասխան հատկանիշները:

4.3 Հայեցակարգային մոդելը

Ծանրաչափական և ՄՏ տվյալների վերլուծության և ծանրաչափական ինվերսիայի հիման վրա՝ մակերևույթի տակ ոչ խորը պատկերը կտրվածքի երկայնքով պարզեցվել է և ներկայացվել է երեք առանձին երկրաբանական միավորների տեսքով (Աղյուսակ 2.1):

AL	գետաբերուկային նստվածքներ /այլուվի/ և լավային հոսքեր
FR	վերին՝ ուժեղ ճեղքավոր քվարց մոնոցոնիտ
QZ	ստորին՝ պակաս ճեղքավոր քվարց մոնոցոնիտ

Աղյուսակ 2.1: 3 առանձին երկրաբանական միավորներ ոչ մեծ խորություններում:

Հիդրոջերմային մոդելի մեջ հիդրավլիկական և փոխադրումային մոդելի առանձնացող պարամետրերով շրջանների տեսքով մուտքագրվելու նպատակով այս միավորները վերածվել են երեք առանձին հիդրոջերտագրական միավորներին: Ծանրաչափական ինվերսիայի միջոցով որոշված ավազանի խորությունը ներկայացնում է կոնտակտը վերին AL և FR միավորների միջև (Նկար 2.27): Հորատանցք 4-ի լիթոլոգիական գրանցումների համաձայն FR միավորի հզորությունը ընդունվում է 100 մ, այնպես որ FR/QZ հպումը հայտնվում է AL/FR հպումից 100 մ ներքև: Ըստ ծանրաչափական ինվերսիայի մեկնաբանության AL միավորը բաղկացած է պակաս

խտությամբ գետաբերուկային նստավածքներից և լավային հոսքերից, որոնք լցնում են հովիտը: Ենթադրվում է, որ FR միավորը հանդիսանում է ջերմության աղվեկտիվ փոխադրման հիմնական ուղին՝ ավազանի խորքային մասից դեպի ոչ մեծ խորությունները Հորատանցքի 4-ի մոտակայքում:

4.4 Մոդելի ընտրությունը

Մոդելի համակարգչային ծրագիրը՝ SEAWAT-ը (Langevin et al. (2008a)) կիրառվել է որպես մոդելավորման «շարժիչ»՝ հիդրոջերմային մոդելի վերլուծության համար: SEAWAT-ը լուծում է գրունտային ջրերի հոսքի հավասարումի՝ խտությունից կախված ձևը և կարող է հաշվի առնել խտությունից կախված փոխադրման բազմատեսակ ձևերը: SEAWAT-ում օգտագործվում է վերջավոր-տարբերանքային մոտարկումը և այն ի վիճակի է մոդելավորել ջերմության տրանսպորտը թե՛ հաղորդիչ և թե՛ աղվեկտիվ պրոցեսների միջոցով:

$$\nabla \cdot \left[\rho \frac{\mu_0}{\mu} \mathbf{K}_0 (\nabla h_0 + \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \nabla z) \right] = \rho S_{s,0} \frac{\partial h_0}{\partial t} + \theta \frac{\partial \rho}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \rho_s \dot{q}_s \quad (5)$$

Որտեղ,

- ρ_0 := Ֆլյուիդի խտությունն է ելակետային պայմաններում,
- μ := դինամիկական մածուցիկությունն է,
- μ_0 := դինամիկական մածուցիկությունն է ելակետային պայմաններում
- \mathbf{K}_0 := հիդրավլիկական հողարդականության տենզորն է ելակետային պայմաններում
- h_0 := հիդրավլիկական ճնշումն է ելակետային պայմաններում
- $S_{s,0}$:= տեսակարար պահեստավորումն է ,
- t := ժամանակն է,
- θ := ծակոտկենությունն է
- C := կոնցենտրացիան է,
- q_s := աղբյուրի/խտության հոսի տերմինն է $\rho_s q_s$

SEAWAT-ում ջերմության փոխադրումը /տրանսպորտը/ մոդելավորելու համար ջերմությունը դիտվում է իբրև լուծույթի բաղադրիչ: Ուստի SEAWAT-ի շրջանակներում պահանջվում է հատուկ սահմանել հետևյալ հատկությունները.

- K_{dtemp} - “ֆլյուիդ-մատրիքս” ջերմային բաշխման գործակիցը,
- D_{mtemp} - ջերմության տրանսպորտի էֆեկտիվ մոլեկուլյար դիֆուզիայի գործակիցը,
- $\mu(T)$ - մածուցիկության կախումը ջերմաստիճանից:

Ջերմային բաշխման գործակիցը՝ K_{dtemp} -ը, նկարագրում է ջերմային հավասարակշռությունը ջրապարունակ շերտի և ֆլյուիդի միջև.

$$K_{dtemp} = \frac{C_{Psolid}}{\rho C_{Pfluid}} \quad (6)$$

որտեղ,

- C_{Psolid} := ջրապարունակ շերտի նյութի տեսակարար ջերմունակությունն է
 C_{Pfluid} := ֆլուիդի տեսակարար ջերմունակությունն է
 ρ := ֆլուիդի խտությունն է:

Դիֆուզիայի էֆեկտիվ գործակիցը նկարագրում է ջերմության փոխադրումը հիմնական մատրիքսի և ֆլուիդային հաղորդման միջոցով:

$$D_{mtemp} = \frac{k_{Tbulk}}{\theta \rho C_{Pfluid}} \quad (7)$$

որտեղ,

- k_{Tbulk} := ծավալային ջերմահաղորդականությունն է
 θ := ծակոտկենությունն է:

Ծավալային ջերմահաղորդականությունը, k_{Tbulk} -ը հաշվարկվում է որպես ֆլուիդային և ջրատար հորիզոնի նյութերի ջերմահաղորդականությունների թվաբանական միջինը:

$$k_{Tbulk} = \theta k_{Tfluid} + (1 - \theta) k_{Tsolid} \quad (8)$$

որտեղ,

- k_{Tfluid} := ֆլուիդների ջերմահաղորդականությունն է, իսկ
 k_{Tsolid} := ջրատար հորիզոնի նյութի ջերմահաղորդականությունն է:

Մածուցիկության կախումը ջերմաստիճանից արտահայտվում է որպես μ_0/μ գործակից (Հավասարում 5), որն ազդում է հիդրավիլիկական հաղորդականության տենզորի վրա: Այդ կախումը կարելի է իրականացնել հետևյալ հավասարման միջոցով.

$$\mu(T) = 239.4 \times 10^{-7} 10^{\frac{248.37}{T+133.15}} \quad (9)$$

որտեղ,

- $\mu(T)$:= մածուցիկությունն է կախված ջերմաստիճանից
 T := ֆլուիդի ջերմաստիճանն է °C-ով:

Իր ներկա ծրագրային տարբերակում SEAWAT-ը չի մոդելավորում բազմափուլ փոխադրումը, այնպես որ ջերմաստիճանի գործնական վերին սահմանն է 99.0°C-ը: Langevin (2008)-ում և այդ աշխատության հղումների գրականությունում կարելի է գտնել SEAWAT մոդելի լրիվ նկարագրությունը:

4.5 Դիսկրետավորում /Ընդհատավորում/

Վերջավոր-տարբերանքային մոտարկման /ապրոքսիմացիայի/ կիրառումը պահանջում է կատարել անընդհատ մասնակի-դիֆերենցիալ ֆունկցիոնալների դիսկրետավորում՝ թվային լուծման համար դիսկրետային /ընդհատուն/ ձև ստանալու նպատակով: Տվյալ դեպքում դիսկրետավորումը ներառում է թե՛ տարածական դիսկրետավորում, որը բաժանում է մոդելի դոմենը առանձին բջիջների կամ հանգույցների, և թե՛ ժամանակային դիսկրետավորում, այսինքն՝ ժամանակի բաժանումը լուծման առանձին ժամանակային քայլերի: Մոդելի վերլուծության համար ընտրված քարտեզի հատույթը դիսկրետավորվել է 25 մ քառակուսու չափ ունեցող բջիջների (Նկար 2.28), ինչի արդյունքում ստացվել է 48 մոդելային շերտ և 320 մոդելային սյունակ: Նկար 2.29-ում ներկայացված են դիսկրետավորված հիդրոշերտագրական շերտերը:

Ժամանակային քայլերի սխեման մոդելում փոփոխական է: Մեկնարկային ժամանակային քայլը ընտրվում է այնպես, որպեսզի ապահովվի 1.0-ին համարժեք Կուրանտի թիվ: Հետագա ժամանակային քայլերը փոփոխվում են երկրաչափական պրոգրեսիայի կանոնով՝ ավելացող երկարությամբ՝ մինչև առավելագույնը 10 օր:

4.6 Սահմանային դրույթների որոշումը

Գրունտային ջրերի հոսքի և ջերմության փոխադրման մասնակի-դիֆերենցիալ հավասարումների լուծումը պահանջում է որոշել, թե ինչպիսի սահմանային պայմաններ են պարտադրում ջրի և ջերմության աղբյուրները և հոսքի արյեկտները: Գրունտային ջրերի հոսքի սահմանային պայմանները ներառել են հետևյալները.

- Մոդելի դոմենի արևելյան կողմին մոտ գտնվող լիճը ներկայացվում է որպես Կոշիի սահմանային պայման;
- Մոդելի դոմենի արևմտյան եզրում /գրադիենտով ցած/ արտահոսք ներկայացվում է որպես Դիրիխլեի սահմանային պայման;
- Մնումը ներկայացվում է որպես Նյումենի կարգի սահմանային պայման;
- Գոլորշատրանսպիրացիան ներկայացվում է որպես Կոշիի սահմանային պայման:

Հոսքի սահմանային պայմանների բաղադրիչները, որոնք հատուկ սահմանում են պահանջում, ամփոփվում են Աղյուսակ 2.2-ում:

Սահմանային պայմանի բաղադրիչ	Միավոր	Արժեք	Աղբյուր
Լճի մակարդակը	մ	42.0	DEM /ԲԹՄ/
Լճային շերտի հաղորդունակություն	մ ² /օր	փոփոխական	հաշվարկված K-ի օգտագործմամբ
մակարդակը արևմտյան սահմանում	մ	0.786	DEM /ԲԹՄ/

հաղորդունակություն արևմտյան սահմանում	$m^2/օր$	փոփոխական	հաշվարկված K-ի օգտագործմամբ
Մնման մակարդակը	$մ/տարի$	0.75	«շեյպ» ֆայլի ծածկույթով
Գոլորշատրանսպիրացիայի մակարդակը	$մ/տարի$	0.075	սնման 10% -ը

Աղյուսակ 2.2: Հոսքի որոշված սահմանային պայմանների բաղադրիչների ամփոփում

Ջերմության փոխադրման սահմանային պայմանները ներառել են հետևյալները.

- Մոդելի հիմք շերտի մեջ երկրաջերմային ջերմության ներհոսքը ներկայացվում է որպես Նյումենի կարգի սահմանային պայման;
- Տեղական ջերմության աղբյուրը ավազանի հատակում ներկայացվում է որպես Դիրիխլեի սահմանային պայման;
- Մոդելի դոմենի մեջ լճի արտահոսքի միջոցով փոխադրվող ջերմությունը ներկայացվում է որպես Դիրիխլեի սահմանային պայման;
- Մոդելի դոմենի մեջ սնման հաշվին փոխադրվող ջերմությունը ներկայացվում է որպես Դիրիխլեի սահմանային պայման;
- Գոլորշատրանսպիրացիայի հաշվին մոդելի դոմենից դուրս փոխադրվող ջերմությունը ներկայացվում է որպես Դիրիխլեի սահմանային պայման:

Ջերմության փոխադրման սահմանային պայմանների բաղադրիչները, որոնք հատուկ սահմանում են պահանջում, ամփոփվում են Աղյուսակ 2.3-ում:

Սահմանային պայմանի բաղադրիչ	Միավոր	Արժեք	Աղբյուր
Երկրաջերմային ջերմության ներհոսք	$Վտ/մ^2$	0.35	հաշվարկային
Տեղական ջերմության աղբյուր	$^{\circ}C$	99.0	երկրաջերմային գրադիենտ
Մակարդակը արևմտյան սահմանում	$^{\circ}C$	1.0	Հորատանցք 4-ի նկարագրություն
Հաղորդունակությունը արևմտյան սահմանում	$^{\circ}C$	1.0	Հորատանցք 4-ի նկարագրություն
Մնման մակարդակը	$^{\circ}C$	1.0	Հորատանցք 4-ի նկարագրություն
Գոլորշատրանսպիրացիայի մակարդակը	$^{\circ}C$	1.0	Հորատանցք 4-ի նկարագրություն

Աղյուսակ 2.3. Փոխադրման համար որոշված սահմանային պայմանների բաղադրիչների ամփոփում

Հորատանցք 4-ում դիտված երկրաջերմային գրադիենտը և մոդելի հիմքային շերտի ջերմային հաղորդունակության արժեքը՝ k_{dtemp} -ը՝ օգտագործվել են երկրաջերմային ջերմության բազիսային ներհոսքի հաշվարկի համար: Տեղական ջերմության աղբյուրը ներկայացնող բջիջների համար ընտրվել է $99.0^{\circ}C$ ջերմաստիճանը՝ համաձայն Հորատանցք 4-ում դիտված երկրաջերմային գրադիենտի: Տեղական ջերմության աղբյուրի բջիջները տեղադրվեցին մոդելի բջիջների մեջ այնտեղ, ուր հպումը AL-ի և FR-ի միջև եղել է ավելի խորը քան 1000.0 մ (Նկար 2.28): Ինչպես քննարկվում է ստորև, մոդելի դոմենով ջերմության բաշխման կանխատեսումը,

ներառյալ Հորատանցք 4-ին հարող տարածքում, չափազանց զգայուն է ջերմության տեղական աղբյուրի տեղադիրքի նկատմամբ: Եթե ջերմության տեղական աղբյուրը տեղադրվում է FR միավորի մեջ, ապա արդյունքում ջերմաստիճանները աճում են 50.0°C-ից բարձր՝ մոդելի դոմենի արևմտյան հատվածում: Քանի որ ջերմության տեղական աղբյուրը ունակ է տրամադրելու ջերմության անվերջ քանակություններ, և քանի որ FR միավորն ունի գրունտային ջրերի մեծ հոսք, արդյունքում ջերմության մեծ քանակություն փոխադրվում է աղբյուրը ներկայացնող բջրջներից գրադիենտով ի վայր:

4.7 Հատկությունների նկարագրությունը

Հիդրավլիկական պարամետրերը: Մոդելը պահանջում է սահմանել մի քանի հիդրավլիկական հատկություններ երեք հիդրոշերտագրական միավորներից յուրաքանչյուրի համար, ներառյալ հիդրավլիկական հաղորդունակություն, հիդրավլիկական պահեստավորում և ծակոտկենություն: Այդ հատկություններին հատկացված արժեքները ներկայացնում են բնորոշ, կամ ակնկալվող արժեքներ և որոշվել են գրականության մեջ առկա տեղեկություններով (Աղյուսակ 4):

Հատկություն	Միավորներ	AL	FR	QZ
Հիդրավլիկական հաղորդունակություն	d/η	10.0	10.0 մինչև 100.0	0.0001
Ծակոտկենություն	(չկա)	0.1	0.2	0.08
Տեսակարար ելանք	(չկա)	0.08	0.12	0.0001
Տեսակարար պահեստավորում	$1/d$	0.0001	0.0001	0.0001

Աղյուսակ 2. 4. Մոդելի հոսքային պարամետրերի ամփոփում

Փոխադրման պարամետրերը: Ի լրումն հիդրավլիկական պարամետրերի երեք միավորներից յուրաքանչյուրի համար սահմանվել են նաև փոխադրման յուրահատուկ պարամետրերը. Նրանք ներառում են տեսակար ջերմունակություն, խտություն և ջերմահաղորդունակություն: Այդ հատկություններին հատկացված արժեքները ներկայացնում են բնորոշ, կամ ակնկալվող արժեքներ և որոշվել են գրականության մեջ առկա տեղեկություններով, բացառությամբ AL-ի խտության, որը նույն այնն է, որն օգտագործվել է Բուզեի ծանրաչափական մշակման մեջ (Աղյուսակ 2.5):

Հատկություն	Միավորներ	AL	FR	QZ
Խտություն	$\rho q/u^{\beta}$	2550	2700	2770
Տեսակարար ջերմություն	$\mathcal{Q}/(hq^{\circ}C)$	840.0	820.0	790.0
Ջերմահաղորդունակություն	$W/u^{\circ}C$	1.75	1.0	3.0

Աղյուսակ 2.5. Փոխադրման մոդելի պարամետրերի ամփոփում

4.8 Մոդելային սցենարներ

Երկրաֆիզիկական տվյալների հավաքագրման, վերլուծության և հիդրոջերմային մոդելի վերլուծության նպատակն է բացահայտել Քարքարի հովիտի հիմքում ջերմության տեղական աղբյուրի ներկայությունը: Այդ ուղղությամբ հիդրոջերմային մոդելը օգտագործելու համար մշակվել են երկու սցենարներ՝ հնարավոր երկրաջերմային համակարգի ուրվագիծը ընդգրկելու նպատակով:

Սցենար	Նպատակ
Սցենար A	ջերմության տեղական աղբյուրը ջերմային կապ ունի FR և AL միավորների հետ
Սցենար B	99°C ջերմության տեղական աղբյուրը կապակաված է FR և AL միավորների հետ

A Սցենարը նախագծված է փորձարկելու ջերմության տեղական աղբյուրի ներկայությունը Քարքարի հովիտի հիմքում՝ հանելով ջերմության տեղական աղբյուրի սահմանային պայմանը և համեմատելով մոդելով կանխատեսվող ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում: Այդպիսի ուրվագծի դեպքում, եթե կանխատեսվող բաշխումը չի համապատասխանելու դիտվող բաշխմանը, ապա անհրաժեշտ կլինի նախատեսել ջերմության լրացուցիչ աղբյուրի ներկայությունը:

B Սցենարը նախագծված է փորձարկելու ջերմության տեղական աղբյուրի ներկայությունը, այն դեպքում, երբ նա ուղղակի կոնտակտի մեջ է FR միավորների հետ, տեղադրելով աղբյուրին համապատասխանող բջիջները FR միավորի մեջ՝ Քարքարի հովիտի հիմքում: Եթե Հորատանցք 4-ում կանխատեսվող բաշխումը չի համապատասխանելու դիտվող տվյալներին, ապա 99.0°C ջերմաստիճանով ջերմության աղբյուր, որը ուղղակի աղվեկտիվ կապի մեջ է Հորատանցք 4-ի տարածքի հետ, անհավանական կլինի:

Բոլոր սցենարները եղել են ոչ անցումային: Դա նշանակում է, որ հոսքի և փոխադրման պարտադրական սահմանային պայմանները ժամանակի հետ չեն փոփոխվում: Մոդելային սցենարները ժամանակի մեջ աշխատացվել են մինչև այն պահը, երբ մոդելավորվող ջրի մակարդակը և ջերմության բաշխումները անփոփոխ էին դառնում: Լրացուցիչ, հաշվի առնելով, որ ջերմության փոխադրման ճանապարհ ծառայելու FR միավորի ունակությունը անորոշ է, երկու սցենարներն էլ ենթարկվել են երկու պարամետրականացումների:

Պարամետրականացում	Նկարագրություն
Համասեռ	FR և AL միավորների հիդրավիկական հաղորդականությունը նույնն է
Անհամասեռ	FR միավորի հիդրավիկական հաղորդունակությունը ավելի մեծ է քան AL միավորինը:

Համասեռ պարամետրականացումների դեպքում AL և FR միավորներին հատկացվել են 10.0 *մ/օր* հիդրավիկական հաղորդունակության արժեքներ: Անհամասեռ պարամետրականացումների դեպքում, FR միավորի հիդրավիկական հաղորդունակությունը բարձրացվել է մինչև 100.0 *մ/օր*, ինչի շնորհիվ գրունտային ջրերի

հոսքը հնարավորություն է ստացել կուտակվելու FR միավորի մեջ: Սցենարների արդյունքները քանակապես համեմատվել են Հորատանցք 4-ում դիտարկվող ջերմաստիճանների բաշխման հետ՝ հավանականությունը որոշելու նպատակով: Այն դեպքում, եթե մոդելով խանիաստեպվող բաշխումը համընկնում է դիտարկվող բաշխման ընդհանուր ձևին և միտմանը, տվյալ սցենարը համարվում է հավանական:

4.9 Մոդելի արդյունքները

4.9.1 Սցենար A

A սցենարը իրականացվել է ջերմության տեղական լրացուցիչ աղբյուրի ներկայությունը փորձարկելու նպատակով, մոդելում կիրառելով միայն երկրաջերմային ջերմության բազիսային ներհոսքը: 2.30-րդ, 2.31-րդ, 2.32-րդ և 2.33-րդ Նկարներում ամփոփվում են այդ սցենարի արդյունքները: Երկու պարամետրականացումների արդյունքները նշում են, որ այդ սցենարը հավանական է, քանի որ կանխատեսվող ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում համապատասխանում է տվյալներին: Դա նշանակում է, որ հիմնվելով ներկա տվյալների հավաքածուի վրա, մոդելային վերլուծությունը չի կարող ապացուցել տեղական ջերմության աղբյուրի ներկայությունը: Փոխարենը, կարող է ներկա լինել ամբողջ մոդելային դոմենի համեմատությամբ ջերմության ավելի ընդարձակ աղբյուր, որի դեպքում կարելի է հաշվի առնել Հորատանցք 4-ում դիտվող ձերմաստիճանների անոմալիաները:

4.9.2 Սցենար B

B սցենարը իրականացվել է FR միավորի հետ անմիջական կոնտակտի մեջ գտնվող՝ 99.0°C ջերմաստիճանի տեղական ջերմության աղբյուրի ներկայությունը փորձարկելու նպատակով: 2.34-րդ, 2.35-րդ, 2.36-րդ և 2.37-րդ Նկարներում ամփոփվում են այդ սցենարի արդյունքները: Երկու պարամետրականացումների արդյունքները նշում են, որ այդ սցենարը հավանական չէ, քանի որ Հորատանցք 4-ում կանխատեսվող ջերմաստիճանների բաշխումը չի համապատասխանում չափված ջերմաստիճանների գրադիենտին: Դա նշանակում է, որ եթե “*փուլ-ապարտ*” ավազանի հատակին մոտ գոյություն ունի ջերմության տեղական աղբյուր, ապա այդ աղբյուրը ջերմային տեսակետից մեկուսացված է հովիտը լցնող նստվածքների և ճեղկավոր մոնցոնիտի՝ մեծ հաղորդունակություն ունեցող ապարներից: Հակառակ դեպքում Հորատանցք 4-ում կսպասվեր ավելի մեծ ջերմաստիճանային գրադիենտ քան դիտվածը: Ծայրահեղ դեպքում տեղական ջերմության աղբյուրով անհամասեռ մոդելը Հորատանցք 4-ում կանխատեսում է համարյա հավասարաջերմային /իզոթերմային/ պայմաններ, որոնք պայմանավորված են ջերմության արագ ադվեկցիայով ճեղքավոր քվարց մոնցոնիտի միավորի մեջ:

Օգտագործելով վերևում նշվող մոդելային սցենարների վերլուծությունը, չի կարելի բացառել ծանրաչափական ինվերսիայի շնորհիվ բացահայտված տեղական ջերմության աղբյուրի ներկայությունը ավազանում: Սակայն, ներկա տվյալների հավաքածուի պայմաններում, գոյություն ունի անհամապատասխանություն մի կողմից՝

ջերմության տեղական աղբյուրի տեղադիրքի և ջերմաստիճանի, իսկ մյուս կողմից՝ FR և AL միավորների հիդրավլիկական հաղորդունակության միջև: FR միավորի մեջ տեղադրվող՝ փոքր ջերմաստիճանով մի աղբյուր տալիս է նույն արձագանք, ինչը և QZ միավորի մեջ տեղադրված՝ մեծ ջերմաստիճանով աղբյուր: Դա տեղի է ունենում այն պատճառով, որ QZ միավորը գործում է որպես ջերմային մեկուսիչ, որը սահմանափակում է ջերմության փոխադրումը հողորդականության միջոցով: Այդ էֆեկտը մեծանում է QZ-ի փոքր թափանցելի բնույթի հաշվին, որի պատճառով ջերմության ադվեկտիվ փոխադրումը փոքր ծավալ ունի կամ ընդհանրապես բացակայում է: Արդյունքում ստացվում է թույլ ջերմային կապակցում QZ-ի սահմաններում տեղադրված տեղական ջերմության աղբյուրի և FR-ի միջև, որում գերիշխում են ադվեկցիայի պայմանները: QZ-ի սահմաններում բարձր ջերմաստիճանի ջերմային աղբյուրի գոյությունը բացառել չի կարելի: Այնուամենայնիվ, այդ հարցի լուծումը ստանալ հնարավոր չէ առկա տվյալների մոդելային վերլուծության ճանապարհով:

4.10. Քննարկումը

“Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունը չափազանց արժեքավոր լրացում է Քարքարի շրջանի եկրաջերմային ներուժի մասին մեր գիտելիքների համար: ՄՏ և ծանրաչափական տվյալների հավաքագրման և մշակման որակը համապատասխանում է ժամանակակից ամենաբարձր ստանդարտներին: Ամենալայն իմաստով, “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունը հանգում է այն եզրակացության, որ խզվածքներով սահմանազատվող ավազանի արևմտյան եզրում բաղահայտվում է փոքր դիմադրությունների բավականաչափ մեծ անոմալիա: Դիմադրությունների անոմալիայի տեղադիրքը համընկնում է քարտեզագրված խզվածքների հետ:

“Վեստերն Ջիկո”-ի ստացած տվյալների մեր կողմից կատարված ինվերսիան, 2550 կգ *ւ*³ Բուգեի միջանկյալ շերտի խտության օգտագործմամբ, ենթադրում է, որ ավազանի ընդհանուր խորությունը կազմում է շուրջ 1500 մ: Ավազանը նեղ է, ձգվում է Հյուսիս-Հարավ ուղղությամբ և համապատասխանում է «փուլ-ապարտ» կառուցվածքին: Այսպիսով, այդ «փուլ-ապարտ» կառույցը սահմանազատող խզվածքները տեղաշարժել են քվարց մոնցոնիտը, որը դրևորում է ճեղկավորման տարբեր աստիճաններ:

Դիմադրությունների ամենացայտուն անոմալիան (Փոքր Դիմադրությունների Գոտի A «Վեստերն Ջիկո»-ի հաշվետվությունում) կարելի է բացատրել մակերևույթից ներթափանցած և խորքում շրջանառության մեջ գտնվող ջրերի ադվեկցիայով դեպի վերև՝ ավազանը սահմանազատող խզվածքներով: Այդ ջրերը խառվում են ավելի փոքր խորություններում գտնվող մակերեսային ջրերի հետ՝ քվարց մոնցոնիտի ճեղքավոր գոտիների արագ տրանզիտի սահմաններում: Այդպիսի խառնված՝ 30-35 °C աստիճանի ջրերի փոխադրումը շարունակվում է դեպի արևմուտք, անցնելով Հորատանցք 4-ի տարածքը, ընդհուպ մինչև Ջերմաղբյուրի տաք աղբյուրները:

Քարքարի երկրաջերմային զարգացման տեսանկյունից կարևոր հարց է հանդիսանում բարձր ջերմաստիճանի ֆլյուիդների ներկայության հնարավորությունը խզվածքներով սահմանազատվող ավազանի մեջ, համեմատաբար ոչ մեծ խորություններում: Ստացվում է, որ հիդրոջերմային մոդելը կարծես թե բացառում է ավազանում պակաս քան 1200 մ խորության վրա բարձր ջերմաստիճան ունեցող

Ֆյուիդների ներկայության «պահանջը»: Փորձարկված այլընտրանքային մոդելներից, դիֆուզային ջերմության աղբյուրի ներկայությունը, որը արդյունքում ստեղծում է ավելի մեծ եկրաջերմային գրադիենտ, լավագույն կերպով է բացատրում Հորատանցք 4-ում դիտվող երկրաջերմային գրադիենտը և նրա կապը քվարց մոնոցոնիտի և ավազանի հետ: Այդ մոդելի համաձայն, ավազանում իսկապես տեղի է ունենում ֆյուիդների շրջանառություն, սակայն ջերմաստիճանի համընդհանուր գրադիենտը կապակցված է քվարց մոնոցոնիտի մարմնի կամ ավելի խորը գտնվող օբյեկտի կոնդուկտիվ պաղեցման հետ:

Եթե օգտագործվում են հաղորդունակության մոդելային արժեքները, ապա ավազանի մեջ տեղական ջերմության մի աղբյուր ավելացնելու արդյունքում կմեծանա ջերմության աղվեկտիվ փոխադրումը և, հետևաբար, հորատանցքում մոդելավորվող ջերմաստիճանները կաճեն դիտվածներին ի համեմատ: Ծայրահեղ դեպքում հորատանցքում մոդելավորվում են իզոթերմալիներին մոտ պայմաններ: Ունենալով առնվազն հիդրոջերմային մոդելում կիրառվող հաղորդունակության արժեքները, անհավանական է թվում, որ ավազանում գոյություն ունի ջերմության զգալի չափերի տեղական մի աղբյուր:

Ընդհանուր առմամբ, հիդրոջերմային մոդելավորմամբ ստացվող հիմնական եզրակացությունը այն է, որ չկա ավազանի սահմաններում բարձր ջերմաստիճանի ֆյուիդների ներկայության պահանջը:

Հորատանցքում դիտվող երկրաջերմային գրադիենտը լավագույն կերպով բացատրում է ջերմության դիֆուզային աղբյուրի գաղափարը: Այդ արդյունքը համապատասխանում է ՄՏ տվյալներին ու մոդելին, ինչպես նաև գրունտային CO₂ գազի ներհոսքի տվյալներին: Այնուամենայնիվ, մոդելի մի քանի ենթադրությունները կարող են շեղում առաջացնել: Օրինակ՝ ավազանում կարող են ներկա լինել քիչ թափանցելի գոտիներ: Եթե այդպես է, ապա ավազանի սահմաններում ջերմության տեղական աղբյուր այնուամենայնիվ կարող է ներկա լինել խորքում, սակայն այն մեկուսացված է քիչ թափանցելի վերադիր ապարով: Որպես այլընտրանքային տարբերակ, կարելի է ենթադրել ավազանի տակ գտնվող քվարց մոնոցոնիտի (?) անոմալային ջերմացումը, բայց այն նույնպես համեմատաբար անթափանցելի է: Շեշտում ենք, որ թեև այդպիսի այլընտրանքային մոդելները հնարավոր են, չկան նրանց հաստատող տվյալներ հորատանցքերից կամ մոդելներից:

5. Բոլոր միջանկյալ մոդելների համադրումը, համատեղ մեկնաբանումը և հայեցակարգային մոդելի մշակումը

Կառուցվածքային, ծանրաչափական և ՄՏ մոդելները, ինչպես նաև 2004-2011 թվականների շրջանում ստացված երկրաֆիզիկական տվյալները՝ բոլորը փոխադարձաբար լավ համադրելի են: Այդ տվյալների հիման վրա կառուցված մոդելները ցույց են տալիս, որ Քարքարի տեղանքում գոյություն ունի «*շուշ*-ապարտ» կարգի ավազան, որը թներից սահմանազատված է մեծ անկում դրսևորող 7-ից 10-ը խզվածքներից կազմված համակարգով:

Ավազանի վերին մասը լցված է այլովիալ /գետաբերուկային/ նստվածքներով և լավային հոսքերով՝ որոնց հզորությունը կազմում է 300 մ-ից թեքում մինչև 1200 մ կենտրոնում: Նրանց տակ կարող է տեղադրված լինել քվարց մոնցոնիտը: «Փուլ-ապարտ» ավազանը սահմանազատող խզվածքները տեղաշարժել են ճեղքավորվածության տարբեր աստիճաններ ունեցող քվարց մոնցոնիտը: Փոքր դիմադրությունների անոմալիան (Շերտ 2-ը, որում դիմադրությունները կազմում են 200-ից մինչև 50 Օմ×մ) կարելի է բացատրել խորքում շրաջանառու մակերևութային ջրերի ադվեկցիայով դեպի վերև՝ դեպի ավազանը սահմանազատող խզվածքները: Այդ ջրերը խառնվում են ոչ խորը ներթափանցած մակերևութային ջրերի հետ՝ քվարց մոնցոնիտի մեջ արագ տրանզիտի գոտիների սահմաններում: Այդպիսի խառնված՝ 30-35 °C ջերմաստիճանի ջրերի փոխադրումը շարունակվում է դեպի արևմուտք, անցնելով Հորատանցք 4-ի տարածքը, մինչև Ջերմադրյուրի տաք աղբյուրները:

Հիդրոջերմային մոդելում քննարկված հիմնահարցն է եղել, արդյոք Շերտ 2-ում, որի դիմադրությունները 300-1000 մ խորությունների վրա կազմում են 200-ից մինչև 50 Օմ×մ, հնարավոր է բարձր ջերմաստիճաններով ֆլյուիդների ներկայությունը, կամ նրանք բացակայում են խզվածքներով սահմանազատվող ավազանի սահմաններում: Շերտ 2-ում բարձր ջերմաստիճանների ֆլյուիդների ներկայությունը կամ բացակայությունը մեծ դեր է խաղալու հայեցակարգային մոդելի ընտրության, Քարքարի տեղամասի երկրաջերմային ներուժի գնահատման, ինչպես նաև հետախուզական հորատանցքի հորատման տեղի ընտրության համար:

Հիդրոջերմային մոդելավորման ժամանակ քննարկվել են երկու հնարավոր սցենարները:

Սցենար A – Ջերմության դիֆուզային աղբյուր: Սցենարում ենթադրվում է, որ Հորատանցք 4-ում դիտվող անոմալիաները հնարավոր է բացատրել միայն ընդունելով, որ գոյություն ունի մոդելի ամբողջ դոմենի հարաբերությամբ ավելի ընդարձակ ջերմություն աղբյուր:

Սցենար B – Ջերմության տեղական աղբյուր: Սցենարում ենթադրվում է, որ Հորատանցք 4-ում դիտվող անոմալիաները հնարավոր է բացատրել, միայն ընդունելով ջերմության տեղական աղբյուրի ներկայությունը ճեղքավոր մոնցոնիտների վերին մասում (պակաս քան 1500 մ խորությունների վրա)՝ լավաներով և գետաբերուկային նստվածքներով լցված ավազանի հատակի անմիջապես տակ:

Երկու մոդելների պարամետրականացման արդյունքները հաստատում են A սցենարը և նշում են, որ B սցենարը հավանական չէ, քանի որ Հորատանցք 4-ում մոդելավորվող ջերմաստիճանների բաշխումը համաձայնության մեջ չէ ջերմաստիճանների չափված գրադիենտի հետ:

Հաշվի առնելով ջերմության աղբյուրի տեսակի և տեղադիրքի կարևորությունը, ինչպես նաև այն հանգամանքը, որ հիդրոջերմային մոդելավորումը հիմնվում էր միայն ծանրաչափական ինվերսիայի, ՄՏ տվյալների մի մասի և Հորատանցք 4-ի տվյալների վրա, մենք կիրականացնենք այդ երկու սցենարների վերլուծությունը և

մեկնաբանությունը, ներգրավելով լրացուվիչ երկրաբանական և երկրաֆիզիկական տվյալները:

5.1. Մոդել A – Ջերմության դիֆուզային աղբյուր

Հիշեցնենք, որ A Մոդելում ենթադրվում է, որ Հորատանցք 4-ում դիտվող անոմալիաները հնարավոր է բացատրել միայն ընդունելով, որ գոյություն ունի ընդարձակ՝ մոդելի ամբողջ դոմենի հարաբերությամբ՝ ջերմություն աղբյուր:

Ըստ այդ մոդելի, ավազանում շրջող ֆլյուիդիների ջերմաստիճանը 300-1200 մ խորություններում կլինի 100°C-ից պակաս, իսկ Հորատանցք 4-ի երկրաջերմային գրադիենտը կապակցված է քվարցային մոնոցոնիտի կամ ավելի խորը գտնվող օբյեկտի մարմնի կոնդուկտիվ պաղեցման հետ:

Այս հաշվետվության 4.2.3-րդ բաժնում արդեն նշվել է, որ 1:200 000 մաշտաբի տարածաշրջանային ծանրաչափական քարտեզը վկայում է լավ արտահայտված, խոշոր բացասական անոմալիայի ներկայության մասին՝ որի հարավ-արևմտյան կողմի վրա և գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը (Նկարներ 1.53 և 2.38): Անոմալիայի չափերը կազմում են 35 կմ Հս.-Հվ. և 25 կմ Արլ.-Արմ. ուղղություններով: Ծանրաչափական անոմալիայի հյուսիսային մասը բազմաթիվ ուսումնասիրություններում մեկնաբանվել է իբրև Դալիդադի խոշոր ինտրուզիայի արտացոլում (Никольский, Милай, 1975, Мусаев, 1983):

Դալիդադի ինտրուզիայի մակերևույթի վրա մերկացող հատվածի երկարությունը կազմում է 20 կմ՝ 8 կմ լայնության դեպքում, իսկ նրա մակերեսը կազմում է մոտ 150 կմ² (1 և 2 Նկար 2.38-ում): Ինտրուզիան տեղադրված է Քարքարի տեղանքից դեպի հյուսիս 6 կմ հեռավորության վրա և հյուսիսից սահմանազատված է Տերտերի խզվածքով (Նկարներ 2.38, 2.39): Ենթադրվում է, որ ինտրուզիայի հարավային հատվածը խորասուզվում է Չորրորդական լավաների տակ (Никольский, Милай, 1975; Мусаев, 1983):

Նշենք հետագա մեկնաբանության համար կարևոր՝ Դալիդադի ինտրուզիայի բնութագրերից մի քանիսը:

1. Ինտրոդիայի առաջին փուլը պատռել է միջին-ուշ Էոցենի նստվածքները, իսկ նրա տարիքի իզոտոպային որոշումները $K-Ar$ մեթոդով տվեցին 30-35 Ma /միլիոն տարի/ թիվը (Мусаев, 1983):
2. Զարգացման երեք փուլ է անջատվում Դալիդադի ինտրուզիան ձևավորած՝ խորքային մագմային օջախի համար: Առաջին փուլը ($P^3-P^1_3$) ներկայացված է մոնոցոնիտներով, քվարցային սիենիտներով, սիենոդիորիտներով և դիորիտներով (1 Նկար 2.38-ում, Նկար 2.39): Երկրորդ փուլը **фаза (N¹₁)** ներկայացված է պորֆիրաձև գրանոդիորիտներով և գրանոսիենիտներով (2-րդ Նկար 2.38-ում, 2.39-ում): Երրորդ փուլին (**N¹₂**) համապատասխանում են ռիոլիթների 3 Ma հասակի փոքր էքստրուզիաները՝ ինտրուզիայի և Տերտերի խզվածքի կոնտակտում (Мусаев, 1983):
3. Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ, ստորին Միոցենի փուլը նման է Մեդրիի պլուտոնի Ողջիի համալիրի ստորին միոցենային փուլին, որը գտնվում է 60 կմ դեպի հարավ: Պորֆիրաձև գրանիտների Ողջիի համալիրը ունի 22-24 Ma հասակ

(ըստ *K-Ar, Pb-Sr*) և պատկանում է ենթահրաբխային գրանիտների ֆորմացիային՝ ձևավորման 1-3 կմ խորությունով: Նման խորություն ենթադրվում է նաև Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ փուլի համար (Mycaev, 1983):

4. Դալիդադի ինտրուզիայի հատկանշական երկրաքիմիական առանձնահատկությունն է *U* և *Th* անոմալ բարձր պարունակությունները: Առաջին փուլի ապարներում՝ *U*-ի պարունակությունը կազմում է 7.1 գ/տ, *Th* – ինը՝ 25 գ/տ, իսկ երկրորդ փուլի ապարներում *U*-ի պարունակությունը կազմում է 8.9 գ/տ և *Th*-ինը՝ 45 գ/տ, ինչը 2.5 անգամ գերազանցում է կլարկային կոնցենտրացիաները:

Անհայտ է, թե որքան հեռու դեպի հարավ է տարածվում Դալիդադի ինտրուզիան, այնուամենայնիվ, եթե հաշվի առնենք գրավիտացիոն անոմալիայի հարավային սահմանի տեղադիրքը, ապա ինտրուզիան պետք է տարածված լինի մինչև Քարքարի տեղամասը (Նկարներ 2.38 և 2.39):

ՄՏ հանույթի արդյունքների մեկնաբանության 2D մոդելներում, որոնք մշակվել են թե՛ «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» և թե՛ «Նորդ-Վեստ» ընկերությունների կողմից, 1 500 – 1 800 մ մինչև 10 000 մ խորություններում անջատվում է Շերտ 4-ը, որը ներկայացված է շատ մեծ դիմադրություն ունեցող ապարներով՝ 1 000-ից մինչև 2 500 Օմ×մ (Նկարներ 2.6 և 2.7): «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» ընկերության մեկնաբանության համաձայն, շերտը համապատասխանում է բյուրեղային հիմքի կամ՝ ինտրուզիայի բլոկներին: Հայաստանի սահմաններում բյուրեղային հիմքը միշտ արտահայտվում է ծանրության ուժի դաշտի հարաբերական մաքսիմումներով, մինչդեռ ինտրուզիաները մեծ մասով արտահայտված են մինիմումներով: Ծանրության ուժի դաշտի բացասական անոմալիան, որը համընկնում է Դալիդադի ինտրուզիայի հետ, հատվում է 2004 և 2009 թվականների ՄՏ հանույթների ուղեգծերով և հենց այստեղ են գրանցվել Շերտ 4-ի բարձր դիմադրություն ցուցաբերող բլոկները:

Հետևաբար կարելի է ենթադրել, որ բարձր դիմադրությամբ Շերտ 4-ը, որը բացահայտվել է 1.5–10 կմ խորությունների վրա, համապատասխանում է ինտրուզիվ ապարներին և կարող է ներկայացնել Դալիդադի ինտրուզիայի հարավային շարունակությունը:

Նման ենթադրության օգտին են վկայում ևս մի քանի փաստերը:

Առաջինը. 1987/88 թ Քարքարի տեղամասի Հս.-Արմ. անկյունում հորատված Հորատանցք N4-ը հատել էր քվարցային մոնոցոնիտները և գրանոսիենիտները 123 մ խորության վրա և այդ ապարները գրանցվում էին հորում անընդմեջ մինչև 1 կմ խորությունը, որտեղ հորատումը դադարեցվել էր: Ըստ ապարագիտական նկարագրության Հորատանցք 4-ում բացված ապարները նման են Դալիդադի ինտրուզիայի առաջին փուլի ապարներին:

Երկրորդը. Հորատանցք N4-ում իրականացված զամմա-կարոտաժը գրանցել էր բացված ինտրուզիվ ապարների անոմալ բարձր ճառագայթակտիվության ֆոնը՝ 50 միկրոռենտգեն/ժամ մակարդակով, ինչը 2.5-3 անգամ գերազանցում է սովորական ֆոնային արժեքները: Ստացված արժեքների վերահաշվարկը ուրանի համարժեքով տալիս է 40 գ/տ-ին մոտ արժեքներ: Նման արժեքները բնորոշ են Դալիդադի ինտրուզիայի ապարների համար:

Երրորդը. 2009 է ՄՏ Ուղեգծի 17-րդ կետից 0.7 և 2.5 կմ դեպի հյուսիս՝ մակերևույթում Չորրորդական լավաների միջև կան վաղ Միոցենի շրջանի պորֆիրաձև գրանոդիորիտների փոքր ելուստներ, որոնք վերագրվում են Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ փուլին և գտնվում են նրանից 4 կմ և 6.5 կմ հեռու (Նկարներ 2.39 և 2.40): Հասկանալի է, որ երկու դեպքում էլ ինտրուզիաների ելքերը պատռված են Չորրորդական հրաբուխներով (Նկար 2.40):

Չորրորդը. Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերից արևմուտք, Որոտան գետի ձախափնյա տարածքում, Չորրորդական լավաների միջև կան թվով ավելի քան 25 ինտրուզիվների մերկացումներ, որոնք ներկայացված են մոնոցոնիտներով, գրանոսիենիտներով և վաղ Օլիգոցենի գրանոդիորիտներով (Նկար 2.39): Դրանցից շատերը շատ նման են Դալիդադի ինտրուզիային (Абовян, Малхасян, 1961; Мусаев, 1983):

Հինգերորդը. Քարքարի տեղամասից 250 մետր դեպի հյուսիս գոյություն ունի ռիոլիթների՝ 1 000 × 600 մ չափի գմբեթաձև մի ելք: Ռիոլիթային գմբեթը գտնվում է 2009թ ՄՏ ուղեգծի Կետ 3-ից 100 մ դեպի հյուսիս և Հորատանցք 4-ից 400 մ դեպի արևելք (1-ը Նկար 2.41-ում): Այդ ռիոլիթային գմբեթի ապարների նկարագրությունը շատ մոտ է Դալիդադի ինտրուզիայի երրորդ փուլի ռիոլիթների ապարագիտական նկարագրությանը:

Կարելի է ենթադրել, որ ռիոլիթային գմբեթը ներդրվել է խզվածքի գոտու երկայնքով, որը սահմանազատում է «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառույցի արևմտյան կողմը (2-ը Նկար 2.41-ում): Նրա կողքին, նույն խզվածքների համակարգով ներդրվել են օլիվինային տրախիբազալտների մարմինները (3-ը Նկար 2.41-ում):

Ռիոլիթային գմբեթից վերցված նմուշի շլիֆում հայտնաբերվել է ապարի մեծ աստիճանի երկրորդական կայծքարացումը (տես Հավելված 1): Նույն նմուշի քիմիական անալիզը բացահայտել է ծծմբի մեծ պարունակություն (մինչև 6%), իսկ ռենտգենակառուցվածքային անալիզի արդյունքում պարզվել է, որ ծծմբի մեծ պարունակությունը կապված է ապարում ալունիտ միներալի ներկայության հետ: Հետևաբար, ռիոլիթային գմբեթի ապարները ենթարկվել են ուժեղ հիդրոջերմային փոփոխման, որն իրեն արտահայտել է կայծքարացման և ալունիտացման զուգահեռ պրոցեսում՝ սոլֆատարների լուծույթների և ֆումարոլների ազդեցության հետհրաբխային երևույթների հետ կապված:

Այսպիսով, գրավիտացիոն դաշտի անոմալիաները, Հորատանցք 4-ի տվյալները, Հորատանցք 4-ի գամմա-կարոտաժի արդյունքները, պորֆիրաձև գրանոդիորիտների ելքերը տեղամասի կողքին և ամբողջ շրջանում, ինչպես նաև ռիոլիթային գմբեթի ներկայությունը՝ այդ ամենը վկայում այն մասին, որ Քարքար-Ջերմաղբյուրի տեղամասում 1.5-10 կմ խորությունների վրա բացահայտված՝ մեծ դիմադրություններով Շերտ 4-ը կարող է համապատասխանել ինտրուզիվ ապարներին և հանդիսանալ Դալիդադի ինտրուզիայի հարավային շարունակությունը:

Ռիոլիթային գմբեթի ապարների հիդրոջերմային փոփոխման հետքերը, արտահայտված կայծքարացման և ալունիտացման պրոցեսների մեջ, կապակցված են զուգահեռ ընթացող հետհրաբխային պրոցեսների՝ սոլֆատարների լուծույթների և ֆումարոլների ազդեցության հետ:

Քարքարի տեղամասից դեպի հյուսիս 16 կմ հեռավորության վրա, Դալիդադի ինտրուզիայի և Չորրորդական լավաների հպման տեղում գտնվում է ջերմային աղբյուրների Ջերմաջուրի խումբը (Իստի-սու աղբյուրները, Նկար 2.42): Աղբյուրների ջրի ջերմաստիճանը մակերևույթում հասնում է 72°C-ին, իսկ ելքը՝ օրական շուրջ 1000 մ³ է: Ջերմաջուրի աղբյուրների ջերմության ամենահավանական աղբյուրն է համարվում Դալիդադի ինտրուզիան:

Քարքարի տեղամասից դեպի արևմուտք 22 կմ հեռավորության վրա գտնվում է ջերմային աղբյուրների Ջերմուկի խումբը: Աղբյուրների ջրի ջերմաստիճանը մակերևույթում հասնում է 64°C-ին (Նկար 2.42): Ջերմուկի աղբյուրները գտնվում են Ջերմուկի ինտրուզիայի և Չորրորդական լավաների հպման տեղում: Ջերմուկի ինտրուզիան ներկայացված է վաղ Օլիգոցենի մոնոցոնիտներով և մոնոցոդիորիտներով: Հորատված հորերը ցույց են տվել 60-62° C ջերմաստիճանը 600-650 մ խորություններում, իսկ երկրաջերմային աստիճանը տարբեր հորատնացքերում տատանվել է 4.5-ից մինչև 12.5 մ/°C սահմաններում: Ընդունված կարծիքով, Ջերմուկի աղբյուրների ջերմության աղբյուրն է հանդիսանում ինտրուզիվ ապարների տաքացած վիճակը:

Այդ ամենը վկայում է, որ Դալիդադի ինտրուզիան շարունակվում է դեպի հարավ, ընդհուպ մինչև Քարքարի տեղամասը և նույնիսկ ավելի հեռու հարավային ուղղությամբ, ինչը խոսում է *A* հիդրոջերմային մոդելի օգտին, որն ենթադրում է «փուլ-ապարտ» ավազանի սահմաններից դուրս տեղադրված՝ ջերմության դիֆուզային ընդարձակ աղբյուրի ներկայությունը՝ քվարցային մոնոցոնիտի մարմնի կամ ավելի խորը օբյեկտի կոնդուկտիվ պաղեցման հետ մեկտեղ:

Քվարց մոնոցոնիտների անոմալային ջերմացման պատճառը ըստ երևույթին կապված է Սյունիքի հրաբխային լեռնաշխարհի ինտրուզիվ և էֆուզիվ հրաբխականության տարածաշրջանային պրոցեսի առանձնահատկությունների հետ և քննարկվում է այս հաշվետվության մեջ հետագայում՝ հայցեկարգային մոդելին նվիրված բաժնում:

5.2. Մոդել B – Ջերմության տեղական աղբյուր

Հիդրոջերմային **B** մոդելում ենթադրվում է ջերմության տեղական աղբյուրի ներկայությունը հենց «*փուլ-ապարտ*» ավազանի ներսում՝ ճեղքավոր մոնոցոնիտի շերտի (FR) և լավաներով ու գետաբերուկային նստվածքներով լցված նստվածքային ավազանի (AL) սահմանի վրա: **B** մոդելի պարամետրականացումը ցույց է տվել, որ (FR) շերտում մեծ ջերմաստիճանով աղբյուրի ներկայությունը քիչ հավանական է, սակայն չի բացառվում, որ այնտեղ կարող է գտնվել փոքր ջերմաստիճանով ջերմության աղբյուր: Այնուհանդերձ, **B** մոդելի մեջ արված ենթադրություններում մնում են երկու տեսակի անորոշություններ, այդ թվում.

1. (QZ) շերտը չունի մեծ թափանցելիության կամ ճեղքավորության գոտի, որով ջերմությունը և տաքացած ջրերը կարող են բարձրանալ դեպի վերին շերտերը:

2. Ոչ ճեղքավոր մոնցոնիտների (QZ) շերտում գոյություն չունի մեծ ջերմաստիճանի որևէ աղբյուր, քանի որ (FR) շերտի սահմաններում գտնվող փոքր ջերմաստիճանի աղբյուրը տալիս է նույն արդյունք, ինչը և (QZ) շերտում գտնվող մեծ ջերմաստիճանի օջախը (QZ): Դա տեղի է ունենում այն պատճառով, որ (QZ) շերտը կարող է գործել որպես ջերմամեկուսիչ, սահմանափակելով ջերմության փոխադրումը:

Ընդհանուր առմամբ, հիդրոջերմային մոդելավորման եզրահանգումները B մոդելի նկատմամբ անշուշտ արդարացված են: Իսկապես քիչ հավանական է, որ փոքր դիմադրությունների գոտում, որը գրանցվում է բոլոր ՄՏ մոդելների տվյալներով (Գոտի 2), (AL) և (FR) շերտերի սահմանում գոյություն ունի մեծ ջերմաստիճանի ջերմության աղբյուր: Սակայն հնարավոր է, որ մեծ ջերմաստիճանի ջերմության աղբյուրը գտնվում է շատ ավելի խորը՝ QZ շերտում, իսկ ինքը QZ շերտը պարունակում է ճեղքավորման տեղական գոտի, որով դեպի վերին (AL) և (FR) շերտերը փոխադրվում է տաքացած ջուրը: Այդ ջուրը, խառնվելով մակերեսից ներթափանցած պաղ ջրերի հետ, ձևավորում է համեմատաբար ավելի ցածր ջերմաստիճան ունեցող՝ (FR) գոտու հորիզոնը:

Քննարկենք մոնցոնիտներում ճեղքավոր, թափանցելի գոտու ներկայության հնարավորությունը, որը կարողանար կատարել անցուղու դերը բարձր ջերմաստիճանի ջուր փոխադրելու համար:

Հորատանցք 4-ից 500 մ դեպի արևելք գտնվում է D1 իջույթը, որը, ըստ երևույթին, իրենից ներկայացնում է 3.5 կմ տրամագծով հրաբխային կալդերա /*հրաբխագոգ*/ (Նկար 4.43 a, b): Արևմտյան թևի վրա կալդերան պատռված է ռիոլիթների գմբեթով, որն ունի 1 000 × 600 մ չափը: Ռիոլիթային գմբեթը գտնվում է 2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ ուսումնասիրությունների տարածքների սահմաններում և Հորատանցք N4-ից 400 մ դեպի արևելք (1-ը Նկար 2.41-ում): Այդ ռիոլիթային գմբեթի ապարների ապարագիտական նկարագրությունը շատ նման է Դալիդադի ինտրուզիայի երրորդ փուլի ռիոլիթներին: Հենց D1 կալդերայի և ռիոլիթային գմբեթի տակ են ՄՏ տվյալները գրանցում առավել հզոր 2-րդ Շերտը՝ դիմադրությունների փոքր արժեքներով (Նկար 2.44): Անշուշտ, թե՛ ռիոլիթային գմբեթը և թե՛ ինքը կալդերան պատռում են մոնցոնիտի FZ և QZ շերտերը և կարող են ստեղծել ճեղքավորության գոտիներ: Տեղամասից 2-4 կմ հարավ, ուր կատարվել էին ՄՏ հետազոտությունները, գրանցվում է հյուսիս-հարավ ուղղությամբ ձգվող համակարգ՝ 21 Հոլոցենային հրաբուխներից, որոնք պետք է որ պատռած լինեին FZ և QZ մոնցոնիտային շերտերը (Նկար 2.44): 3D ՄՏ ուսումնասիրությունների տարածքից 800 մ դեպի Հս.-Արլ. հրաբխային կառույցների հարևանությամբ գտնվում են վաղ Միոցենի պորֆիրաձև գրանոդիորիտների էլքերը, որոնք վերագրվում են Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ փուլին: Ընդ որում, երկու դեպքերում էլ ինտրուզիաների էլքերը պատռված են Չորրորդական հրաբուխներով (Նկար 2.40): Հետևաբար, բազմաթիվ հրաբխային ապարատները, որոնցից շատերը ունեն հոլոցենային տարիք, ցուցադրում են մոնցոնիտի շերտի պատռման և ճեղքավորման գոտիների հավանական առկայության սկզբունքային հնարավորությունը:

“Փուլ-ապարտ” ավազանը ձևավորող խզվածքների առկայությունը և այդ կառույցը ընդգծող ծանրաչափական տվյալների պատկերը, որը ներկայացված է Նկար 2.38-ի վրա, նույնպես վկայում են խորը ներթափանցող ճեղքավորման և թափանցելիության գոտիների ներկայության հավանականության մասին: Հորատանցք 4-ից 800 մ դեպի արևելք, D1 իջույթի արևմտյան թևի վրա ակտիվ խզվածքներից մեկը արտահայտված է ուժեղ երկրաշարժի ժամանակ առաջացած՝ մակերևութային խզման սկարպով: Մակերևութային խզումը հատել է հնագույն մի դամբարան, որը թվագրվում է մ.թ.ա. XII-XI դարերով, և աջակողմյա կողաշարժով 8 մետրով տեղաշարժել է թե՛ ինքը դամբարանը, և թե՛ նրա պատը (Նկար 2.45): Հայաստանում ուժեղ երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների խորությունը տատանվում է 15-ից 20 կմ սահմաններում, ուստի “փուլ-ապարտ” կառուցվածքը ձևավորող ակտիվ խզվածքները մակերևութից տարածվում են առնվազն նման խորությամբ: “Փուլ-ապարտ” ավազան սահմանազատող խզվածքները գուգամիտման արդյունքում հաճախ ստեղծում են “ծաղկային” տեսքով կառույց և խորքում միանում են իրար “փուլ-ապարտ” ավազանի կենտրոնում (Նկար 1.20): Նմանը կարող էր տեղի ունենալ նաև Քարքարի “փուլ-ապարտ” ավազանում, իսկ կենտրոնական գոտին, ուր որ խզվածքները մոտենում են միմյանց (PDZ - principal displacement zone, կամ՝ «գլխավոր տեղաշարժի գոտի») կարող է հանդիսանալ այն անցուղին, որով հնարավոր է մակերևութային, չափավոր տաք ջրերի և խորքում գտնվող՝ ավելի բարձր ջերմաստիճանով աղբյուրի միջև կապի իրագործումը:

2004 և 2009 թվականների 2D ՄՏ հանույթների տվյալները մեծ նշանակություն ունեն նման ենթադրությունը հիմնավորելու տեսանկյունից: 2D ՄՏ և 3D ՄՏ հանույթների տվյալների հիման վրա կառուցված բոլոր մոդելներում Քարքարի “փուլ-ապարտ” ավազանի կենտրոնում գրանցվում է 4-րդ գոտին, որում դիմադրության արժեքները շատ մեծ են և հասնում են 2000 Օմ×մ (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.8, 2.12): Այդ գոտին բոլոր մոդելներում էլ մեկնաբանվում է որպես մոնոցոնիտի ինտրուզիա: Այնուամենայնիվ, տվյալ գոտու կենտրոնում ՄՏ տվյալները գրանցում են նաև 5-րդ Գոտին, որում դիմադրության արժեքները շատ ավելի ցածր են (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.8, 2.12): Փոքր դիմադրություններով 5-րդ գոտու ամենահավանական կառուցվածքային մեկնաբանության համաձայն, այն կարող է համապատասխանել “փուլ-ապարտ” ավազանը սահմանազատող խզվածքների գուգամիտման “ծաղկային” կառույցին (Նկարներ 2.6, 2.7, 2.8): “Գեոռիսկ/ՀՖՀ -2009” մոդելներում այդ գոտին ունի 500-400 Օմ×մ դիմադրության արժեքներ, իսկ “Նորդ-Վեստ-2004” և “Նորդ-Վեստ-2009” մոդելներում դիմադրությունները շատ ավելի փոքր են (Նկարներ 2.6, 2.7 և 2.8): 3D ՄՏ հանույթին համապատասխան կառուցված մոդելում՝ 5-րդ գոտին չափազանց ավելի թույլ է գրանցվում (Նկար 2.12): Այս հաշվետվության առաջին մասի 4.1.1 և 4.1.2 բաժիններում ապացուցվել է, որ 2004, 2009 և 2011 թվականների ՄՏ հանույթների բոլոր տվյալները փոխադարձաբար լավ համատեղելի են: 5-րդ գոտու համար գնահատվող երկրաչափության և դիմադրությունների արժեքների տարբերությունը բացատրվում է նրանով, որ մոդելները կառուցվել են տարբեր խորությունների համար: “Նորդ-Վեստ-2004” և “Նորդ-Վեստ-2009” մոդելները կառուցվել են մինչև 12 կմ խորությունը, “Գեոռիսկ/ՀՖՀ -2009” մոդելը՝ մինչև 6 կմ խորությունը, մինչդեռ 3D ՄՏ տվյալներով մշակված մոդելը տարածվել է մինչև 2 կմ խորությունը:

«Նորդ-Վեստ-2004» և «Նորդ-Վեստ-2009» մոդելներում հստակ գրանցվում է դիմադրության փոքր արժեքներով գոտին, որը գտնվում է «փուլ-ապարտ» ավազանի

կենտրոնական մասի վերևում և տարածվում է ավելի քան 12 կիլոմետր խորությամբ (Նկարներ 2.7 և 2.8): Ընդ որում, 4-5 կմ խորությունների վրա նրա դիմադրությունները պակասում են՝ մինչև 20-30 Օմ×մ: Նման պատկեր կարելի է մեկնաբանել, ենթադրելով, որ 4-ից 12 կմ խորությունում և ավելի խորը՝ «փուլ-ապարտ» ավազանի կենտրոնական մասում՝ գոյություն ունի ճեղքավորման և թափանցելիության գոտի: Ամենահավանական է, որ այդ ճեղքավորման գոտին հսկվում է «*ծաղկային*» կառույցի մեջ խորքում միացող՝ «*փուլ-ապարտ*» ավազանը սահմանագոտող խզվածքներով: Այդ գոտու դիմադրությունների փոքր արժեքները կարելի է մեկնաբանել խորքից եկող տաքացած ջրերի փոխադրումով: Բոլոր ՄՏ հետազոտությունների արդյունքները գրանցում են դիմադրությունների աճ մոտավորապես 2000-1500 մ խորությունների վրա: Հավանաբար, այդ խորություններում գոյություն ունի մեկուսիչ էկրան, որը մեկուսացնում է մակերևույթին մոտ գտնվող փոքր դիմադրությունների գոտին (2-րդ գոտի) փոքր դիմադրությունների խորքային գոտուց (5-րդ գոտի): Դժվար է ասել, թե որքան անթափանցելի է այդ էկրանը և արդյոք հնարավոր է ջրի շրջանառությունը 5-րդ և 2-րդ գոտիների միջև: Մի կողմից՝ 3D ՄՏ տվյալները ցուցադրել են փոքր դիմադրության գոտիների բացակայությունը 2000-1500 մ խորություններում՝ 2011թ հանույթի ամբողջ տարածքով մեկ: 5-րդ և 2-րդ գոտիների միջև մեծ դիմադրություններով մեկուսիչ շերտը նկատելի է նաև 2004թ ՄՏ տվյալներում (տես Նկար 2.6c): Մյուս կողմից էլ, ըստ 2D ՄՏ տվյալների «Նորդ-Վեստ-2009» և մասամբ՝ «Գեոռիսկ/ՀՖՀ-2009» մեկնաբանության Շերտ 2-ը իջնում է «փուլ-ապարտ» ավազանի կենտրոնական մասում՝ հենց 5-րդ գոտու վերևում (Նկարներ 2.6b, 2.7 b,c): Նույնիսկ 5-րդ և 2-րդ գոտիների միջև հաղորդակցման բացակայության դեպքում, մոնցոնիտի մեկուսիչ շերտը 2000– 500 մ խորությունների վրա կարող է բավականաչափ տաքացած լինել, որպեսզի հանդես գա ջերմության լրացուցիչ տեղական աղբյուրի դերում:

Հետևաբար, երկրաբանական և ՄՏ տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառուցվածքի կենտրոնական մասի տակ թափանցելի անցուղու ներկայության հնարավորությունը: Ամենայն հավանականությամբ, ճեղքավորման այդ գոտին վերահսկվում է «*փուլ-ապարտ*» ավազանը սահմանագոտող՝ խորքում զուգամիտող և «*ծաղկային*» կառուցվածք ձևավորող խզվածքներով: Այդ գոտու փոքր դիմադրությունները կարելի է մեկնաբանել որպես տաքացած ջրի փոխադրում խորքից: ՄՏ ուսումնասիրությունների տվյալները հուշում են, որ 2000-1500 մ խորության վրա կարող է ներկա լինել մի էկրան, որը մեկուսացնում է փոքր դիմադրությունների գոտին (2-րդ գոտի) փոքր դիմադրությունների խորքային գոտուց (5-րդ գոտի): Սակայն նույնիսկ 5-րդ և 2-րդ գոտիների միջև հաղորդակցման բացակայության դեպքում մոնցոնիտի մեկուսիչ շերտը 2000– 500 մ խորությունների վրա կարող է բավականաչափ տաքացած լինել, որպեսզի հանդես գա ջերմության լրացուցիչ տեղական աղբյուրի դերում:

Այդ հանգամանքները թույլ են տալիս կարծելու, որ ջերմության տեղական աղբյուրի B մոդելը կարող է հավանական լինել, այն պայմանով, որ QZ շերտում, ավելի խորը քան 2000 մ վրա, գոյություն ունի ջերմության տեղական՝ մեծ ջերմաստիճանի աղբյուր:

Հավանական է նաև, որ կարող է գոյություն ունենալ երկու մոդելների՝ A-ի և B-ի համադրությունը: Այդ դեպքում հիմնական ջերմության աղբյուրը գտնվում է Քարքարի

տեղամասի սահմաններից դուրս, իսկ “փուլ-ապարտ” ավազանի կառույցը ձևավորում է ջերմության լրացուցիչ՝ տեղական աղբյուրը:

5.3. Հայեցակարգային մոդել

5.3.1. Տարածաշրջանային մոդել Սյունիքի շրջանի համար

Ընդհանուր առմամբ, ուսումնասիրվող ամբողջ շրջանի երկրաջերմային ներուժի գնահատման համար հետաքրքիր և շատ կարևոր առանձնահատկությունն է ինտրուզիվ և էֆուզիվ մագմատիզմի պրոցեսների համատեղ արտահայտվածությունը: Քարքարի տեղամասում՝ 1.5-10 կմ խորություններում ներդրվել է խոշոր ինտրուզիա: Ավելի խորը հատվածում ինտրուզիան բաժանված է երկու մասերի /բլոկների/ “փուլ-ապարտ” ավազանը սահմանազատող ակտիվ խզվածքների համակարգով: ՄՏ հանույթի մեկնարանությունը թույլ է տալիս ենթադրել, որ խզվածքներով մասնատված տեղամասը հանդիսանում է ուղղաձիգ թափանցելի մի անցուղի, որը կարող է ապահովել մակերևույթից ներթափանցած ջրերի փոխադրումը դեպի խորքը և տաք ֆլուիդների բարձրացումը դեպի մակերևույթը:

Թափանցելի անցուղու մակերևույթ դուրս գալու գծի եկայնքով ներդրվել է ռիոլիթային ինտրուզիան և բաշխվել են Պլեյստոցենի և Հոլոցենի շրջաններում տեղի ունեցած հրաբխային ժայթքումների բազմաթիվ կենտրոնները:

Դա թույլ է տալիս ենթադրել, որ “փուլ-ապարտ” կառույցի խզվածքներով ստեղծված թափանցելի ուղղաձիգ անցուղին կապակցված է Դալիդադի ինտրուզիայի երկու փուլերի (35-22 Ma հասակի) և ռիոլիթների էքստրուզիայի տեսքով՝ երրորդ փուլի (3 Ma հասակի) ներդրման հետ: Նույն ուղղաձիգ թափանցելի գոտում՝ ավելի ուշ փուլում (1.5-0.01 Ma) ձևավորվել են Պլեյստոցենային և Հոլոցենային հրաբուխների արտավիժման անցուղիները:

Ինտրուզիվ և էֆուզիվ /արտաժայթքման/ հրաբխականության նման համադրության մյուս օրինակի մասին խոսվում է Աբովյանի և Մալխասյանի հոդվածում (1961): Քարքարի տեղամասից 10 կմ արևմուտք ձևավորվել է գրանոսիենիտային ինտրուզիայի փոքր ելք՝ 2.2×1.9 կմ չափերի: Ինտրուզիան պատռվել է Չորրորդական հրաբուխով, որից պահպանվել է խառնարանը և նրա ներսում՝ կենտրոնական նեկր: Խառնարանից դեպի Հվ.-Արլ. հոսել է լավային հոսք՝ 5 կմ երկարությամբ և 1 կմ լայնությամբ: Աբովյանի և Մալխասյանի (1961) կարծիքով ինտրուզիայի ապարները նման են Ջերմուկի և Դակիդադի ինտրուզիաների հարավային վերջավորության գրանոսիենիտներին:

Դալիդադի և Մեղրիի խոշոր ինտրուզիաները և նրանց միջև գտնվող մի շարք բազմաթիվ մանր ինտրուզիաներ ու էքստրուզիաները ուրվագծում են հստակ, միջօրեականային կողմնորոշմամբ գոտի (Նկար 2.46): Այդ գոտու ներկայությունը և Հարավային Հայաստանի գեոդինամիկայում, մագմատիզմում և մետաղագոյացման մեջ նրա կարևոր դերը նշում էին Մելիքսետյանը և համահեղինակները (1975): Ինտրուզիաներով հագեցած միջօրեականային գոտին հյուսիսում (կարմիր գույն Նկար 2.47-ում) միանում է Սյունիքի լեռնաշխարհի Չորրորդական հրաբխականության

ինտենսիվ զարգացման տարածքի հետ, որի կենտրոնում գտնվում են Քարքարի և Ջերմադրյուրի տեղամասերը: Ինտրուզիվ և էֆուզիվ հրաբխականության զարգացման միջօրեականային գոտին երկու կողմերից սահմանազատվում է խոշոր խզվածքներով: Արևելյան կողմը ներկայացված է Փամբակ-Սևանի խզվածքով, որը և ձևավորել է “փուլ-ապարտ” ավազանի կառուցվածքը Քարքարի տեղանքում: Միջօրեականային գոտու և նրան սահմանազատող խզվածքների հետ տարածականորեն կապակցված են հայտնի ջերմային աղբյուրները, այդ թվում. Ջերմադրյուրը (32°C), Ջերմաջուրը (72°C), Ջերմուկը (64.5°C), Ույծը (52°C) և Որոտանը (42°C) (Նկար 2.47):

Քարքարի տեղամասի անմիջական հարևանությամբ գտնվող հրաբուխների ռիոլիթների անալիզները (Նկար 2.47), որոնք կատարվել են 2009թ Լիդսի համալսարանում (Մեծ Բրիտանիա) և ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ-ում, ցույց են տվել նմուշներում ոչ կոհերենտ, լիթոֆիլային տարրերի՝ Rb-ի, Th-ի, U-ի, Cs-ի, Pb-ի և Sr-ի, և մեծ լիցք ունեցող տարրերի՝ Zr-ի, Hf-ի, Nb-ի և Ta-ի համեմատաբար մեծ պարունակություններ:

Լիթոֆիլային *Pb, Sr, Ba, Th, U* և մեծ լիցքի *Zr, Hf, Ta, Nb* տարրերի բաշխման բնույթը տարածաշրջանում լայն տարածված հրաբխային ապարների բազալտոիդային խմբի մեջ (տեֆրիտներ, բազալտներ, տրախիբազալտներ) վկայում է այն մասին, որ նրանց ծագումը կապված է մանտիայի մետասոմատիկորեն հարստացված օջախի հետ, որն իր պարամետրերով տարբեր է Արագածի և Գեղամի հրաբխականության օջախներից:

Բազալտոիդների ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70411-0.70476$) և ռիոլիթների ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70493-0.70593$) իզոտոպային նիշերի տատանումները վկայում են ամբողջ շրջանի էֆուզիվ հրաբխականության կապի մասին մանտիայում գտնվող օջախի հետ, իսկ ռիոլիթային էքստրուզիաների դեպքում կարելի է գրանցել երկրակեղևի աննշան մասնակցությունը:

Մեր կարծիքով, մեկնաբանության ժամանակ կարևոր է ի նկատի ունենալ, որ ինտրուզիվ, էքստրուզիվ և էֆուզիվ հրաբխականության ինտենսիվ զարգացման միջօրեականային գոտին կապված է մանտիայում գտնվող օջախի հետ: Վերջին տարիներին հրապարակվել են բազմաթիվ աշխատություններ, որոնցում նշվում է արևելյան Անատոլիայում, Կովկասում և Իրանում վերին մանտիայի բարձրացման լոկալ գոտիների ներկայությունը (Al-Lazki et al., 2003; Toksoz et al., 2007; Zor, 2008; Ozacar et al., 2008): Այդ աշխատությունները հիմնված են սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի մեթոդի կիրառման վրա, մինչդեռ նրանց արդյունքները ցույց են տալիս, որ Սյունիքի հրաբխային լեռնաշղթայի շրջանում գոյություն ունի վերին մանտիայի տեղական բարձրացման տարածք, որտեղ և տեղակայված է ինտրուզիվ, էֆուզիվ և էքստրուզիվ հրաբխականության ինտենսիվ զարգացման միջօրեականային գոտին (Նկարներ 2.48, 2.49): Դրանից շատ ավելի վաղ Օռովեցկին և Եգորկինան (1983), հիմնվելով ՄՈՅ3 մեթոդով կատարված սեյսմիկ հետախուզության տվյալների վերլուծության վրա, եկան այն եզրակացության, որ կենտրոնական Հայաստանում առկա է խորքային մագմատիկ դիապիր, որն ունի մեծ երկրաջերմային ներուժ:

Ելնելով վերևում շարադրվածից, կարելի է առաջարկել հետևյալ հայեցակարգային մոդել Քարքար և Ջերմադրյուր տեղամասերի շուրջ գտնվող շրջանների համար: 40-50 կմ խորության վրա գտնվում է մագմային օջախ, որը կապակցված է անոմալ աստիճանով բարձր վերին մանտիայի հետ: Մագմային օջախը հանդիսացել է 0-12 կմ խորություններում Դալիդադի ինտրուզիայի առաջին և երկրորդ փուլերի ներդրման աղբյուրը (Նկար 2.50): Առաջին և երկրորդ փուլերի ներդրման տարիքը գնահատվում է 35-22 Ma միջակայքով: Շուրջ 3 Ma /միլիոն տարի/ առաջ տեղի է ունեցել ռիոլիթային

էքստրուզիաների ներդրումը, որոնց գմբեթներից մեկը գտնվում է հենց Քարքարի տեղամասում: Շատ հավանական է, որ ներդրման բոլոր երեք փուլերի համար կարող էին գոյություն ունենալ միջանկյալ մագմային օջախներ (Նկար 2.50):

Հյուսիսից Դալիդադի ինտրուզիան սահմանազատված է Տերտերի խզվածքով, իսկ հարավից՝ Փաբակ-Սևանի խզվածքով: Ակտիվ կողաշարժային ձևախախտումները Փամբակ-Սևանի խզվածքի երկայնքով հանգեցրին Քարքարի տեղամասում “փուլ-ապարտ” կառուցվածքի ձևավորմանը և ստեղծեցին ուղղաձիգ թափանցելի անցուղի, որով տեղի ունեցան հրաբխային ժայթքումները Պլյեստոցենում (1.5 Ma) և Հոլոցենում (0.001Ma) (Նկար 2.50):

Դա վկայում է նույն տարածաշրջանի սահմաններում կենտրոնացող մագմային և տեկտոնական պրոցեսների երկարատև զարգացող կապակցության մասին:

Հետևաբար Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը կազմում են խոշոր տեկտոնամագմային կապակցության միայն մի փոքր մասը: Բացասական գրավիտացիոն անոմալիայի մակերեսը, որը կարող է ուրվագծել Դալիդադի ինտրուզիայի տարածումը, կազմում է 420-430 կմ²: Գնահատումների համաձայն այդ մագմատիկ կառուցվածքի ծագումը տեղի է ունեցել 35 միլիոն տարի առաջ, իսկ նրա ակտիվությունը շարունակվել է համարյա մինչև ներկա ժամանակները (5-6 հազար տարի առաջ): Ամենայն հավանականությամբ, Հոլոցենային հրաբուխների վերջին ժայթքումները տեղամասում ունեցել են պատմականին մոտ տարիք, քանի որ այդ լավաները ծածկել են ժայռապատկերները: Երկրաքիմիական առանձնահատկությունները, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr իզոտոպային նիշերը, ինչպես նաև սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի տվյալները վկայում են այն մասին, որ ինտրուզիվ և էֆուզիվ մագմատիզմի ներդրման անցուղիները կապակցված են մանտիայի հետ: Փամբակ-Սևանի խզվածքի և “փուլ-ապարտ” կառուցվածքի ակտիվությունը պահպանվել է առ այսօր, իսկ նրա ներթափանցման խորությունը, ըստ սեյսմաբանական տվյալների, կազմում է առնվազն 15 կմ: Տեկտոնամագմային կապակցության սահմանները նշվում են ջերմային աղբյուրների ելքերով՝ Իստի-սուի, Ջերմաղբյուրի և, հավանաբար, Ջերմուկի, Ույծի և Որոտանի շրջանում: Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասում գրանցվում են ապարների ինտենսիվ հիդրոջերմային փոփոխման հետքեր, կապված հետ-հրաբխային պրոցեսների՝ սոլֆատարանների և ֆումարոլների ազդեցության հետ:

Այդ ամենը խոսում է խոշոր կառույցի ներկայության մասին, որի համար բնորոշ է տեկտոնամագմային երկարատև էվոլյուցիա և որի մագմային ակտիվությունը դրսևորվել է դեռ մի քանի հազար տարի առաջ, իսկ տեկտոնականը և հիդրոջերմայինը պահպանվել են առ այսօր: Հետևաբար այդ ամբողջ տարածքի երկրաջերմային ներուժը կարող է բավականին մեծ լինել և անշուշտ այն դուրս է գալիս հեռու Քարքար և Ջերմաղբյուր տեղամասերի սահմաններից: Նման խոշոր և երկարատև տեկտոնամագմային զարգացմամբ կառույցի առկայությունը ի վիճակի է ապահովելու երկրակեղևի մեծ հատվածի տաքացումը՝ սկսած հյուսիսում գտնվող Ջերմաղբյուրի աղբյուրներից մինչև հարավում գտնվող Ույծ-Որոտանի ջերմային աղբյուրները, ինչը հաստատում է Քարքարի տեղամասի սահմաններում ջերմության դիֆուզիայի աղբյուրով՝ հիդրոջերմային A մոդելը:

2.51-2.55-րդ Նկարներում ներկայացվում են խոշոր երկրաջերմային հանքավայրերի հայեցակարգային մոդելների օրինակներ, որոնք իրենց տեկտոնամագմային պայմաններով մոտ են Սյունիքի շրջանին:

5.3.2. Տեղական մոդել Քարքարի տեղամասի համար

2004, 2009 և 2011 թվականներին իրականացված երկրաբանական և երկրաֆիզիկական հետազոտությունների արդյունքները թույլ են տալիս առաջարկել հայեցակարգային մոդել Քարքարի տեղամասի համար: Քարքարի տեղամասը գտնվում է երկարատև զարգացման պատմություն ունեցող՝ Դալիդադ-Սյունիքի խոշոր մագմային կառույցի հարավային կողմի վրա: Երկրաքիմիական առանձնահատկությունները և սեյսմիկ տոմոգրաֆիայի տվյալները վկայում են այն մասին, որ Դալիդադ-Սյունիքի կառույցի ինտրուզիվ և էֆուզիվ մագմատիզմի ներդրման անցուղիները կապակցված են մանտիայի հետ:

Քարքարի տեղամասը տեղակայված է Փամբակ-Սևանի ակտիվ խոզվածքով ձևավորած՝ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի արևմտյան թևի սահմաններում: Ըստ հորատման տվյալների, երկրաբանական հետազոտությունների, ՄՏ և ծանրաչափական հանույթներից ստացված տեղեկությունների, Քարքարի տեղամասի սահմաններում կարելի է անջատել հետևյալ կառուցվածքային միավորները:

1. **Շերտ 1-ը (AL)** տարածվում է մակերևույթից մինչև 250-500 մ խորությունը և ներկայացված է մեծ դիմադրություններ ունեցող ապարներով (հարյուրավոր և հազարավոր Օմ×մետրեր): Ըստ երևույթին, շերտը համապատասխանում է Չորրորդական լավաներով և գետաբերուկային նստվածքներով լցված ավազանին, ինչի մասին վկայում են և՛ ծանրաչափական մոդելը, և՛ Հորատանցք 4-ի կտրվածքի նկարագրությունը: Շերտի ամենամեծ հզորությունը և մեծագույն դիմադրությունները գրանցվում են D1 իջույթի արևելյան շրջանակում՝ Պլեյստոցենային հրաբուխների ձևավորման տեղամասերում (Նկարներ 2.56);
2. **Շերտ 2-ը (FR)** տարածվում է 300-1000 մ խորությունների միջակայքում (400-700մ հզորությամբ): Շերտ 2-ը ներկայացված է փոքր դիմադրություններ ունեցող ապարներով՝ 10-20 Օմ×մ: Նվազագույն դիմադրության արժեքները և առավելագույն հզորությունը Շերտ 2-ի մեջ գրանցվում են D1 իջույթում: Շերտ 2-ը մեկնաբանվում է որպես ճեղքավոր քվարցային մոնոցոնիտների գոտի՝ ցածր շերմաստիճանի, հանքայնացված ջրերի հնարավոր պարունակությամբ (Նկար 2.56);
3. **Շերտ 3-ը (QZ)** լցնում է Շերտ 2-ի և Շերտ 4-ի միջև եղած տարածությունները, տարածվում է 1000-3000մ խորությունների միջակայքում (Նկար 2.56): Շերտի հզորությունը «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառուցվածքի կենտրոնում կազմում է շուրջ 500-800 մ: Արևելքում Շերտ 2-ը բարձրանում է երկրի մակերևույթի ուղղությամբ և նրա հզորությունը կազմում է պակաս քան 1 կմ, իսկ արևմուտքում շերտը սուզվում է մինչև 3-4.5 կմ խորությունը: Շերտը բնութագրվում է 200-ից մինչև 50 Օմ×մ դիմադրության արժեքներով և մեկնաբանվում է որպես ճեղքավոր քվարցային մոնոցոնիտ: Շերտի կարևոր առանձնահատկությունն է այն, որ

նրա ստորին սահմանը /հատակը/ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կենտրոնում իջնում է մինչև 2500 մ խորությունը, իսկ արևմուտքում՝ Ջերմադրյուրի աղբյուրի շրջանում՝ մինչև 4 կմ խորությունը (Նկար 2.56):

4. **Շերտ 4-ը (MZ)** – Շերտը բացահայտվում է որպես Շերտ 5-ով բաժանված երկու խոշոր բլոկ (Նկար 2.56): 2D և 3D մոդելների համաձայն բլոկների վերին սահմանը գրանցվում է մոտ 1500–1800 մ խորության վրա: Ստորին սահմանը բարդ է որոշել, քանի որ արևմուտքում շերտը տարածվում է մինչև 10-12 կմ խորությունը, ուր հավանաբար վերջանում է: Շերտ 4-ը ներկայացված է շատ մեծ դիմադրություններ ունեցող ապարներով (1000-2500 Օմ×մ): Բոլոր երեք մոդելներում գրանցվում է դիմադրության արժեքների աստիճանական աճ՝ Շերտ 4-ի արտաքին սահմաններից դեպի նրա ներքին մասերը (Նկար 2.56): Շերտ 4-ը կարող է մեկնաբանվել որպես միաձույլ, ջրով չհագեցած ինտրուզիայի բլոկներ:
5. **Շերտ 5-ը (PDZ)** – «ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ» մոդելի համաձայն այդ շերտը ուղղահայաց կողմնորոշում ունի, իսկ «Նորդ-Վեստ» մոդելի համաձայն այն թեքված է դեպի արևելք: Շերտը գրանցվում է մինչև 3 կմ խորությունը և շորունակվում է ավելի խորը հատվածում՝ ավելի քան 10 կմ խորությամբ (Նկար 2.56): Բարձրանալով դեպի մակերևույթը, Շերտ 5-ը միանում է Շերտ 3-ի և Շերտ 2-ի հետ՝ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառույցի կենտրոնում՝ մոտ 3 կմ խորության վրա:

ՄՏ մեկնաբանությունների բոլոր մոդելները նույն ձևով են անջատում 1-ից 4-րդ շերտերի երկրաչափությունը և գնահատում են նրանց դիմադրությունները մոտ արժեքներով: Տարաձայնությունները ծագում են Շերտ 5-ի համար դիմադրությունների գնահատման ժամանակ: Ըստ էության, 3D ՄՏ տվյալները բացահայտել են Շերտ 5-ի միայն ամենավերին հատվածները, քանի որ այդ հանույթի մեկնաբանությունը սահմանափակվել և հատվել է 2-2.5 կմ խորությունների վրա (Նկար 2.12):

2009թ «ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ» մոդելը մեկնաբանել է Շերտ 5-ի երկրաչափությունը որպես ուղղահայաց կողմնորոշված, իսկ դիմադրությունները այդ շերտում գնահատել է 500 - 800 Օմ×մ արժեքներով (Նկար 2.6 b):

«Նորդ-Վեստ-2009» մոդելում շերտի երկրաչափությունը համարվել է թեքված դեպի արևելք, իսկ 3-5 կմ խորություններում դիմադրության արժեքները գնահատվել են 20×30 Օմ×մ արժեքներով (Նկար 2.7b,c): “Նորդ-Վեստ-2004” մոդելում դիմադրությունները Շերտ 5-ում նույնպես գնահատվել են 20×30 Օմ×մ արժեքներով (Նկար 2.6c):

«Նորդ-Վեստ»-ի 2009թ և 2004թ մոդելներում Շերտ 5-ը դիտվել է իբրև խորքային հաղորդիչ անցուղի, որով ջերմակիր ֆլյուիդը բարձրանում է խորքում գտնվող օբյեկտից դեպի մակերևույթ: Եթե ընդունենք Շերտ 5-ի համար դիմադրությունների փոքր արժեքներ, ապա նրա ընդհանուր երկրաչափությունը իսկապես կարող է մեկնաբանվել «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կողմերը սահմանազատող խզվածքների գուգամիտման տեղում թափանցելի ճեղքավոր հաղորդիչ գոտու ներկայության գաղափարով:

Ուստի, Քարքարի տեղամասի համար ներկայումս կարելի է առաջարկել երկու փոքր ինչ տարբեր հայեցակարգային մոդելներ: Երկու մոդելներն էլ նույն աստիճանով են հաշվի առնում 3D ՄՏ և ծանրաչափական հանույթի, ինչպես նաև հիդրոջերմային մոդելավորման արդյունքները, բայց օգտագործում են 2009 և 2004 թվականների 2D ՄՏ տվյալների տարբերվող մեկնաբանությունները:

Քարքարի A մոդելը հաշվի է առնում 2D ՄՏ մեկնաբանությունը ըստ «ԳԵՈՌԻՄԿ/ՀՖՀ» մոդելի և նախատեսում է փոքր դիմադրության արժեքների բացակայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ): Այդ դեպքում Քարքարի A մոդելը նախատեսելու է միմիայն ջերմության դիֆուզային աղբյուրը (հիդրոջերմային մոդել A) և գնահատելու է Շերտ 2-ը (FZ) որպես համեմատաբար տաք ջրերով (պակաս քան 100°C) մի ռեգերվուար: Քարքարի A մոդելում անոմալ տաքացած վիճակում կարող է գտնվել քվարցային մոնոցնիտը Շերտ 4-ում (MZ) և Շերտ 5-ում (PDZ): Ընդ որում, Շերտ 4-ում և Շերտ 5-ում կարող է ներկա չլինել տաք ջրերի հորիզոնը, իսկ անոմալային տաքացվածությունը կապված կլինի հենց մոնոցնիտների զանգվածի հետ: Քարքարի A մոդելը ներկայացված է Նկար 2.57-ում:

Քարքարի B մոդելը հաշվի է առնում 2D ՄՏ մեկնաբանությունը ըստ 2004թ և 2009 թ «Նորդ-Վեստ» մոդելների և նախատեսում է ցածր դիմադրության արժեքների՝ 20-30 Օմ×մ՝ ներկայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ): Այդ դեպքում Քարքարի B մոդելը նախատեսելու է տեղական մեծ ջերմաստիճանով ջերմության աղբյուրի ներկայությունը Շերտ 5-ում (PDZ): Ընդ որում, եթե Շերտ 3-ը (QZ) լինելու է թափանցելի, ապա Շերտ 2-ը (FZ) կարող է գնահատվել որպես մեծ ջերմաստիճանների ջրերով ռեգերվուար (ավելի քան 200°C): Իսկ եթե Շերտ 3-ը (QZ) թափանցելի չի լինելու, ապա Շերտ 2-ը (FZ) կունենա ոչ շատ տաք ջրեր (պակաս քան 100°C), իսկ մեծ ջերմաստիճաններով ջրերը Շերտ 5-ում մեկուսացված կլինեն Շերտ 3-ով (QZ): Քարքարի B մոդելը ներկայացված է Նկար 2.58-ում:

Բացառված չէ, որ կարող է գոյություն ունենալ երկու մոդելների՝ A-ի և B-ի համադրությունը, և Քարքարի տեղանքում կարող է ներկա լինել թե՛ ջերմության դիֆուզային աղբյուր, որն ապահովվում է Դալիդադի-Սյունիքի մագմային կառույցի սահմաններում մոնոցնիտների տարածաշրջանային տաքացմամբ, թե՛ առաջինի հետ համատեղված՝ մեծ ջերմաստիճանների տեղական աղբյուր, որը գտնվում է Շերտ 5-ում:

Նկարներ 2.59-2.60-ում ներկայացվում են Քարքարի տեղամասին նման երկրաջերմային հանքավայրերի հայեցակարգային մոդելների օրինակներ:

5.3.3. Հետախուզական հորի հորատման տեղի ընտրությունը

Հորատանցք 4-ում ջերմաստիճանների անոմալային գրադիենտը, ձեռքավոր հրաբխային ինտրուզիայի ներկայությունը և նեղ՝ Հս.-Հվ. ուղղությամբ ձգվող «փուլ-սպարտ» ավազանի առկայությունը Քարքարի տեղամասի սահմաններում ընդհանուր

առմամբ ստեղծում են պայմաններ տաք ջրերի խորքից դեպի մակերևույթ՝ թափանցելի ճեղքերի երկայնքով՝ արագ փոխադրման համար: Հնարավոր է, որ այդ ճեղքային հոսքը հսկվում է խզվածքներով, որոնք սահմանազատում են «*փուլ-սպարտ*» ավազանը: Հորատանցք 4-ում 340 մ խորության վրա գրանցվող ջրատար գոտին կարող է արտացոլել այդպիսի բարձրացող ֆլուիդիների և մակերևույթային ջրերի խառնման գոտիները:

1988-1990թ կատարված հետազոտությունների տվյալները, 2004թ ՄՏ խորագնման արդյունքները, ինչպես նաև 2D և 3D ՄՏ և 2011թ ծանրաչափական հանույթների տվյալները վկայում են Քարքարի տեղամասի սահմաններում հետախուզական հորատման իրականացման հեռանկարության մասին:

Ծանրաչափական և ՄՏ մոդելավորման ժամանակ անջատված խոշոր օբյեկտները, հորատանցքերում արված դիտարկումների հետ միասին, նշում են, որ մակերևույթից ներթափանցող ջուրը կարող է ավազանի սահմաններում շրջանառությամբ հասնել զգալի խորություններին: Հորատանցք 4-ում դիտվող անոմալային գրադիենտը բացատրելու համար հարկավոր է, որպեսզի խորքում լինի ջերմության աղբյուր: Սակայն պարզ չէ, արդյոք այդ ջերմության աղբյուրը գտնվում է խզվածքներով սահմանազատվող «*փուլ-սպարտ*» ավազանում, թե՛ նրա սահմաններից դուրս:

Ինչպես արդեն նշվել է, Քարքարի տեղամասի համար հայեցակարգային մոդելի ընտրությունը կարող է այնքան էլ միանշանակ չլինել: “Գեոոիսկ/ՀՖՀ-2009” և “Նորդ-Վեստ-2004” ու “Նորդ-Վեստ-2009 մոդելներում Շերտ 5-ի գոտու համար ստացվող տարբեր դիմադրության արժեքների հետևանքով իրականում կարող են գոյություն ունենալ A և B երկու “ենթամոդելներ” ջերմության աղբյուրների տարբեր գնահատականներով: Այդ երկու մոդելների ստուգման համար անհրաժեշտ է կատարել 2 գործողություն:

Առաջինը. 3D ՄՏ խորագնումները, որոնք կատարվել են “Վեստերն Ջիկո” ընկերության կողմից 2011թ, ունեն շատ բարձր որակ, սակայն “Վեստերն Ջիկո”-ն մոդելավորել է այդ տվյալները միայն մինչև 2 կմ խորությունը: Մինչդեռ այդ խորագնումները կարելի է օգտագործել համեմատաբար ավելի մեծ խորությունների համար, քան դա ներկայացվել էր “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունում, ավելի ստույգ ասած՝ մինչև 10-12 կմ խորությունները: Այդպիսի մեկնաբանությունը թույլ կտար Քարքարի տեղամասի համար ընտրություն կատարել A և B ենթամոդելների միջև: Հարկավոր է “Վեստերն Ջիկո”-ից ստանալ 3D մոդելի արդյունքները (դիմադրության մոդելավորված արժեքները որպես քարտեզագրված տեղադիրքի և խորության ֆունկցիա): Դա թույլ կտա ավելի ճշգրիտ կերպով համեմատել դիմադրության անոմալիաները մեծ խորությունում՝ մինչև հետախուզական հորատանցքերի հորատում սկսելը:

Երկրորդը. Խորհուրդ է տրվում հորատել երկու հետախուզական հոր:

Առաջին հետախուզական հորը: Քարքարի A մոդելը նախատեսում է ջերմության դիֆուզային աղբյուրի ներկայությունը Քարքարի տեղամասի սահմաններից դուրս և մոնցոնիտների զանգվածի անոմալ ջերմացումը: Քարքարի A մոդելը ստուգելու

համար հարկավոր է հետախուզական հոր հորատել Հորատանցք 4-ի շրջանում: Հետախուզական հորի խորությունը պետք է լինի ոչ պակաս քան 2 կմ: Նման հորի հորատումը թույլ կտա ստուգել բոլոր տվյալները, որոնք հավաքագրվել են 1988թ Հորատանցք 4-ի հորատման ժամանակ, ինչպես նաև կստուգի դիֆուզային A մոդելով նախատեսվող՝ մոնոցոնիտների անոմալային ջերմացման վարկածը: Առաջին հետախուզական հորի (B1) հորատման համար առաջարկվող տարածքը ներկայացված է Նկարներ 2.61-ում և 2.62-ում, $N39^{\circ}47'20.15''$, $E45^{\circ}55'32.24''$ կոորդինատներով տեղամասում: Հորի ավելի ճշգրիտ տեղադիրքը անհրաժեշտ կլինի հստակեցնել հորատելուց առաջ՝ նախազննական աշխատանքների կատարման ժամանակ:

Երկրորդ հետախուզական հորը: - Քարքարի B մոդելը նախատեսում է ջերմության տեղական աղբյուրի առկայությունը Շերտ 5-ում և մեծ ջերմաստիճանով ($200^{\circ}C$) ջրերի ներկայության հնարավորությունը Շերտ 2-ի ռեզերվուարում: Երկրորդ հետախուզական հորի հորատումը հարկավոր է նախատեսել D1 իջույթի սահմաններում՝ նրա արևելյան թևում, ուր մոտավորապես 8-1.2 կմ խորությունների վրա գրանցվում են ապարների դիմադրության նվազագույն արժեքները (10-20 Օմ×մ) Շերտ 2-ի մեջ: Հետախուզական հորի խորությունը պետք է լինի ոչ պակաս քան 1500-1800 մ: Երկրորդ հետախուզական հորի հորատումը թույլ կտա փորձարկել միաժամանակ մոդել A-ն և մոդել B-ն: Եթե երկրորդ հորի հորատման ժամանակ Շերտ 2-ի մեջ կհայտնվեն մեծ ջերմաստիճանի ջրեր, ապա դա կնշանակի, որ ճիշտ է B մոդելը, կամ որ գոյություն ունի A և B մոդելների մի համադրություն: Այդ դեպքում կարելի է հրաժարվել առաջին հետախուզական հորի հորատումից: Հետևաբար խորհուրդ է տրվում սկզբից հորատել երկրորդ հետախուզական հորը, իսկ դրանից հետո, անհրաժեշտության դեպքում հորատել թիվ առաջինը:

Առաջին հետախուզական հորի (B2) հորատման համար առաջարկվող տարածքը գտնվում է D1 իջույթի սահմաններում և ներկայացված է Նկարներ 2.61-ում և 2.62-ում, $N39^{\circ}47'15.34''$, $E45^{\circ}56'53.85''$ կոորդինատներով տեղամասում: Հորի ավելի ճշգրիտ տեղադիրքը անհրաժեշտ կլինի հստակեցնել հորատելուց առաջ՝ նախազննական աշխատանքների կատարման ժամանակ:

Եզրակացություն

2004, 2009, 2011 թվականների հետազոտությունների արդյունքների մեկնաբանությունը հանգել է հետևյալ հիմնական եզրակացություններին:

- Քարքարի տեղամասում գլխավոր կառուցվածքային առանձնահատկությունն է «փուլ-ապարտ» ավազանի խոշոր կառուցվածքի ներկայությունը, որը կողմերից սահմանազատվում է ակտիվ խզվածքների համակարգով: Ինտենսիվ ձգման լարումները, որոնք առաջանում էին «փուլ-ապարտ» ավազանի կառույցի ներսում, պայմանավորում էին Պլեյստոցենի և առավել ինտենսիվ՝ Հոլոցենի դարաշրջանի հրաբխականության զարգացումը և հավանական է, որ նպաստել էին երկրաջերմային ռեգերվուարի ստեղծման համար բարենպաստ գեոդինամիկական պայմանների ձևավորմանը:
- 7-10 ենթազուգահեռ խզվածքներից և լճերի ջրերով լցված՝ D1, D2 և D3 իջույթներից կազմված համակարգերը, որոնք սահմանազատում են «փուլ-ապարտ» ավազանի կողմերը, կարող են հանդիսանալ ամենաթափանցելի գոտիներ, որոնք ի վիճակի են ապահովելու մակերևույթից ներթափանցող ջրերի փոխադրումը դեպի խորքը, ինչպես նաև նրանց շրջանառությունը խորքում, ջերմության և զանգվածի փոխադրումը ավելի խորքային հորիզոններից և ջերմակրի պահոցների ձևավորումը:
- 2009թ և 2004թ 2D ՄՏ հանույթը, ինչպես նաև 2011թ 3D ՄՏ հանույթը կատարվել են երեք տարբեր խմբերի կողմից՝ Ռուսաստանից, ԱՄՆ-ից և Բուսալիայից: 2009թ ՄՏ տվյալները նույնպես անկախ ձևով մեկնաբանվել են ԱՄՆ-ից և Ռուսաստանից երկու խմբերի կողմից: Բոլոր մեկնաբանություններում ստացված արդյունքները մոտ են իրար, ինչը վկայում է թե՛ բոլոր ՄՏ հանույթների, և թե՛ նրանց մեկնաբանությունների հուսալիության մասին:
- 2011թ երկրաֆիզիկական հետազոտությունները թույլ տվեցին մշակել ծանրաչափական մոդելը, որը ցուցադրում է 300-1500 մ խորությամբ նստվածքային ավազանի ներկայությունը «փուլ-ապարտ» ավազանը սահմանազատող խզվածքների երկու ճյուղերի միջև:
- Հիդրոերկրաբանական մոդելավորումը թույլ է տվել մշակել ջերմության օջախի երկու մոդել: *A մոդելը* նախատեսում է «փուլ-ապարտ» ավազանի կառույցի սահմաններից դուրս գտնվող՝ ջերմության դիֆուզային աղբյուրի ներկայությունը:
- Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը կազմում են խոշոր, երկարատև տեկտոնամագմային էվոլյուցիայով տեկտոնամագմային կապակցության միայն փոքր մասը: Այդ կապակցության ակտիվությունը արտահայտվում էր դեռ մի քանի հազար տարի առաջ, իսկ տեկտոնականը և հիդրոջերմայինը՝ պահպանվել են առ այսօր: Ուստի, այդ ամբողջ տարածքի երկրաջերմային ներուժը կորոզ է բավականին մեծ լինել և դուրս գալ հեռու Քարքարի և Ջերմաղբյուրի

տեղամասերի սահմաններից: Սակայն այդ ներուժի ճիշտ գնահատման համար հարկավոր է կատարել լրացուցիչ հետազոտություններ:

- Հորատման, երկրաբանական ուսումնասիրությունների, ՄՏ և ծանրաչափական հանույթների տվյալներով, Քարքարի տեղամասի սահմաններում կարելի է անջատել հետևյալ կառուցվածքային միավորները:
 1. Շերտ 1-ը (AL) տարածվում է մակերևույթից մինչև 250-500 մ խորություն և ներկայացված է մեծ դիմադրություններ ունեցող ապարներով (հարյուրավոր և հազարավոր Օմ×մետրեր): Ըստ երևույթին, շերտը համապատասխանում է Չորրոդական լավաներով և գետաբերուկային նստվածքներով լցված ավազանին, ինչի մասին վկայում են և՛ ծանրաչափական մոդելը, և՛ Հորատանցք 4-ի կտրվածքի նկարագրությունը: Շերտի ամենամեծ հզորությունը և մեծագույն դիմադրությունները գրանցվում են D1 իջույթի և արևելյան շրջանակում՝ Պլեյստոցենային հրաբուխների ձևավորման տեղամասերում (Նկարներ 2.56);
 2. Շերտ 2-ը (FR) տարածվում է 300-1000 մ խորությունների միջակայքում (400-700մ հզորությամբ): Շերտ 2-ը ներկայացված է փոքր դիմադրություններ ունեցող ապարներով՝ 10-20 Օմ×մ: Նվազագույն դիմադրության արժեքները և առավելագույն հզորությունը Շերտ 2-ի մեջ գրանցվում են D1 իջույթում: Շերտ 2-ը մեկնաբանվում է որպես ճեղքավոր քվարցային մոնոցոնիտների գոտի՝ ցածր ջերմաստիճանի, հանքայնացված ջրերի հնարավոր պարունակությամբ (Նկար 2.56);
 3. Շերտ 3-ը (QZ) լցնում է Շերտ 2-ի և Շերտ 4-ի միջև եղած տարածությունները, տարածվում է 1000-3000մ խորությունների միջակայքում (Նկար 2.56): Շերտի հզորությունը «փուլ-ապարտ» ավազանի կառուցվածքի կենտրոնում կազմում է շուրջ 500-800 մ: Արևելքում Շերտ 2-ը բարձրանում է Երկրի մակերևույթի ուղղությամբ և նրա հզորությունը կազմում է պակաս քան 1 կմ, իսկ արևմուտքում շերտը խորասուզվում է մինչև 3-4.5 կմ խորությունը: Շերտը բնութագրվում է 200-ից մինչև 50 Օմ×մ դիմադրության արժեքներով և մեկնաբանվում է որպես ճեղքավոր քվարցային մոնոցոնիտ: Շերտի կարևոր առանձնահատկությունն է այն, որ նրա ստորին սահմանը /հատակը/ «փուլ-ապարտ» ավազանի կենտրոնում իջնում է մինչև 2500 մ խորությունը, իսկ արևմուտքում՝ Ջերմադրյուրի աղբյուրի շրջանում՝ մինչև 4 կմ խորությունը (Նկար 2.56):
 4. Շերտ 4-ը (MZ) – Շերտը բացահայտվում է որպես Շերտ 5-ով բաժանված երկու խոշոր բլոկ (Նկար 2.56): 2D և 3D մոդելների համաձայն բլոկների վերին սահմանը գրանցվում է մոտ 1500–1800 մ խորության վրա: Ստորին սահմանը բարդ է որոշել, քանի որ արևմուտքում շերտը տարածվում է մինչև 10-12 կմ խորությունը, ուր հավանաբար վերջանում է: Շերտ 4-ը

ներկայացված է շատ մեծ դիմադրություններ ունեցող ապարներով (1000-2500 Օմ×մ): Բոլոր երեք մոդելներում գրանցվում է դիմադրության արժեքների աստիճանական աճ՝ Շերտ 4-ի արտաքին սահմաններից դեպի նրա ներքին մասերը (Նկար 2.56): Շերտ 4-ը կարող է մեկնաբանվել որպես միաձույլ, ջրով չհագեցած ինտրուզիայի բլոկներ:

5. Շերտ 5-ը (PDZ) – «ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ» մոդելի համաձայն այդ շերտը ուղղահայաց կողմնորոշում ունի, իսկ «Նորդ-Վեստ» մոդելի համաձայն այն թեքված է դեպի արևելք: Շերտը գրանցվում է մինչև 3 կմ խորությունը և շորունակվում է ավելի խորը հատվածում՝ ավելի քան 10 կմ խորությամբ (Նկար 2.56): Բարձրանալով դեպի մակերևույթը, Շերտ 5-ը միանում է Շերտ 3-ի և Շերտ 2-ի հետ՝ «*փուլ-ապարտ*» ավազանի կառույցի կենտրոնում՝ մոտ 3 կմ խորության վրա:

Ուստի, Քարքարի տեղամասի համար ներկայումս կարելի է առաջարկել երկու փոքր ինչ տարբեր հայեցակարգային մոդելներ: Երկու մոդելներն էլ նույն աստիճանով են հաշվի առնում 3D US և ծանրաչափական հանույթի, ինչպես նաև հիդրոջերմային մոդելավորման արդյունքները, բայց օգտագործում են 2009 և 2004 թվականների 2D US տվյալների տարբերվող մեկնաբանությունները:

Քարքարի A մոդելը հաշվի է առնում 2D US մեկնաբանությունը ըստ «ԳԵՈՌԻՍԿ/ՀՖՀ» մոդելի և նախատեսում է փոքր դիմադրության արժեքների բացակայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ): Այդ դեպքում Քարքարի A մոդելը նախատեսելու է միմիայն ջերմության դիֆուզիային աղբյուրը (հիդրոջերմային մոդել A) և գնահատելու է Շերտ 2-ը (FZ) որպես համեմատաբար տաք ջրերով մի ռեզերվուար (պակաս քան 100°C): Քարքար A մոդելում անոմալ տաքացած վիճակում կարող է գտնվել քվարցային մոնցոնիտը Շերտ 4-ում (MZ) և Շերտ 5-ում (PDZ): Ընդ որում, Շերտ 4-ում և Շերտ 5-ում կարող է ներկա չլինել տաք ջրերի հորիզոնը, իսկ անոմալային տաքացվածությունը կապված կլինի հենց մոնցոնիտների զանգվածի հետ: Քարքարի A մոդելը ներկայացված է Նկար 2.57-ում:

Քարքարի B մոդելը հաշվի է առնում 2D US մեկնաբանությունը ըստ 2004թ և 2009 թ «Նորդ-Վեստ» մոդելների և նախատեսում է ցածր դիմադրության արժեքների՝ 20-30 Օմ×մ՝ ներկայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ): Այդ դեպքում Քարքարի B մոդելը նախատեսելու է տեղական մեծ ջերմաստիճանի ջերմության աղբյուրի ներկայությունը Շերտ 5-ում (PDZ): Ընդ որում, եթե Շերտ 3-ը (QZ) լինելու է թափանցելի, ապա Շերտ 2-ը (FZ) կարող է գնահատվել որպես մեծ ջերմաստիճանների ջրերով ռեզերվուար (ավելի քան 200°C): Իսկ եթե Շերտ 3-ը (QZ) թափանցելի չի լինելու, ապա Շերտ 2-ը (FZ) կունենա ոչ շատ տաք ջրեր (պակաս քան 100°C), իսկ մեծ ջերմաստիճաններով ջրերը Շերտ 5-ում մեկուսացված կլինեն Շերտ 3-ով (QZ): Քարքարի B մոդելը ներկայացված է Նկար 2.58-ում:

Բացառված չէ, որ կարող է գոյություն ունենալ երկու մոդելների՝ A-ի և B-ի համադրությունը, և Քարքարի տեղանքում կարող է ներկա լինել թե՛ ջերմության դիֆուզային աղբյուր, որն ապահովվում է Դալիդադի-Սյունիքի մագմային կառույցի սահմաններում մոնոցոնիտների տարածաշրջանային տաքացմամբ, թե՛ առաջինի հետ համատեղված՝ մեծ ջերմաստիճանների տեղական աղբյուր, որը գտնվում է Շերտ 5-ում:

- “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունը չափազանց արժեքավոր լրացում է Քարքարի շրջանի եկրաջերմային ներուժի մասին մեր գիտելիքներին: ՄՏ և ծանրաչափական տվյալների հավաքագրման և մշակման որակը համապատասխանում է ժամանակակից ամենաբարձր ստանդարտներին: Ամենալայն իմաստով, “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունը հանգում է այն եզրակացության, որ խզվածքներով սահմանազատվող ավազանի արևմտյան եզրում բաղահայտվում է փոքր դիմադրությունների բավականաչափ մեծ անոմալիա: Դիմադրությունների անոմալիայի տեղադիրքը համընկնում է քարտեզագրված խզվածքների հետ:
- 1988-1990 թվականներին իրականացված հետազոտությունները, 2004թ ՄՏ զոնդավորման արդյունքները, ինչպես նաև 2D և 2011թ 3D ՄՏ և ծանրաչափական հանույթների տվյալները վկայում են Քարքար տեղամասի սահմաններում հետախուզական հորատման կատարման հեռանկարության մասին:

Առաջարկությունները

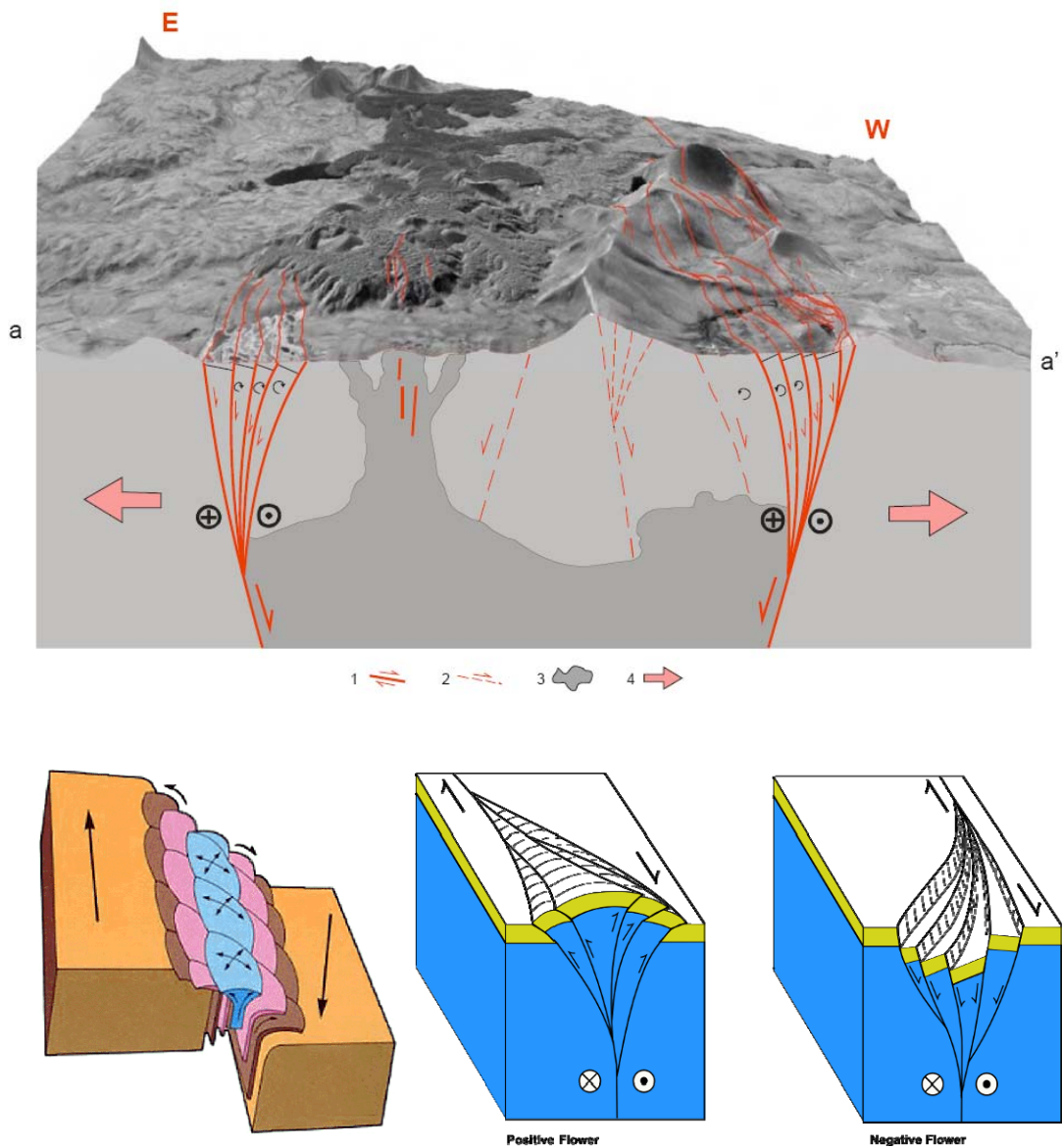
- 3D US գոնդավորումները, որոնք կատարվել են “Վեստերն Ջիկո” ընկերության կողմից 2011թ, ունեն շատ բարձր որակ, սակայն “Վեստերն Ջիկո”-ն մոդելավորել է այդ տվյալները միայն մինչև 2 կմ խորությունը: Մինչդեռ այդ խորագնումները կարելի է օգտագործել համեմատաբար ավելի մեծ խորությունների համար, քան դա ներկայացվել էր “Վեստերն Ջիկո”-ի հաշվետվությունում, ավելի ստույգ ասած՝ մինչև 10-12 կմ խորությունները: Այդպիսի մեկնաբանությունը թույլ կտար ընտրություն կատարել A և B ենթամոդելների միջև՝ Քարքարի տեղամասի համար: Հարկավոր է “Վեստերն Ջիկո”-ից ստանալ 3D մոդելի արդյունքները (դիմադրության մոդելավորված արժեքները որպես քարտեզագրված տեղադիրքի և խորության ֆունկցիա): Դա թույլ կտա ավելի ճշգրիտ կերպով համեմատել դիմադրության անոմալիաները մեծ խորությունում՝ մինչև հետախուզական հորատանցքերի հորատում սկսելը:
- Խորհուրդ է տրվում հորատել երկու հետախուզական հոր:

Առաջին հետախուզական հորը: Քարքարի A մոդելը նախատեսում է ջերմության դիֆուզային աղբյուրի ներկայությունը Քարքարի տեղամասի սահմաններից դուրս և մոնոցոնիտների զանգվածի անոմալ ջերմացումը: Քարքարի A մոդելը ստուգելու համար հարկավոր է հետախուզական հոր հորատել Հորատանցք 4-ի շրջանում: Հետախուզական հորի խորությունը պետք է լինի ոչ պակաս քան 2 կմ: Նման հորի հորատումը թույլ կտա ստուգել բոլոր տվյալները, որոնք հավաքագրվել են 1988թ Հորատանցք 4-ի հորատման ժամանակ, ինչպես նաև կատուզի դիֆուզային A մոդելով նախատեսվող՝ մոնոցոնիտների անոմալային ջերմացման վարկածը: Առաջին հետախուզական հորի (B1) հորատման համար առաջարկվող տարածքը ներկայացված է Նկարներ 2.61-ում և 2.62-ում, N39°47'20.15", E45°55'32.24" կոորդինատներով տեղամասում: Հորի ավելի ճշգրիտ տեղադիրքը անհրաժեշտ կլինի հստակեցնել հորատելուց առաջ՝ նախագննական աշխատանքների կատարման ժամանակ:

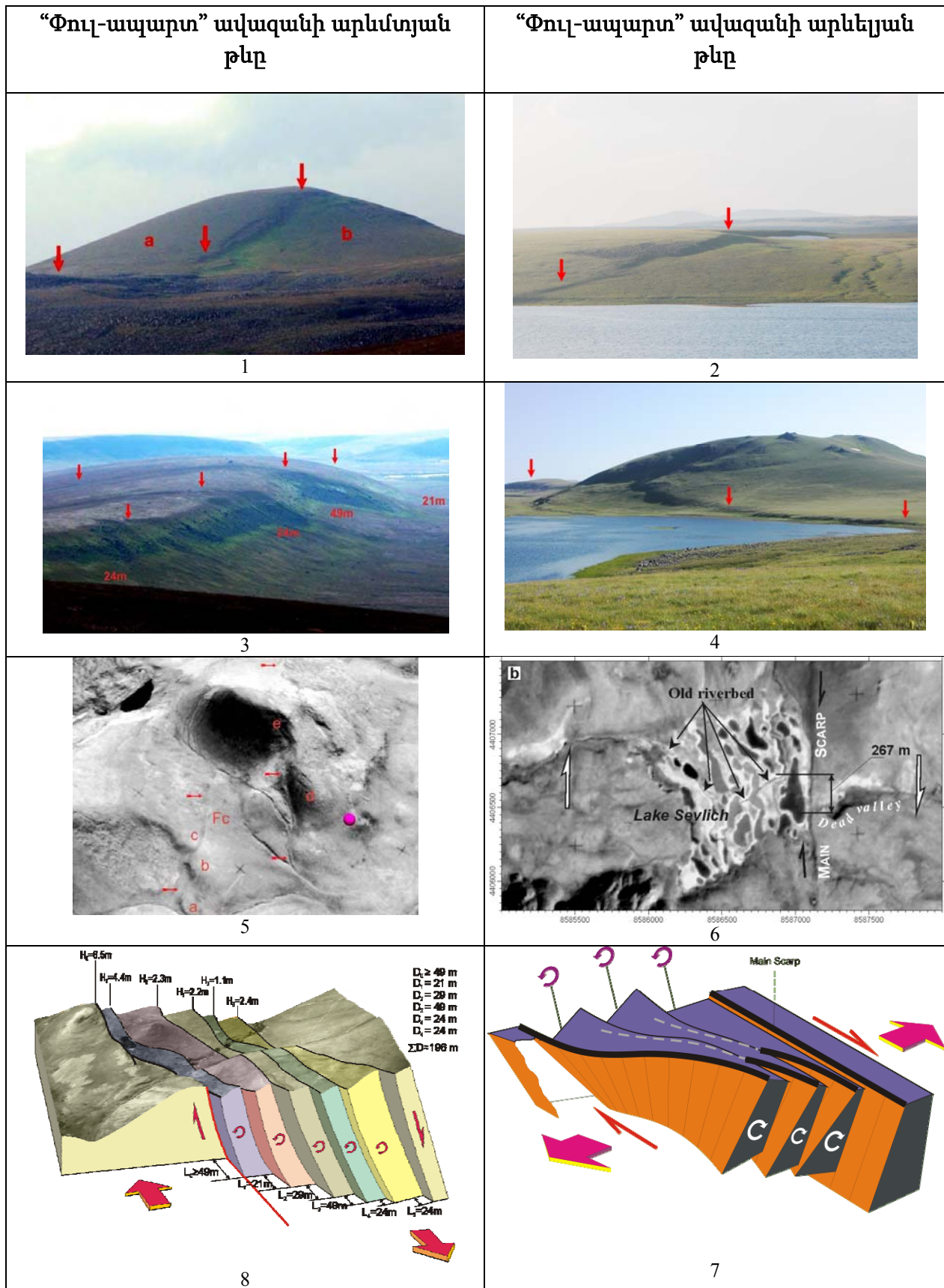
Երկրորդ հետախուզական հորը: - Քարքարի B մոդելը նախատեսում է ջերմության տեղական աղբյուրի առկայությունը Շերտ 5-ում և մեծ ջերմաստիճանով (200°C) ջրերի ներկայության հնարավորությունը Շերտ 2-ի ռեգերվուարում: Երկրորդ հետախուզական հորի հորատումը հարկավոր է նախատեսել D1 իջույթի սահմաններում՝ նրա արևելյան թևում, ուր մոտավորապես 8-1.2 կմ խորությունների վրա գրանցվում են ապարների դիմադրության նվազագույն արժեքները (10-20 Օմ×մ) Շերտ 2-ի մեջ: Հետախուզական հորի խորությունը պետք է լինի ոչ պակաս քան 1500-1800 մ: Երկրորդ հետախուզական հորի հորատումը թույլ կտա փորձարկել միաժամանակ մոդել A-ն և մոդել B-ն: Եթե երկրորդ հորի հորատման ժամանակ Շերտ 2-ի մեջ կհայտնվեն մեծ ջերմաստիճանի ջրեր, ապա դա կնշանակի, որ

Ճիշտ է B մոդելը, կամ որ գոյություն ունի A և B մոդելների մի համադրություն: Այդ դեպքում կարելի է հրաժարվել առաջին հետախուզական հորի հորատումից: Հետևաբար խորհուրդ է տրվում սկզբից հորատել երկրորդ հետախուզական հորը, իսկ դրանից հետո, անհրաժեշտության դեպքում հորատել թիվ առաջինը: Առաջին հետախուզական հորի (B2) հորատման համար առաջարկվող տարածքը գտնվում է D1 իջույթի սահմաններում և ներկայացված է Նկարներ 2.61-ում և 2.62-ում, N39°47'15.34", E45°56'53.85" կոորդինատներով տեղամասում: Հորի ավելի ճշգրիտ տեղադիրքը անհրաժեշտ կլինի հստակեցնել հորատելուց առաջ՝ նախազննական աշխատանքների կատարման ժամանակ

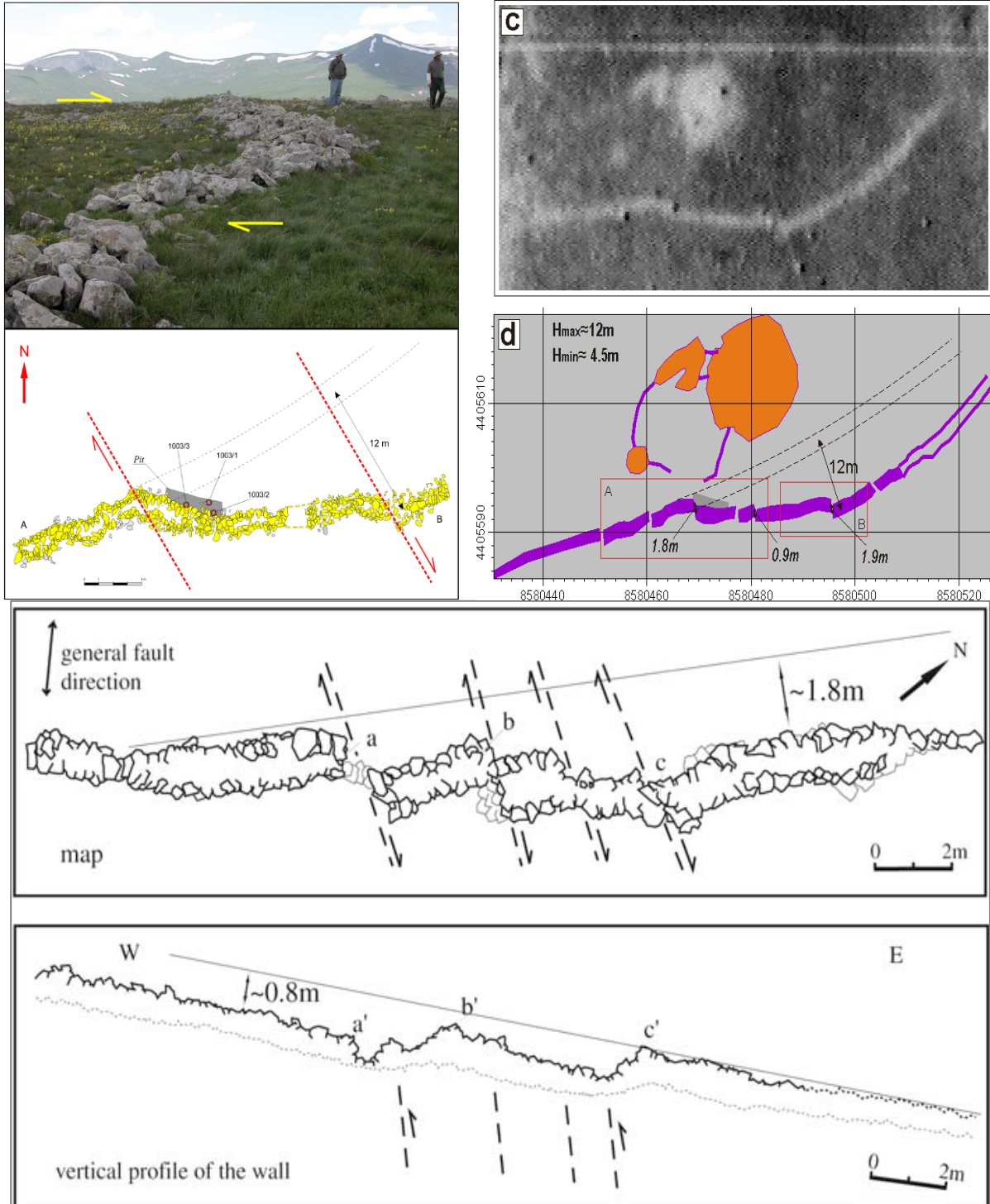
- Քանի որ հնարավոր է ջերմության դիֆուզային աղբյուրի գոյությունը, որը կարող է կապակցված լինել Դալիդադի-Սյունիքի մագմային կառույցի հետ, ապա բացառված չէ, որ Դալիդադի-Սյունիքի մագմային կառույցը հանդիսանում է չափազանց ավելի մեծ չափերի երկրաջերմային պաշար, քան Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերինը, ուստի առաջարկում ենք կատարել Դալիդադի-Սյունիքի կառույցի երկրաջերմային ներուժի ուսումնասիրությունը:
- Առաջարկում ենք հետազոտել ջերմային աղբյուրների երկրաջերմային ներուժը Ույծ (52°C) և Որոտան (42°C) գյուղերում:



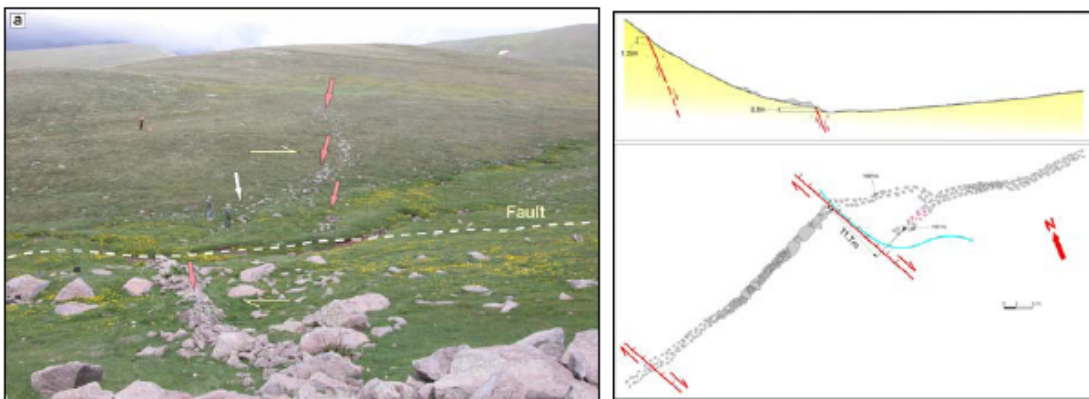
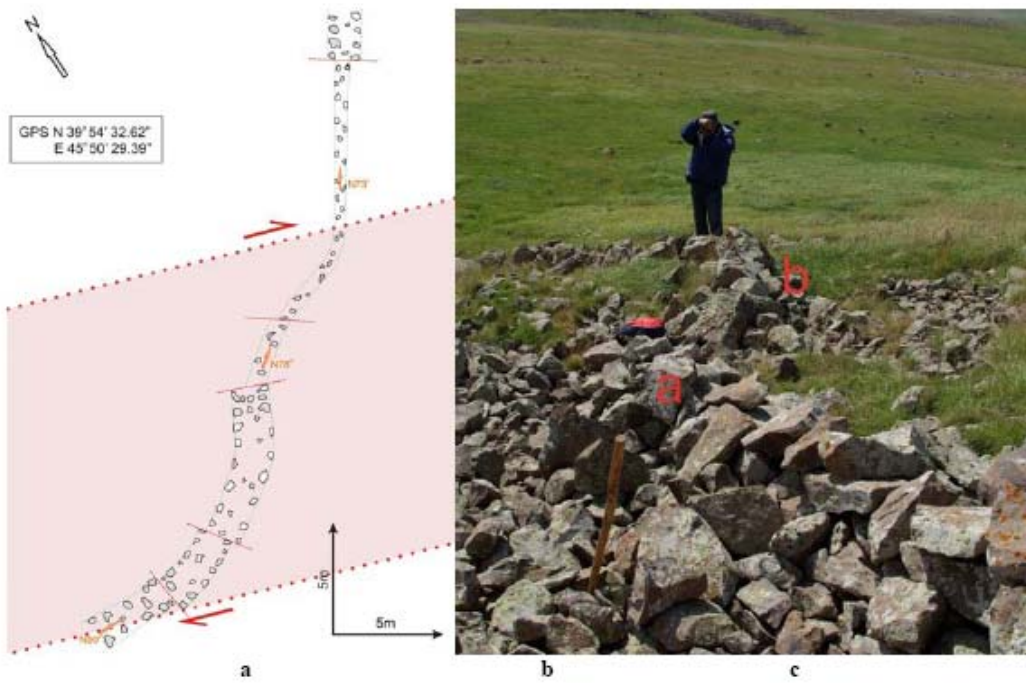
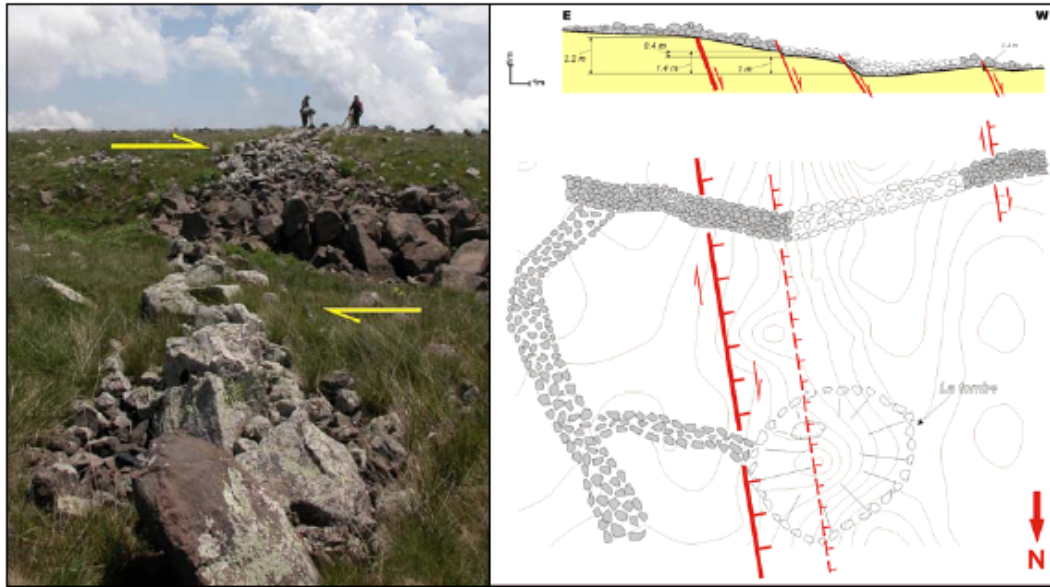
Նկար 2.1: “Փուլ-սպարտ” ավազանի արևմտյան և արևելյան կողմերը սահմանազատված են խզվածքների համակարգերով, որոնք բաղկացած են 8-10 մոտիկացված ակտիվ խզվածքների ճյուղերով: Խորքում խզվածքները ձևավորում են բացասական “ծաղկային” կառույցը, որի կենտրոնում գտնվում են Պլեյստոցենի և Հոլոցենի դարաշրջանների հրաբուխների ժայթքումների անցուղիները և նրանց լավային դաշտերը:



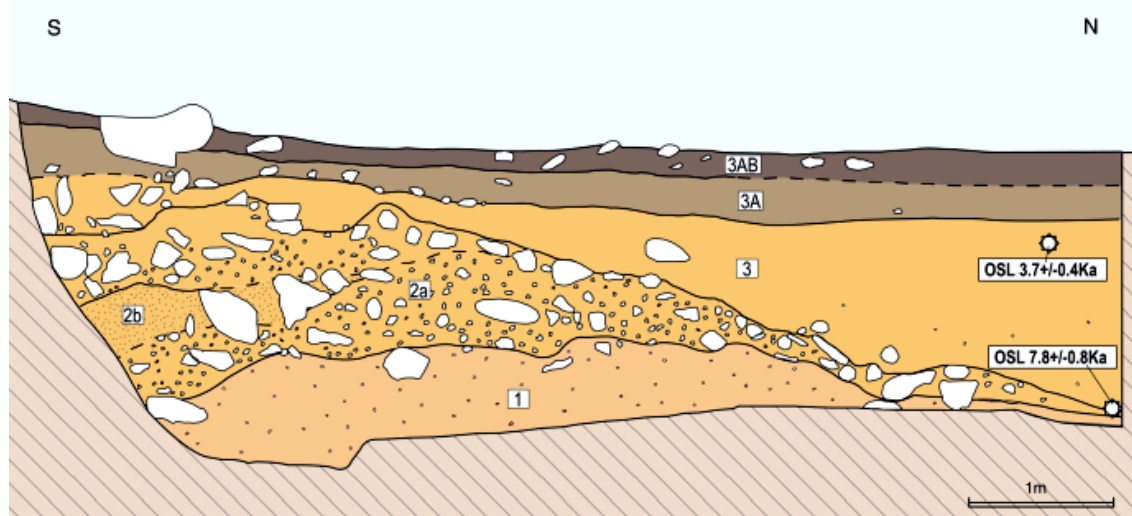
Նկար 2.2: “Փուլ-ապարտ” ավազանի արևմտյան և արևելյան թևերը սահմանազատող խզվածքները



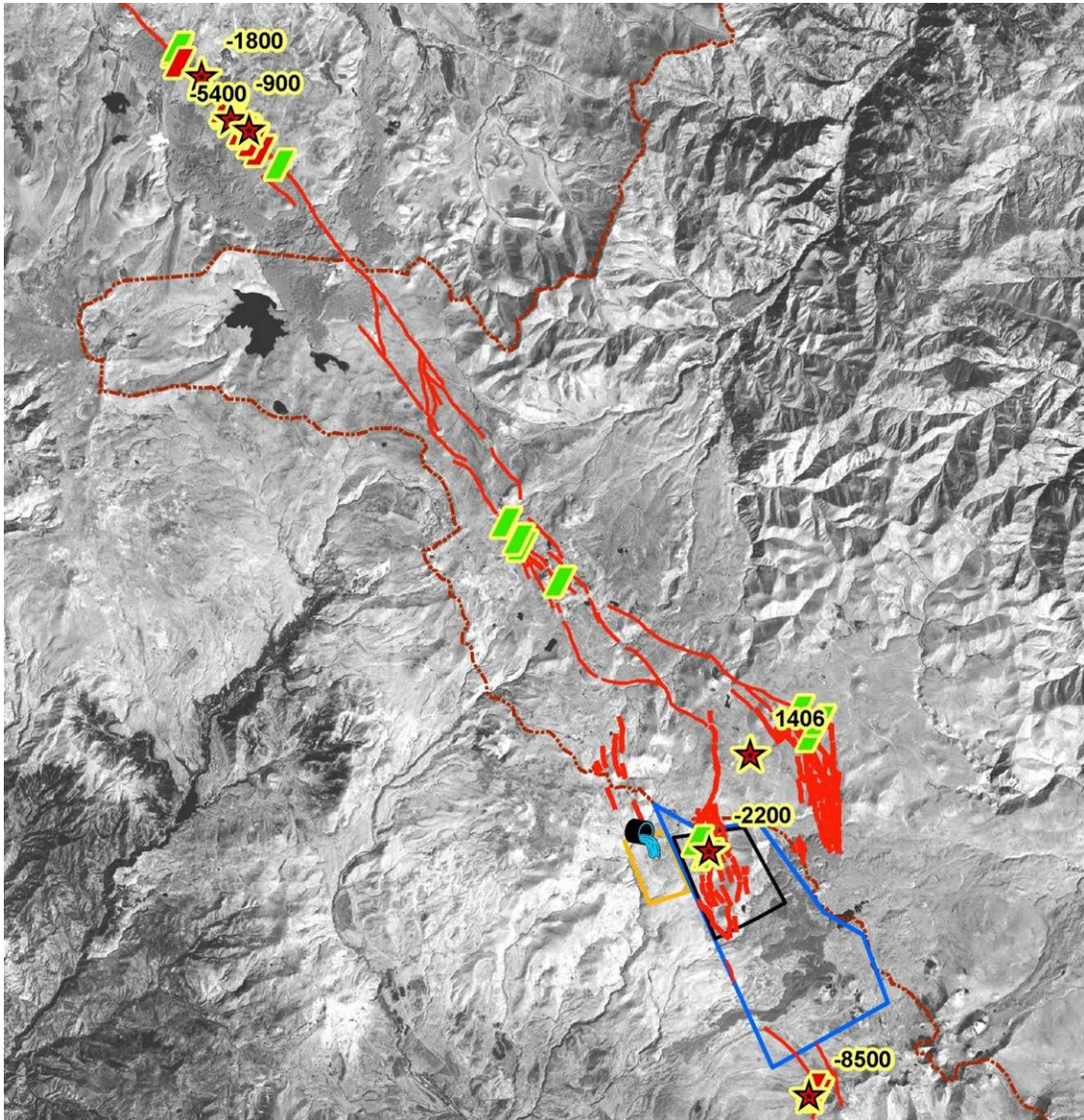
Նկար 2.3: Մակերևութային խզումներ, որոնք առաջացել էին ուժեղ երկրաշարժերի ժամանակ և տեղաշարժել էին միջին և ուշ Բրոնզե դարին պատկանող՝ հնեագիտական կառույցների պատերը “փուլ-ապարտ” ավազանի արևմտյան սահմանագատման եզրում:



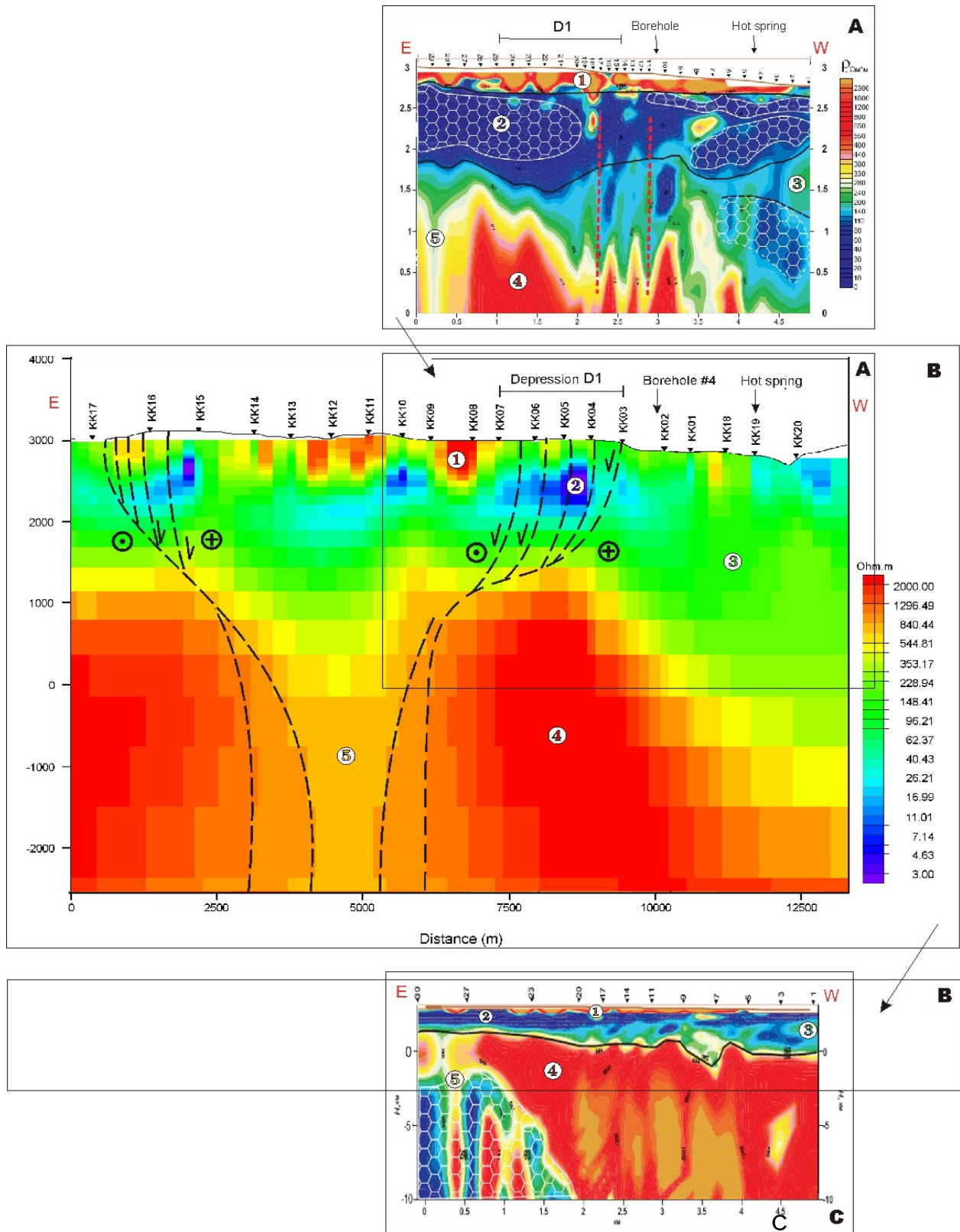
Նկար 2.4 ա: Մակերևութային խզումներ, որոնք առաջացել էին ուժեղ երկրաշարժերի ժամանակ և տեղաշարժել էին միջին և ուշ Բրոնզե դարին պատկանող՝ հնեագիտական կառույցների պատերը “փուլ-ապարտ” ավազանի արևելյան սահմանագատման եզրում:



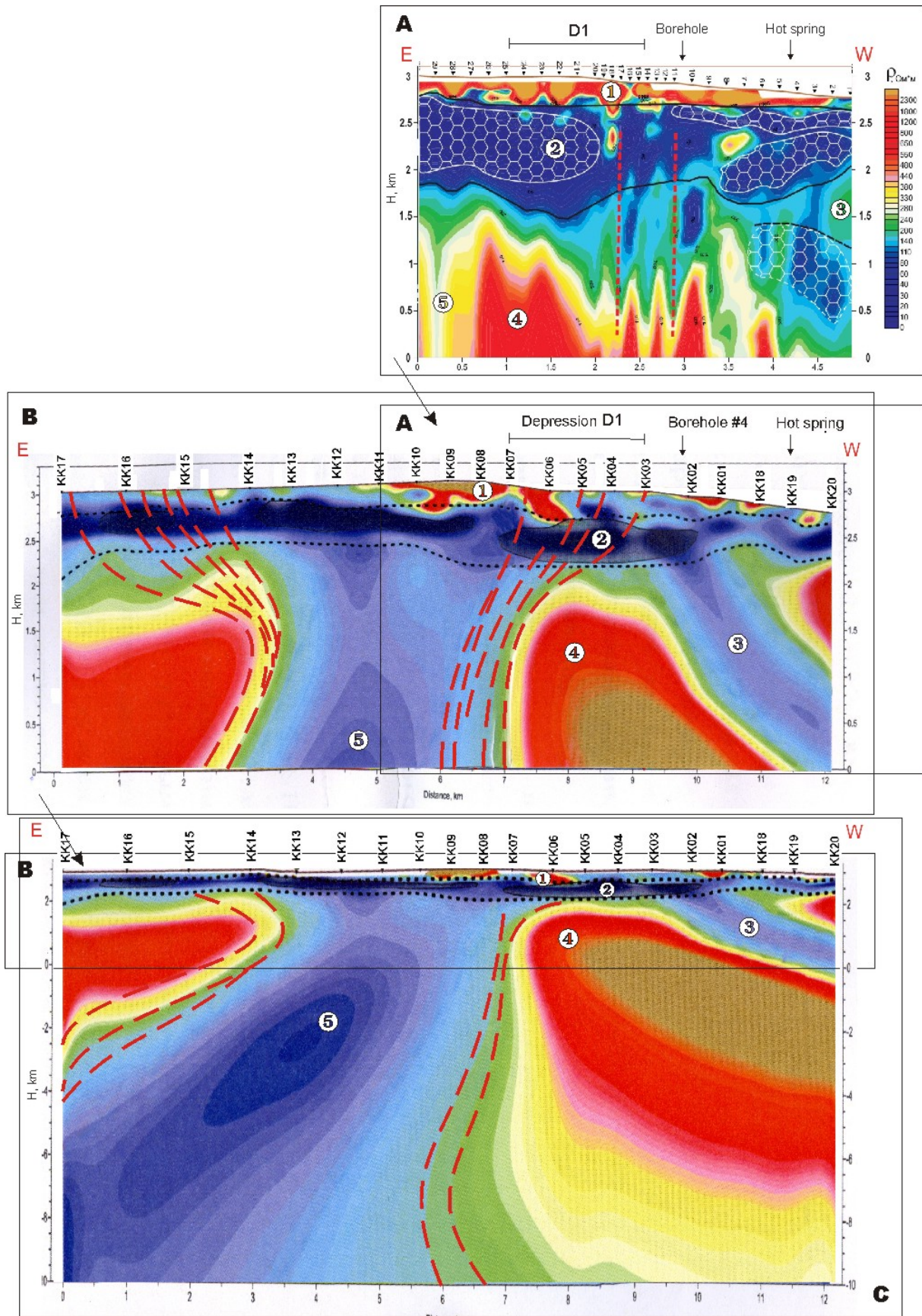
Նկար 2.4 բ: Ուժեղ երկրաշարժերից առաջացած մակերևութային խզումը “փուլ-ապարտ” ավազանի հարավային սահմանագատման թևում և պալեոսեյսմաբանական խրամատը՝ ռադիոածխածնային և OSL մեթոդներով ստացված՝ երկրաշարժերի տարեթվերով:



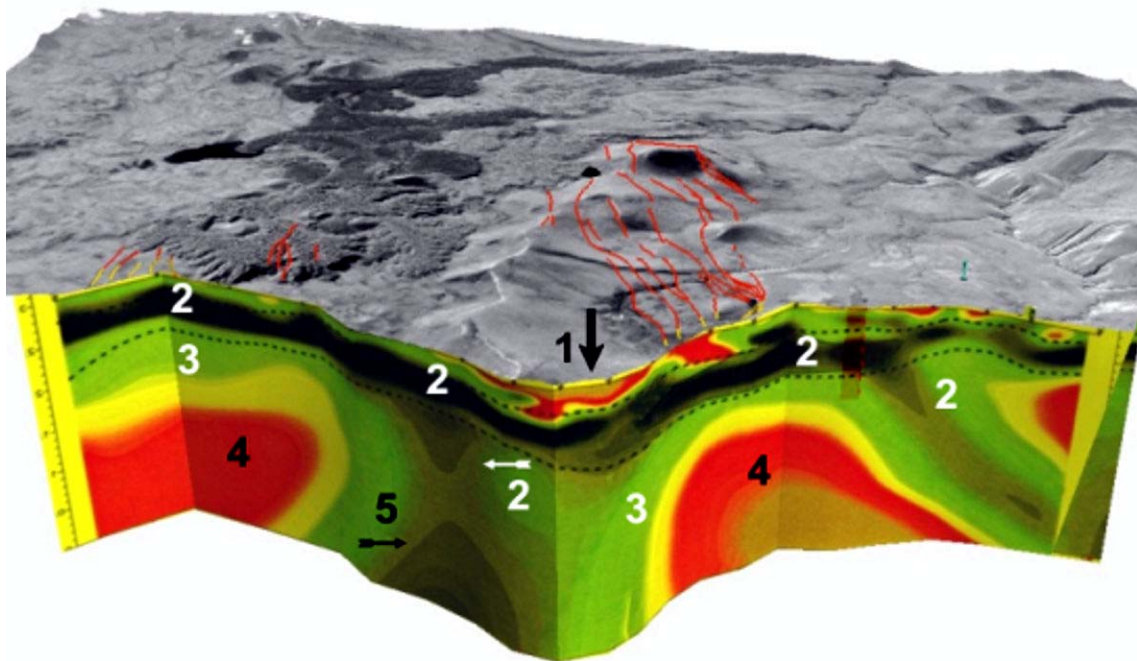
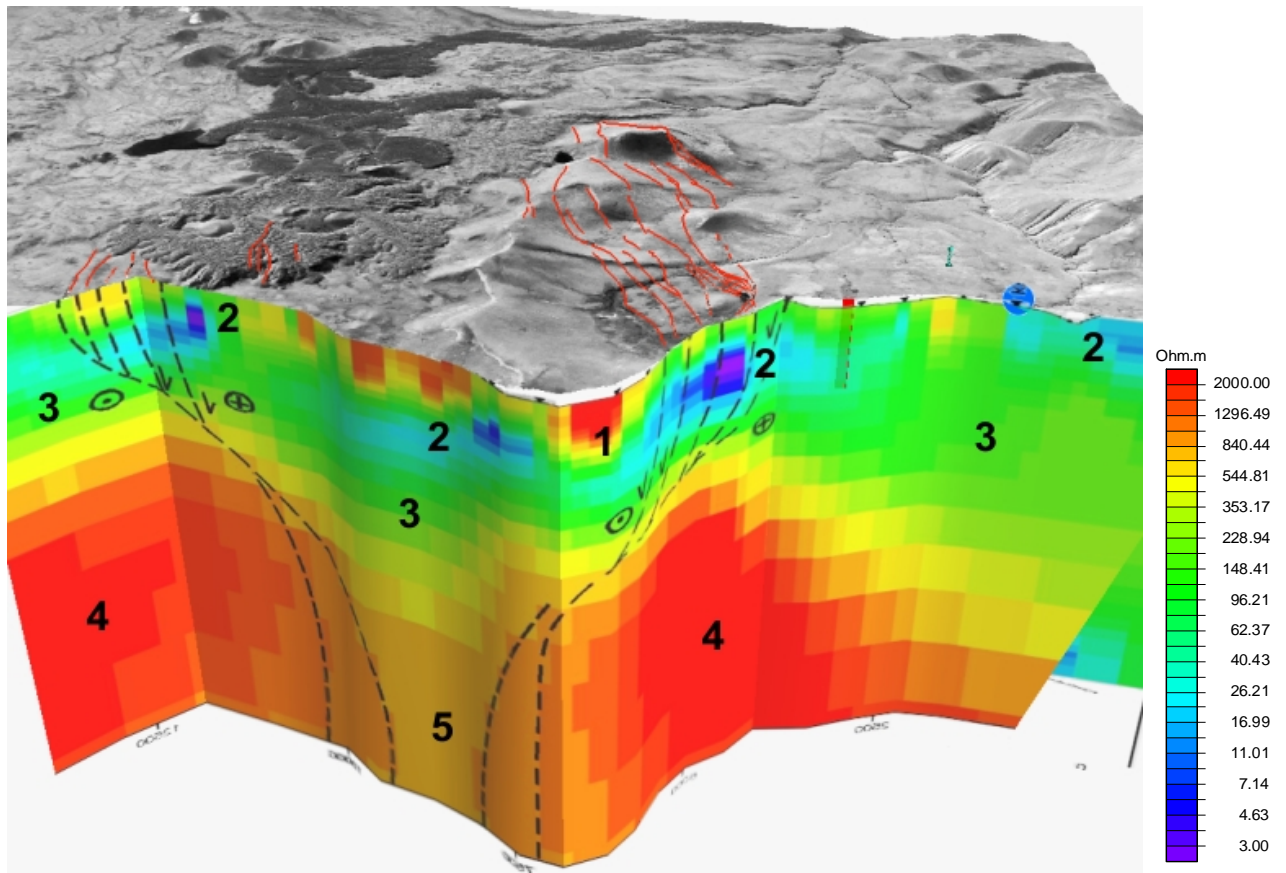
Նկար 2.5: Փամբակ-Սևանի խզվածքը Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերում՝ պալեստյամաբանական խրամատների տեղադիրքերով և պալեո-երկաշարժերի տարեթվերով (տարիներ մինչև այսօր):



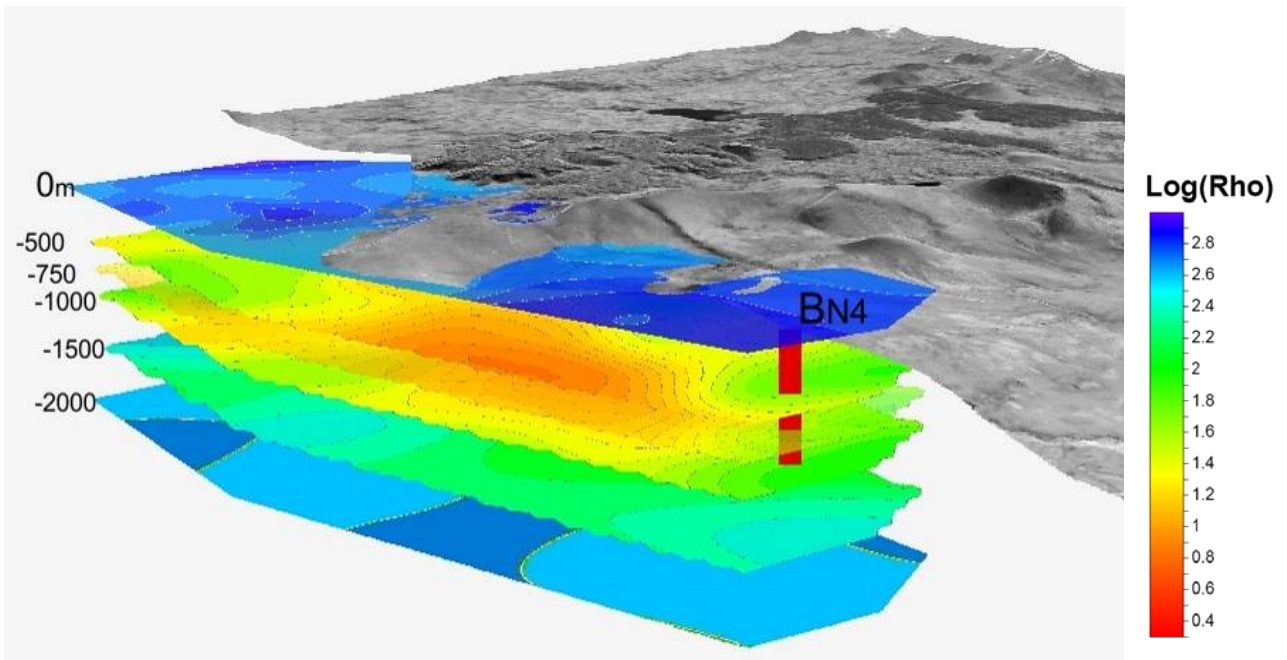
Նկար 2.6: 2004 և 2009թ ՄՏ հանույթների մեկնանաբանությունների վերջավոր 2D մոդելների համադրությունը
A – 2004թ Ուղեգիծ 1-ով 2D մոդելը (“Նորդ-Վեստ” ընկերություն, ՌԴ) 3 կմ խորության վրա;
B – 2009թ պրոֆիտով 2D մոդելը 5 կմ խորությամբ (Հարավային Ֆլորիդայի համալսարան, ԱՄՆ);
C – 2004թ Ուղեգիծ 2-ով 2D մոդելը (“Նորդ-Վեստ” ընկերություն, ՌԴ) 12 կմ խորության վրա:



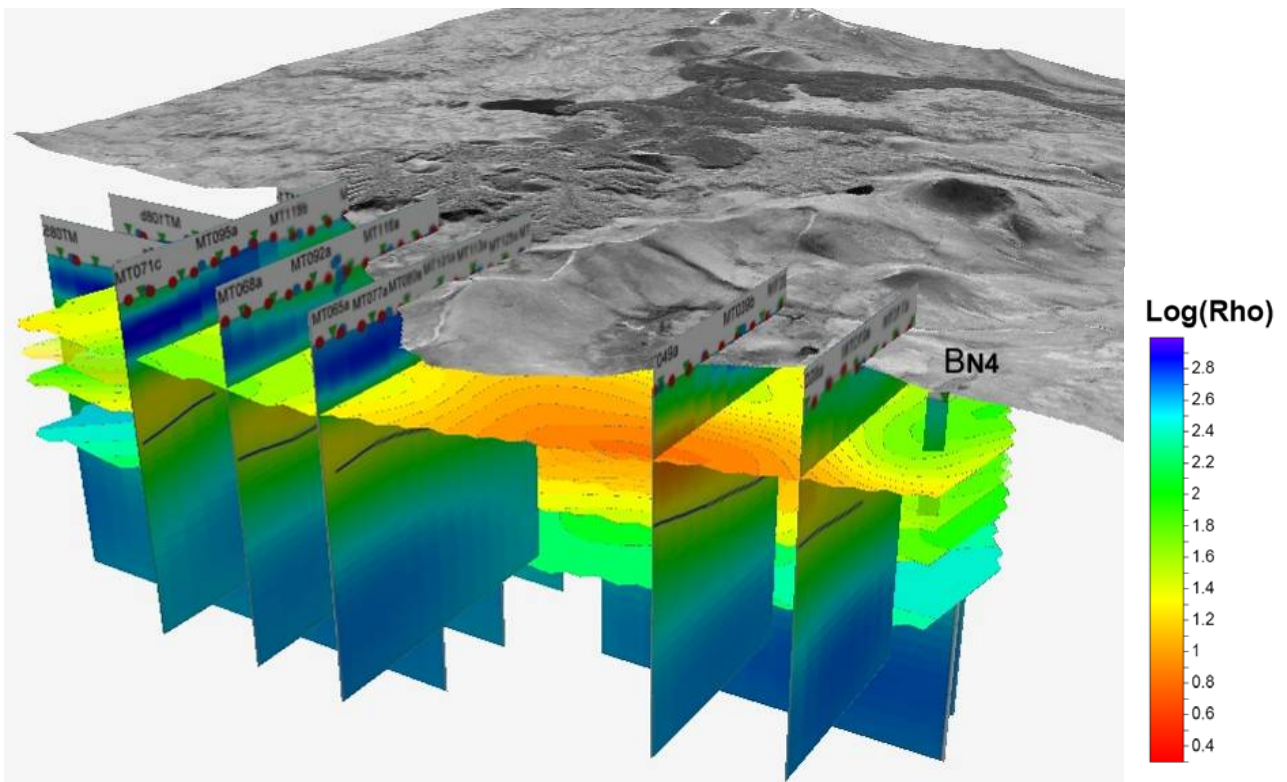
Սկար 2.7: 2009թ ՄՏ մեկնաբանության վերջավոր 2D մոդելները, մշակված “Նորդ-Վեստ” ընկերության կողմից (ՌԴ) 3 և 12 կմ խորությունների համար:



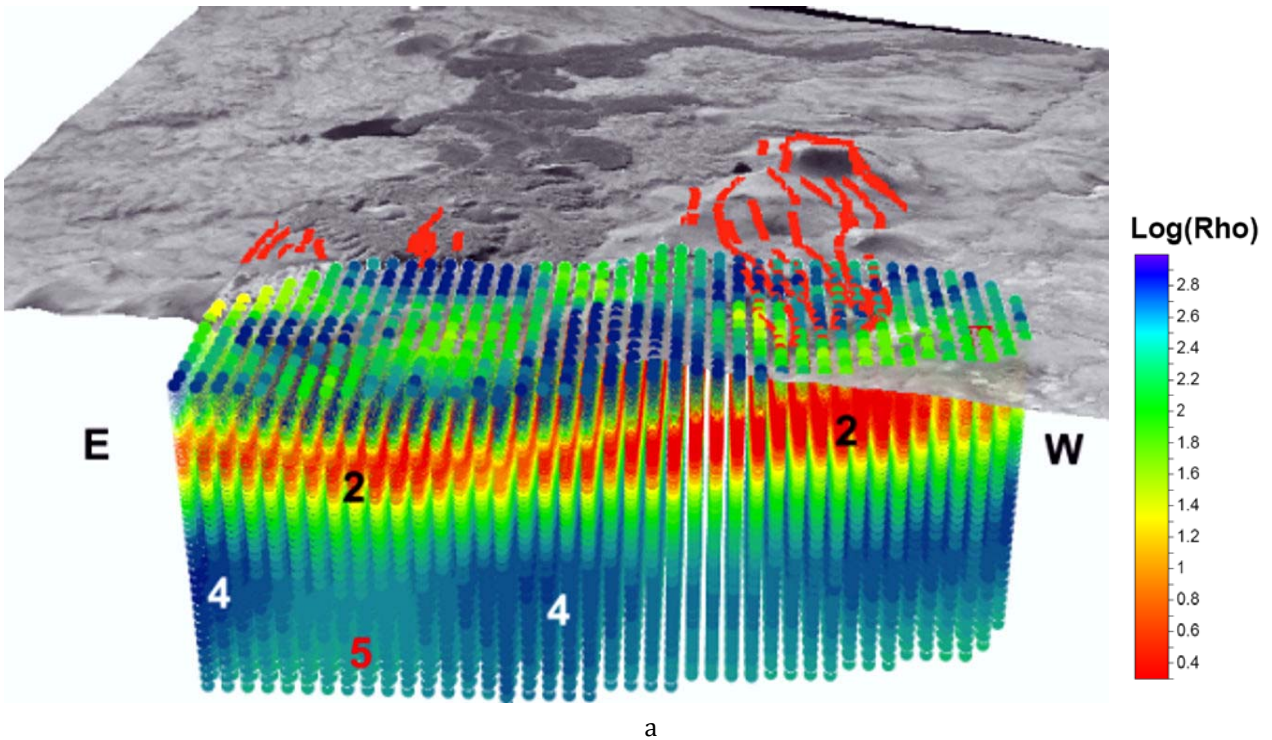
Նկար 2.8: ԱՏՀ ArcScene 9.3 ծրագրում ստեղծված 3D մոդելները.
a – Հարավային Ֆլորիդայի համալսարանի մեկնաբանությունը (ԱՄՆ);
b – “Նորդ-Վեստ” ընկերության մեկնաբանությունը (Ռուսաստանի Դաշնություն):



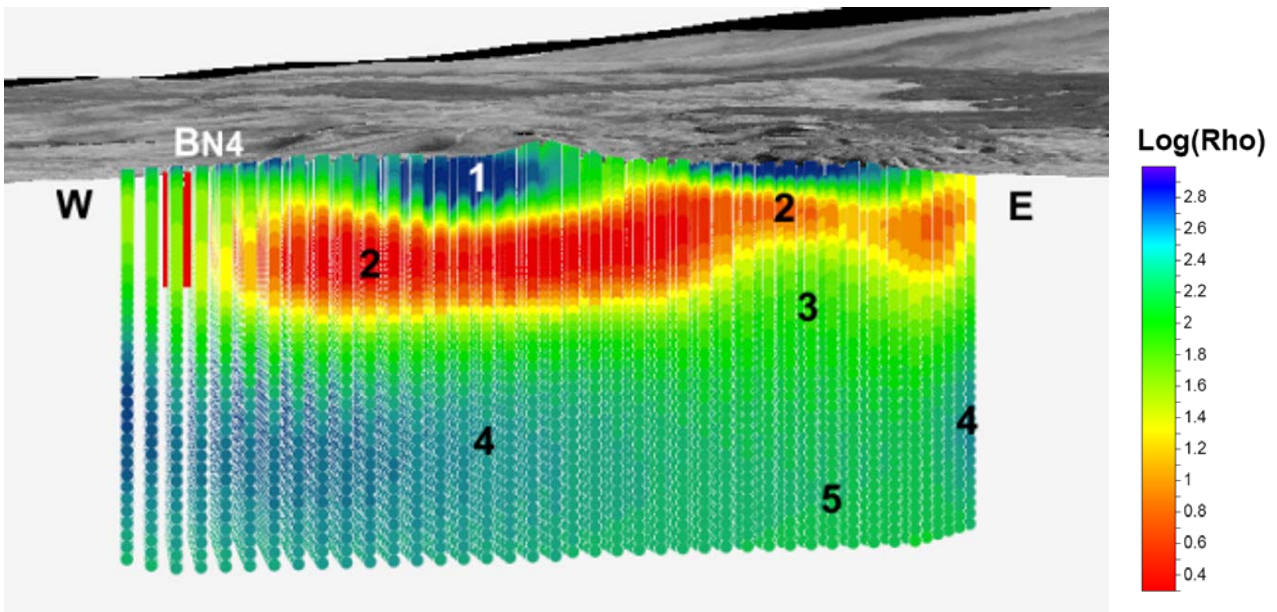
Նկար 2.9: 2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալները 20 կմ² մակերեսով հորիզոնական հատույթների տեսքով՝ 0 մ, 500 մ, 750 մ, 1000 մ, 1500 մ և 2000 մ:



Նկար 2.10: 2011թ 3D ՄՏ հանույթի տվյալները 10 ուղղահայաց հատույթների տեսքով (հինգը՝ Հյուսիս-Հարավ, և հինգն էլ՝ Արևմուտք-Արևելք ուղղություններով):

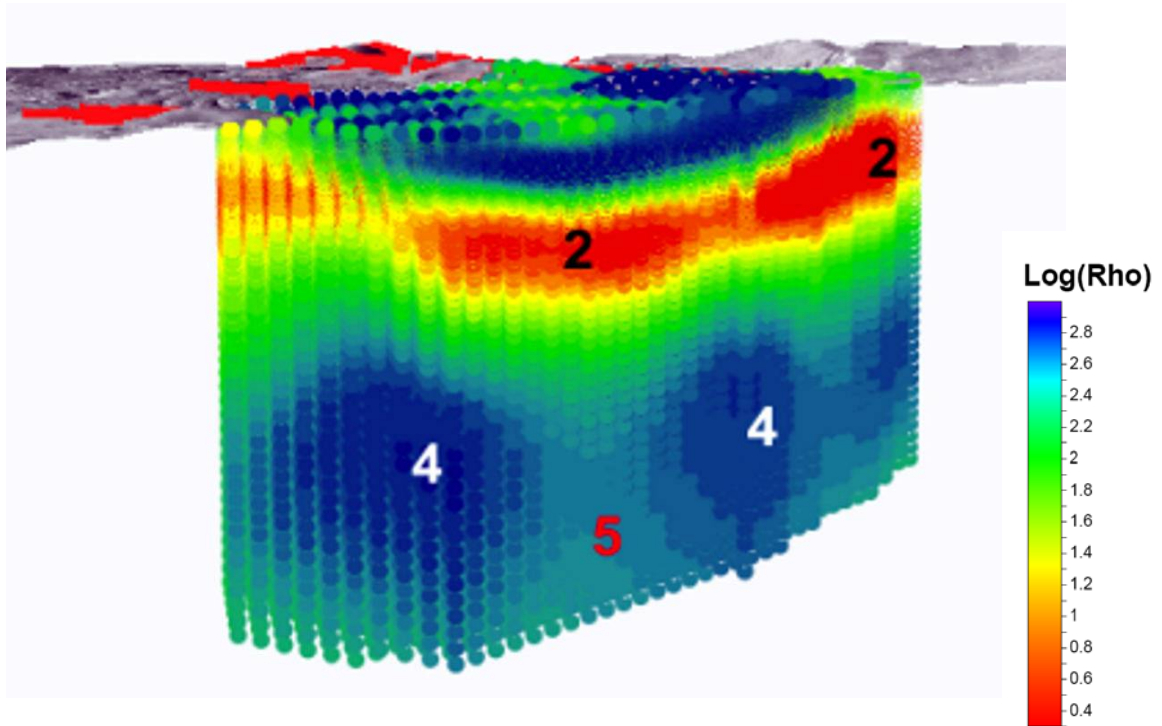


a

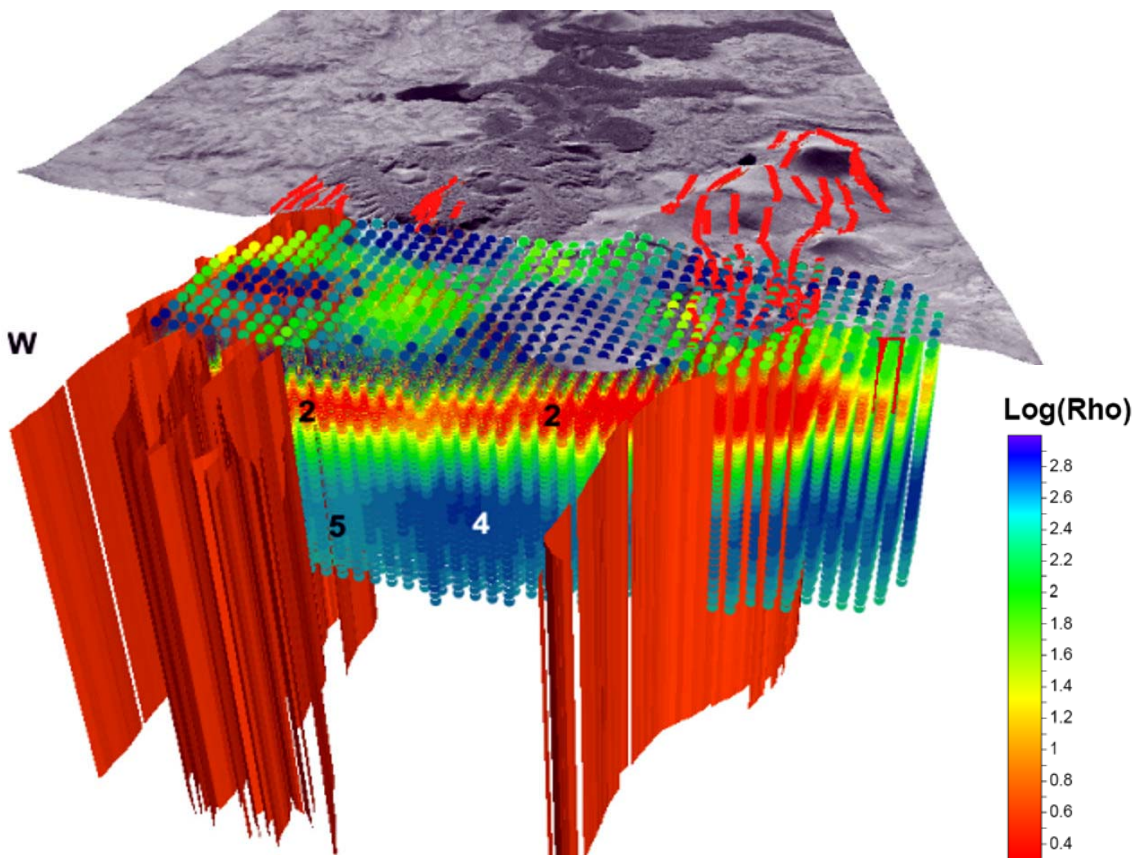


b

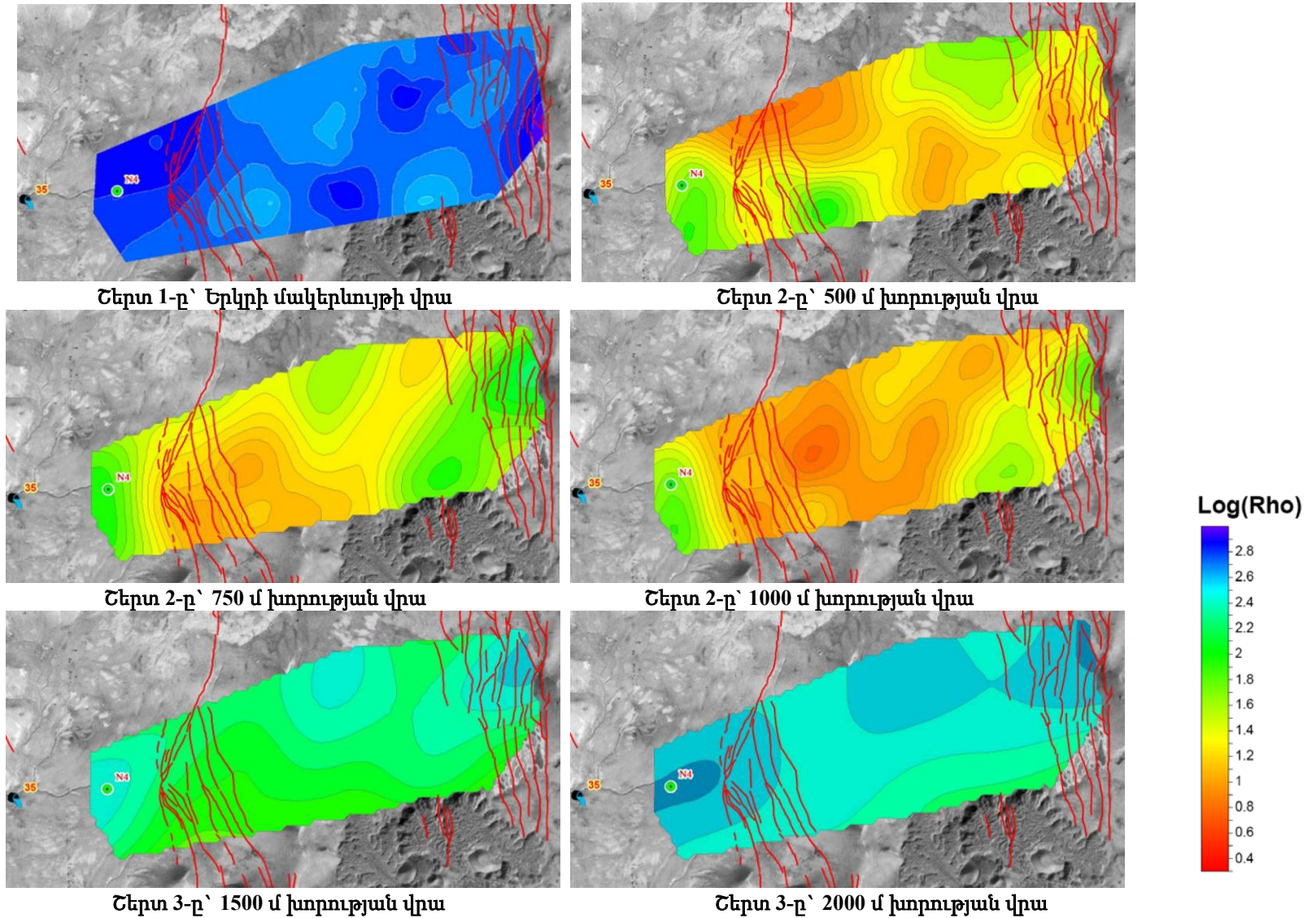
Նկար 2.11: 2011թ 3D ՄՏ հանույթի եռաչափ ցանցը. a –տեսարան հյուսիսից հարավ, b –տեսարան հարավից հյուսիս:



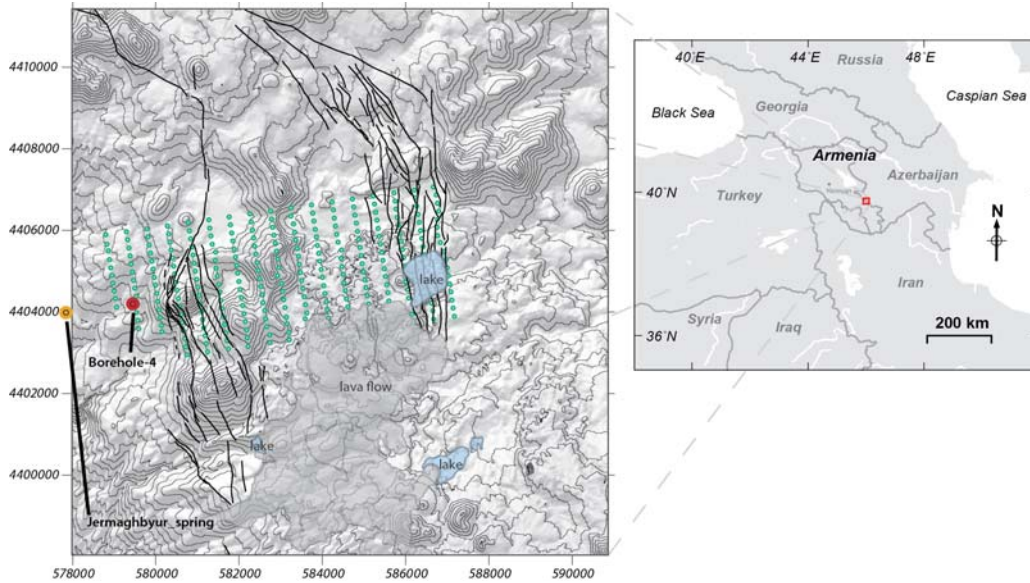
Նկար 2.12: 2011թ 3D US հանույթի տվյալների եռաչափ ցանց, տեսարան արևելքից:



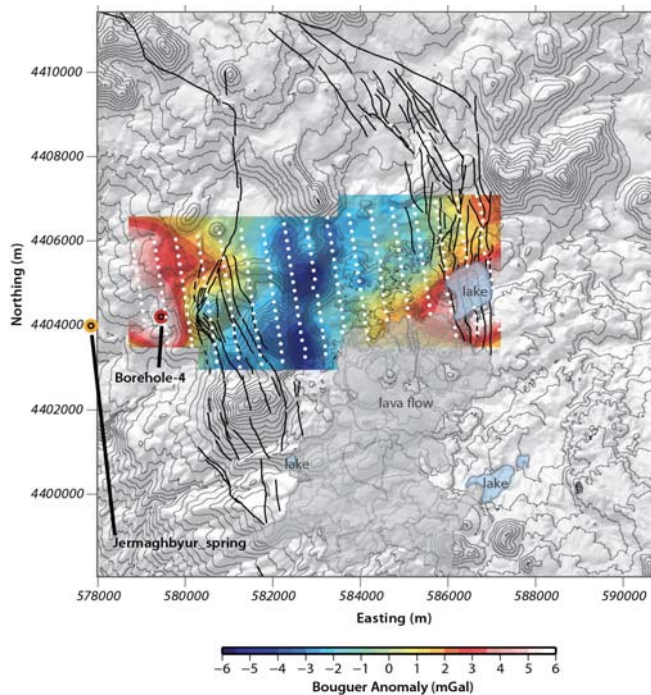
Նկար 2.13: 2011թ 3D US հանույթի տվյալների եռաչափ ցանցը, ցուցադրված Փամբակ-Սևանի խզվածքի այն սեգմենտների հետ միասին, որոնք ձևավորում են “փուլ-ապարտ” ավազանի կառուցվածքը /տեսարան հյուսիսից հարավ/:



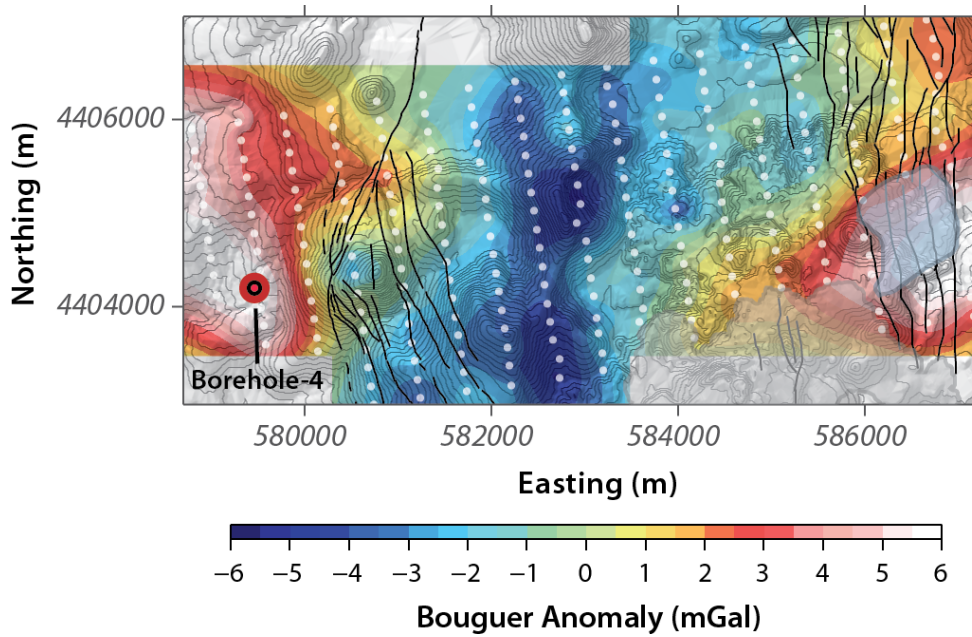
Նկար 2.14: 2011թ 3D US տվյալների հորիզոնական հաստությունները տարբեր խորություններում, որոնք ցույց են տալիս տարբեր դիմադրություններով շերտերի երկրաչափությունը



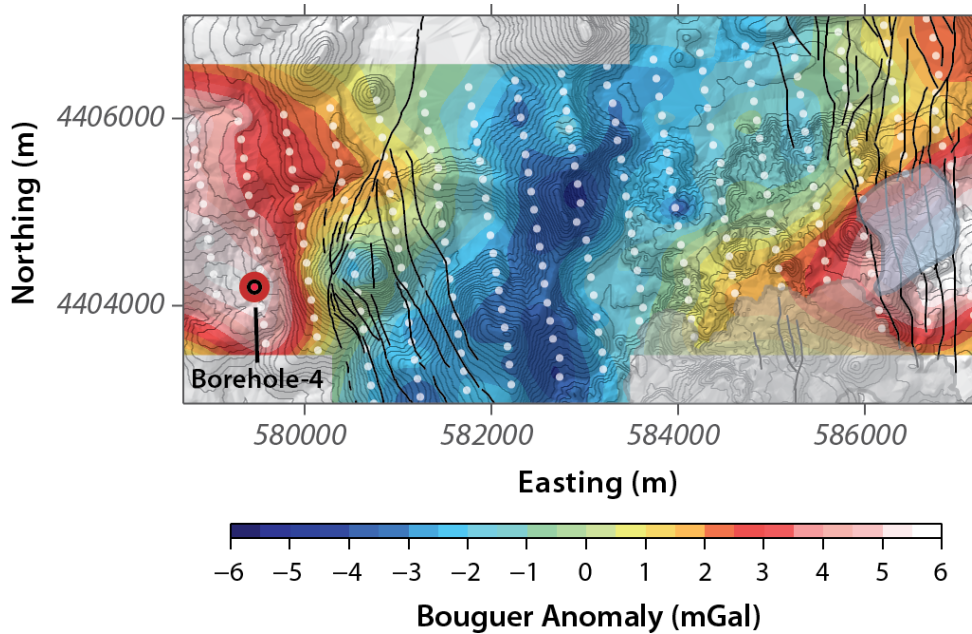
Նկար 2.15: Ծանրաչափական կայանների տեղադիրքեր “Վեստերն Ջիկո”-ի կողմից ստեղծված հանույթի ցանցում (հոծ օղակներ): Քարտեզագրված խզվածքները ցույց են տրված հաստ հոծ գծերով: Տեղագրությունը ուրվագծվում է նուրբ հոծ գծերով՝ DEM-ի / բարձրությունների թվային մոդելի/ ստվերային ռելեֆի վրա տեղադրմամբ: Հորատանցք 4-ը (հոծ կարմիր օղակ) գտնվում է այս ցանցի արևմտյան հատվածում: Նույնպես նշված են լճեր և երիտասարդ (հոլոցենային?) լավային հոսքը: Տաք աղբյուրները գտնվում են ցանցի արևմուտքում: UTM պրոյեկցիան՝ WGS84 է:



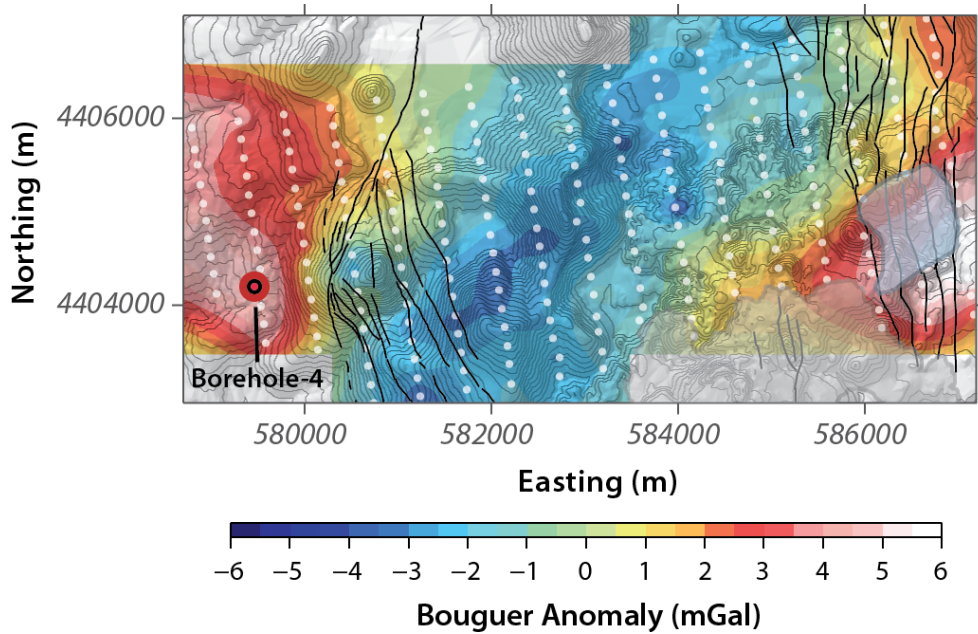
Նկար 2.16: Բուգեի լիարժեք անոմալիան, որը քարտեզագրվել է “Վեստերն Ջիկո”-ի աշխատակիցների կողմից (գունավոր շրջանը): Ներկայացված քարտեզագրված խզվածքները ցուցադրվում են հոծ հաստ գծերով; տեղագրական ուրվագծերը կատարված են բաց գույնի հոծ գծերով; DEM-ի / բարձրությունների թվային մոդելի/ ստվերային ռելեֆի վրա տեղադրմամբ: Հորատանցք 4-ը (հոծ կարմիր օղակ) գտնվում է այս ցանցի արևմտյան հատվածում: Լճերը և երիտասարդ (հոլոցենային?) լավային հոսքը նույնպես նշված են: Տաք աղբյուրները գտնվում են ցանցի արևմուտքում: UTM պրոյեկցիան՝ WGS84 է:



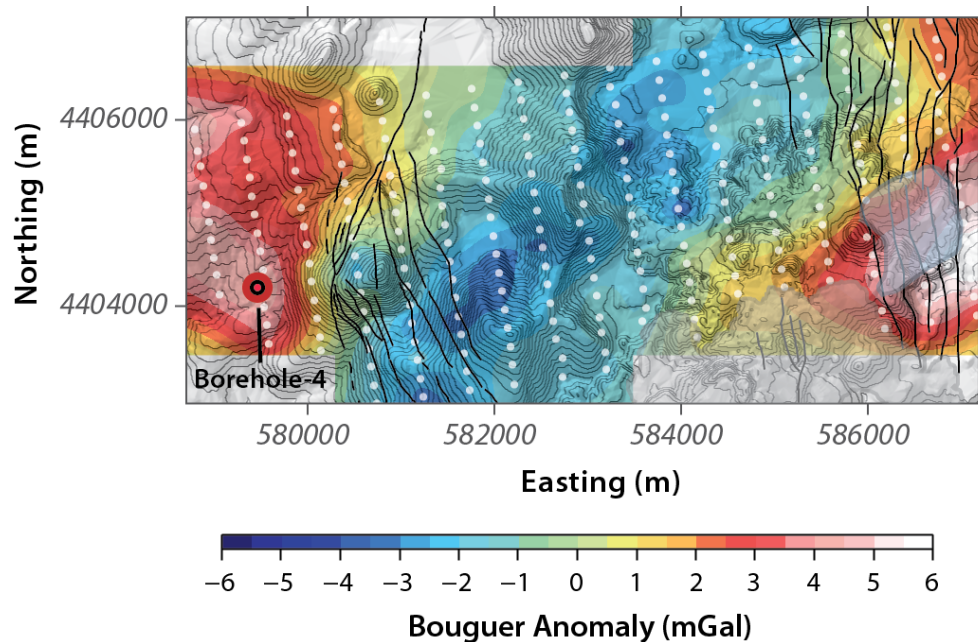
Նկար 2.17: Բուգեի ծանրաչափական լրիվ անոմալիա (գունային ստվերով պատված), որը հաշվարկվել է 2700 կգ.մ.⁻³ խտության կիրառմամբ, հանելով լավագույն համապատասխանության /օպտիմալ/ հարթությունը: Ուշագրավ է ծանրաչափական անոմալիաների կորեյացիան տեղագրության հետ (ուրվագծեր), ինչը նշանակում է, որ այդ Բուգեի խտությունը մեծ է: Քարտեզագրված խզվածքները ցույց են տրված հոծ գծերով, գրավիմետրական կայանները՝ հոծ օղակներով, վերադրված ստվերային ռեյեֆով ԲԹՄ-ի /DEM/ վրա: UTM պրոյեկցիան է WGS84-ը:



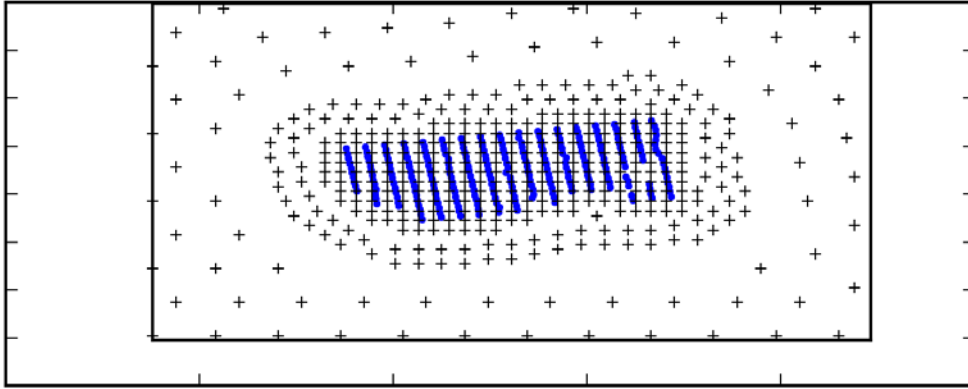
Նկար 2.18: Բուգեի ծանրաչափական լրիվ անոմալիա (գունային ստվերով պատված), որը հաշվարկվել է 2550 կգ.մ.⁻³ խտության կիրառմամբ, հանելով լավագույն համապատասխանության /օպտիմալ/ հարթությունը: Մոդելավորման համար ընտրվել էր լրիվ Բուգեի անոմալիայի այդ ձևափոխությունը: Քարտեզի մյուս նշանները նույնն են ինչը և Նկար 2.17-ում:



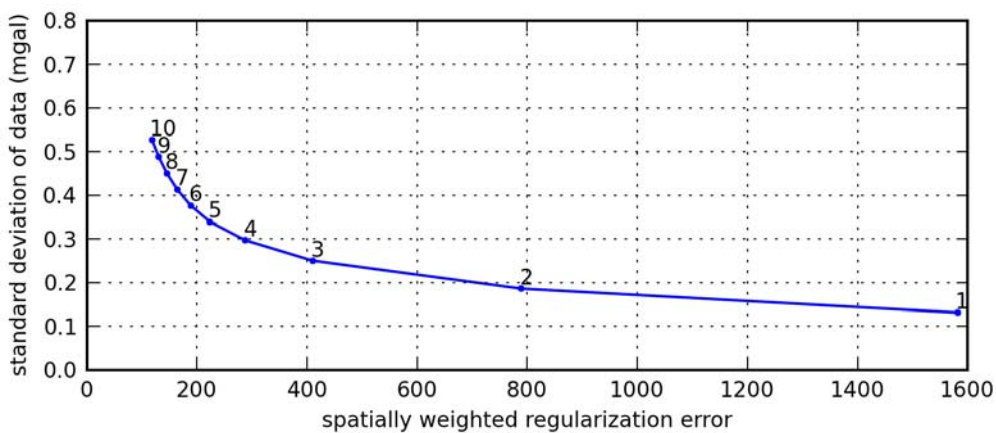
Նկար 2.19. Բուգեի ծանրաչափական լրիվ անոմալիա (գունային ստվերով պատված), որը հաշվարկվել է 2300 կգ.մ^{-3} խտության կիրառմամբ, հանելով լավագույն համապատասխանության /օպտիմալ/ հարթությունը: Բուգեի լրիվ ծանրաչափական անոմալիան լավ չի հարաբերակցվում տեղագրության հետ, հուշելով, որ այդ Բուգեի անոմալիան ընդունելի է մոդելավորման համար: Քարտեզի մյուս նշանները նույնն են, ինչը և Նկար 2.17-ում:



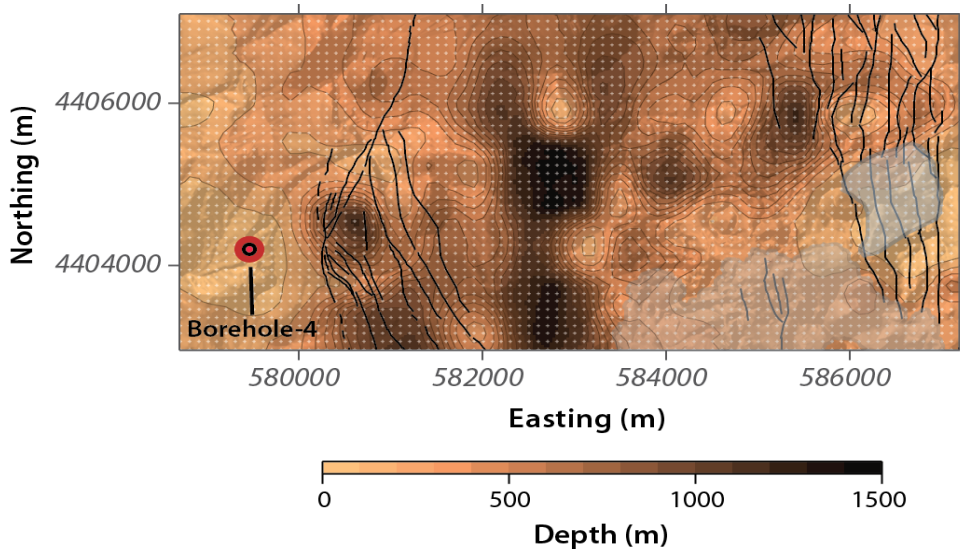
Նկար 2.20: Բուգեի լրիվ ծանրաչափական անոմալիա (գունային ստվերով պատված), որը հաշվարկվել է 2200 կգ.մ^{-3} խտության կիրառմամբ, հանելով լավագույն համապատասխանության /օպտիմալ/ հարթությունը: Բուգեի այս լրիվ ծանրաչափական անոմալիան ցուցաբերում է հակա-կորելյացիա տեղագրության նկատմամբ, հուշելով, որ տվյալ Բուգեի խտությունը համեմատաբար ցածր է: Քարտեզի մյուս նշանները նույնն են ինչը և Նկար 2.17-ում:



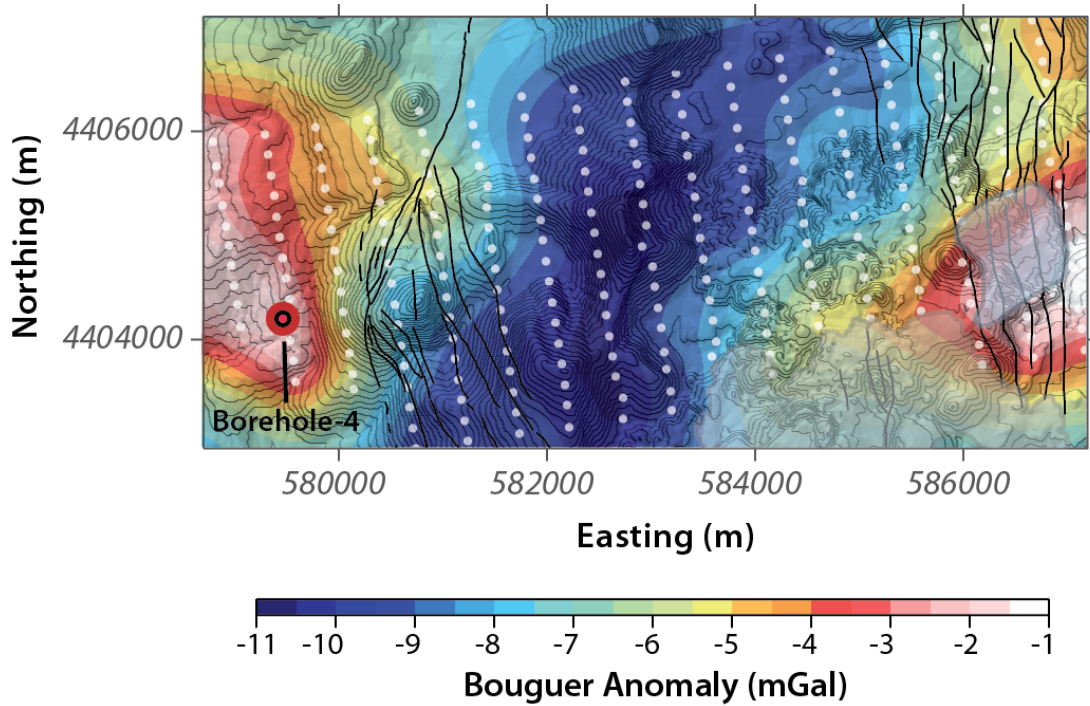
Նկար 2.21: Փորձնական կետերի տեղադիրք (սև խաչեր) և գրավիմետրական կայաններ (կապույտ կետեր) առաջադեմ մոդելի տիրույթի սահմաններում



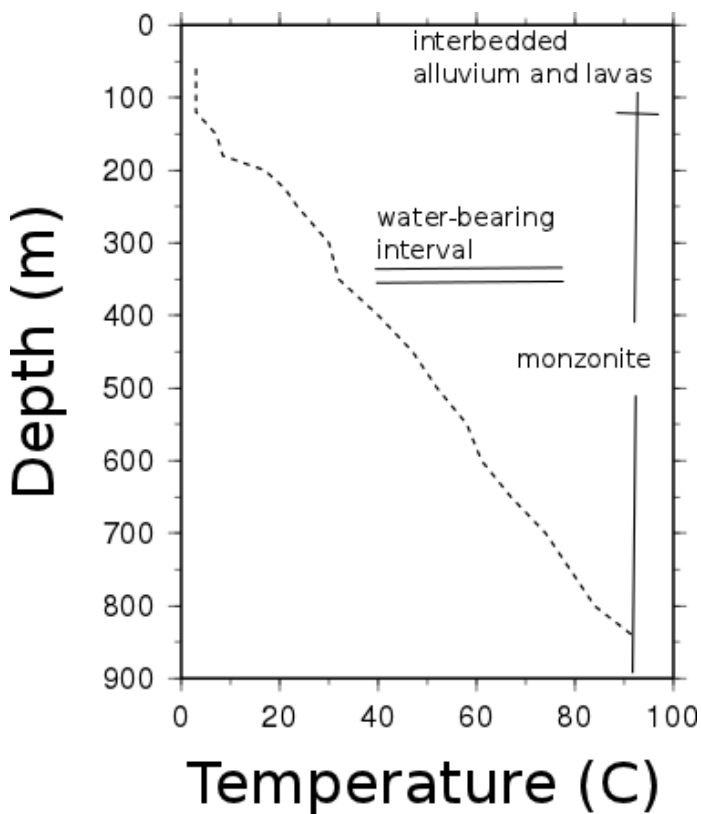
Նկար 2.22: Պարբետի սահմանը դիտարկումների ընդունված սխալի ստանդարտ շեղման և կանոնավորման սխալի միջև:



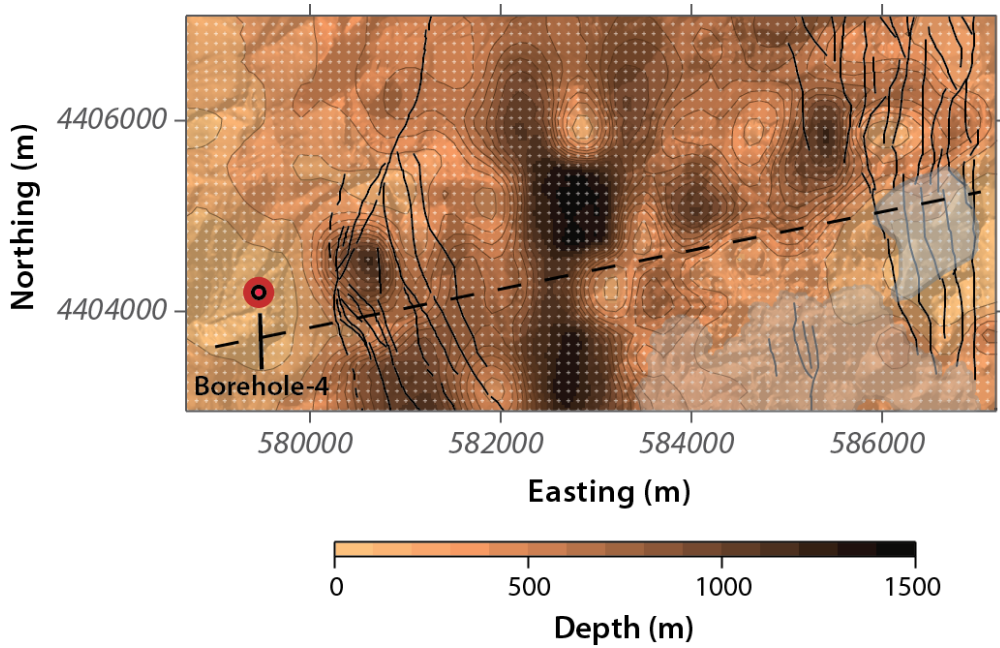
Նկար 2.23: Ավազանի լցվածքի հիմքի խորությունների բաշխումը (լավաներ, այլուվիալ ապարներ, հրաբխաբեկորային ապարներ), և հիմքի (քվարց-մոնցոնիտի?) վերին մասը ուսումնասիրված տարածքում՝ ըստ ծանրաչափական անոմալիայի ինվերսիայի՝ 2550 կգ.մ⁻³ բուգեի խտության կիրառմամբ: Փոքր հոծ ռեզոնանսներ նշում են մոդելային պրիզմաների կենտրոնարդերի/ցենտրոիդների/դիրքերը: Քարտեզի մյուս նշանները նույնն են, ինչպես Նկար 2.17-ում:



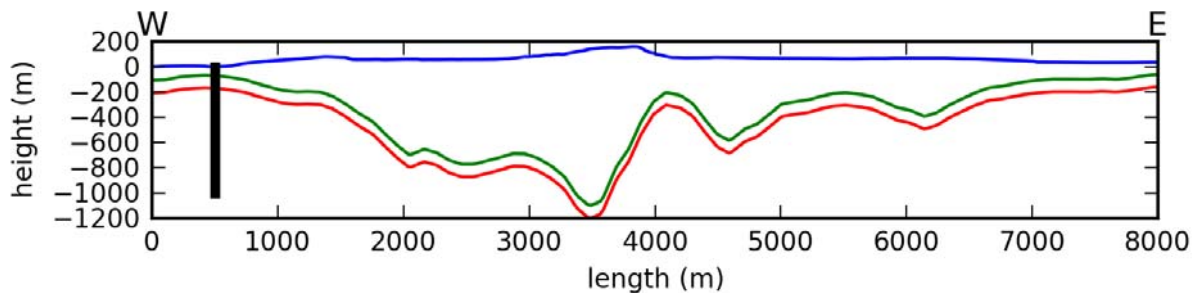
Նկար 2.24: Ծանրաչափական անոմալիայի գերադասելի (առաջադեմ) մոդելը, որը հաշվարկվել է Նկար 2.23-ում ներկայացված խորությունների մոդելի օգտագործմամբ: Քարտեզի մյուս նշանները նույնն են, ինչպես Նկար 2.17-ում:



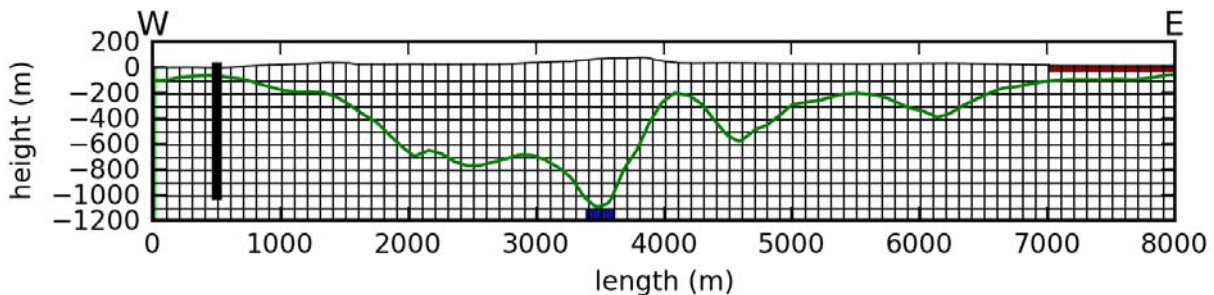
Նկար 2.25: Հորատանցք 4-ում գրանցված ջերմաստիճաններ: Ջրատար գոտին համապատասխանում է իզոթերմալին պայմաններին մոտավորապես 340 մ խորության վրա: Մինչև 123 մ խորությունը հորում գրանցվել են հաջորդաբար տեղադրված այլովիալ /գետաբերուկային/ ապարներ և լավային հոսքեր: Քվարց-մոնցոնիտը հորում գրանցվում է 123 մետրից սկսած՝ մինչև նրա ընդհանուր խորության նիշը՝ մոտավորապես 1000 մ-ը:



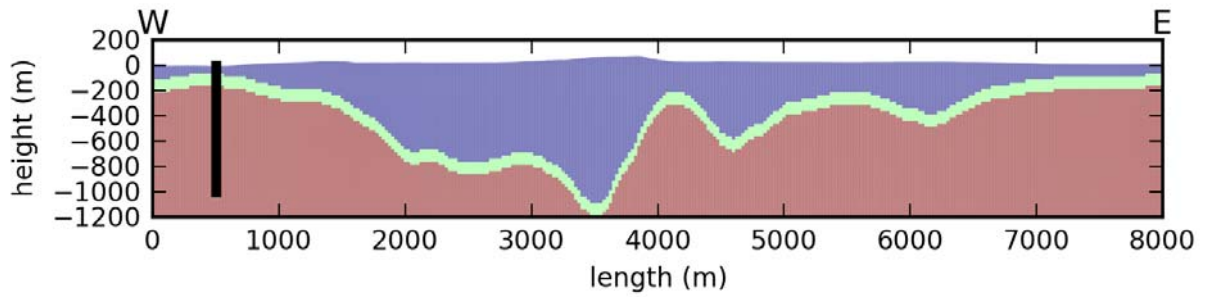
Նկար 2.26: Հիդրոջերմային փոխադրման մշակման համար օգտագործված լայնակի կտրվածքը (ուղիղ կետագիծ), վերադրված ավազանի լիցքի հիմքի խորությունների բաշխման վրա (լավաներ, այուվիում, հրաբխաբեկորային ապարներ), և հիմքի վերին մասը (քվարցային մոնոնիտ?) հետազոտված տարածքում ըստ ծանրաչափական անոմալիայի ինվերսիայի 2550 կգ.մ⁻³ Բուգեի խտության օգտագործմամբ: Փոքր հոծ օղակներով նշվում է գրավիտացիոն մոդելի պրիզմաների կենտրոնարդների դիրքերը: Սյուս նշանները նույնն են ինչը և Նկար 2.17-ում:



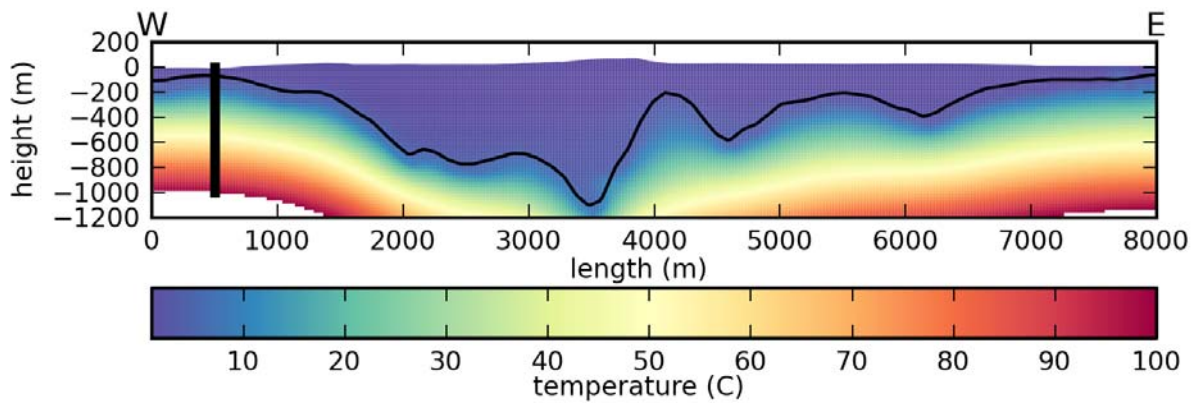
Նկար 2.27: Հիդրոջերմային մոդելում ներկայացված երեք երկրաբանական միավորների կողմնորոշումը: AL-ի և FR-ի միջև հպումը (կանաչ գիծ) որոշվում է ծանրաչափական ինվերսիայի միջոցով: FR-ի և QZ-ի միջև հպումը (կարմիր գիծ) 100 մետրով ցածր է AL-FR հպումից: Հորատանցք 4-ը ցուցադրված է հաստ սև գծով արևմտյան եզրի մոտ:



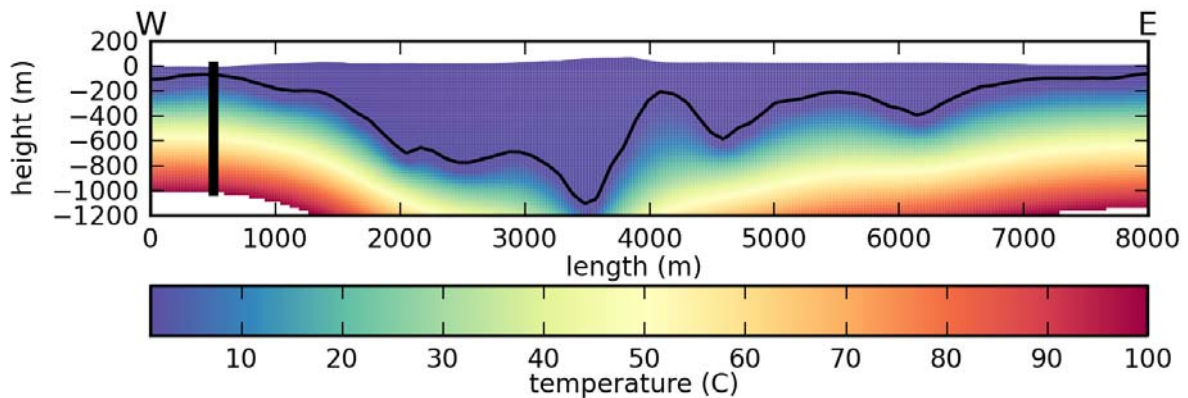
Նկար 2.28: Դիսկրետացված /ընդհատավորված/ մոդելի դոմենը (ցույց է տրված ամեն չորրորդ սյունակը և շերտը): Կապույտ կետագծերով նշված է AL-FR հպումը: Ցուցադրված են նաև ջերմության տեղական աղբյուրի բջիջները (կապույտ) և լճին համապատասխանող բջիջները (կարմիր):



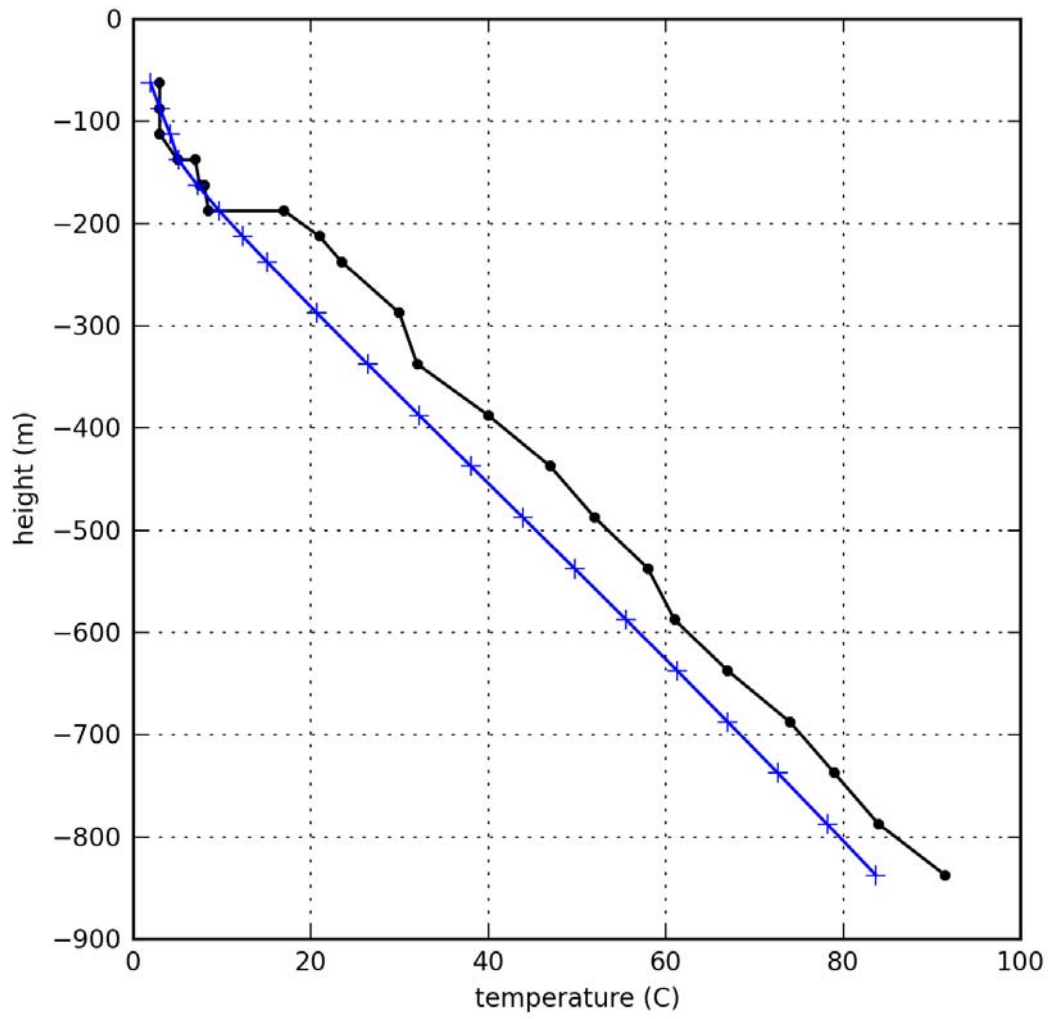
Նկար 2.29: Ընդհատավորված հիդրոշերտագրական միավորները հիդրոշերտային մոդելում: Հպումը AL-ի (կապույտ) և FR-ի (կանաչ) միջև որոշվում է ըստ ծանրաչափական ինվերսիայի: Հպումը FR-ի և QZ-ի (կարմիր) միջև գտնվում է AL-FR հպումից 100 մ ցածր: Հորատանցք 4-ը ցուցադրված է հաստ սև գծով գծագրի արևմտյան եզրի մոտ:



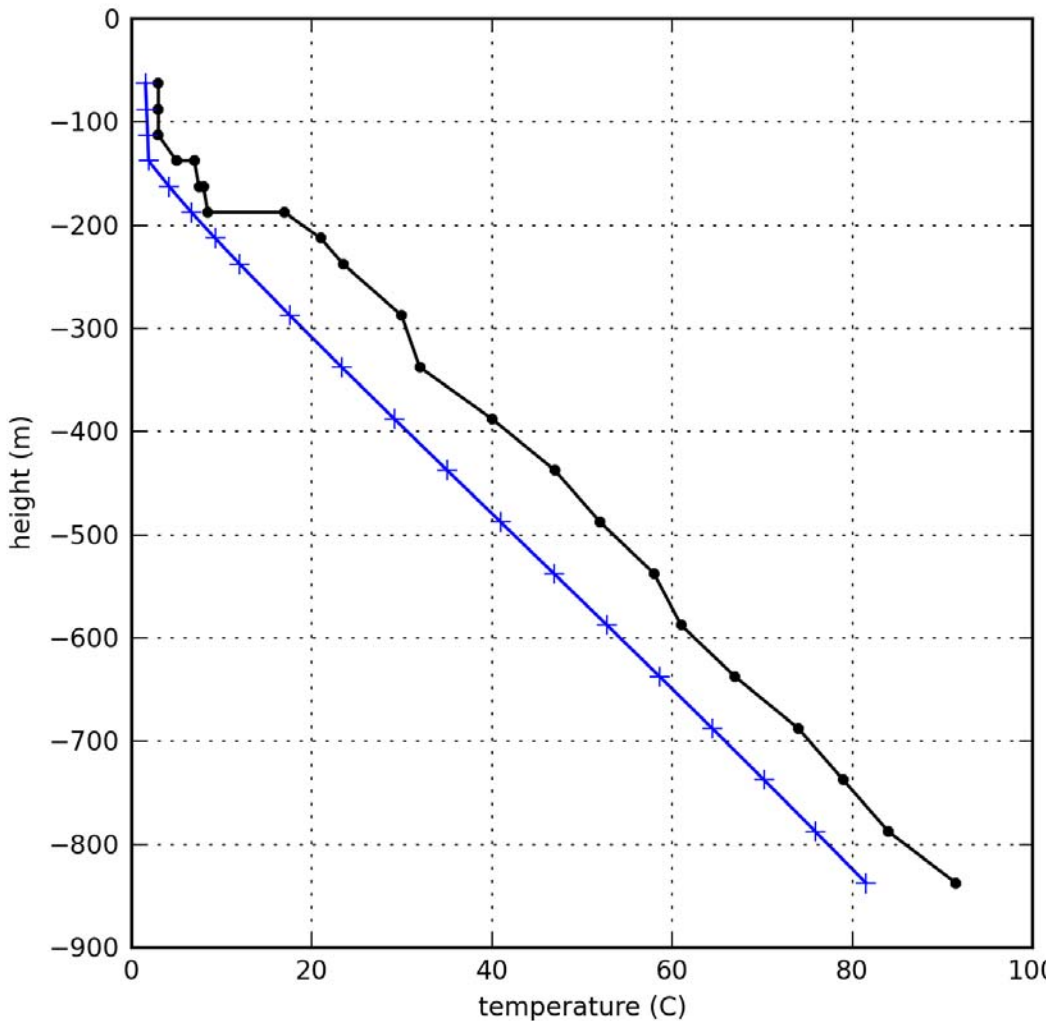
Նկար 2.30: Մոդելի դրսևնում ջերմաստիճանների բաշխումը ըստ A Սցենարի - համասեռ պարամետրականացում



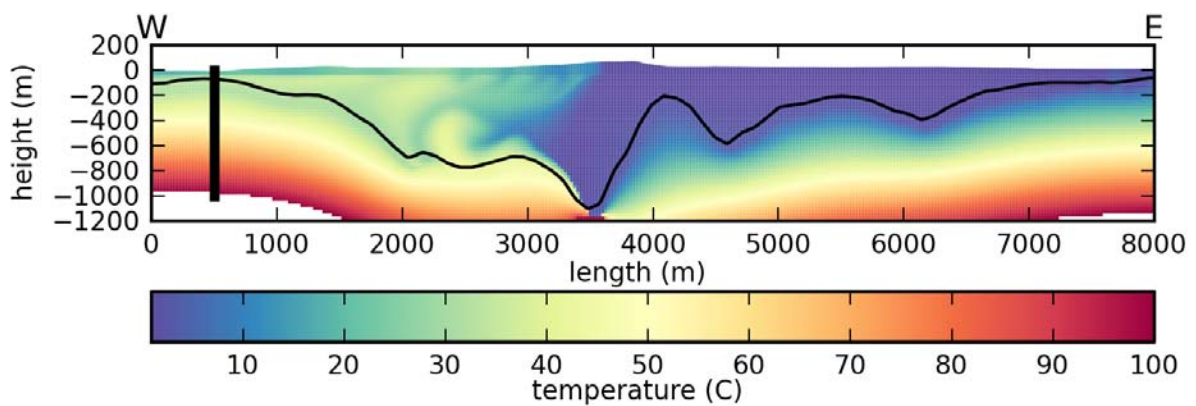
Նկար 2.31: Մոդելի դրսևնում ջերմաստիճանների բաշխումը ըստ A Սցենարի - անհամասեռ պարամետրականացում:



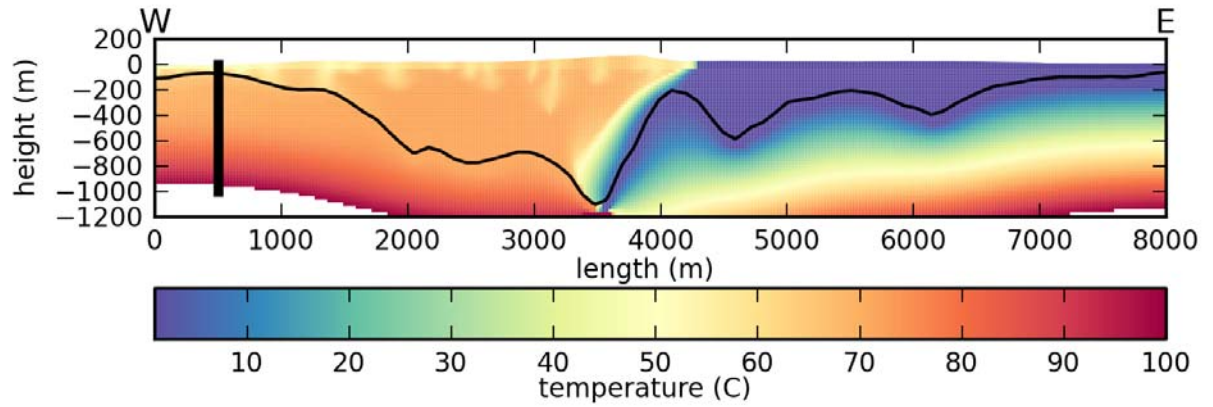
Նկար .2.32: Ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում՝ դիտված (սև շրջաններ) և կանխատեսվող (կապույտ խաչեր) ըստ Սցենար A -ի համասեռ պարամետրականացման:



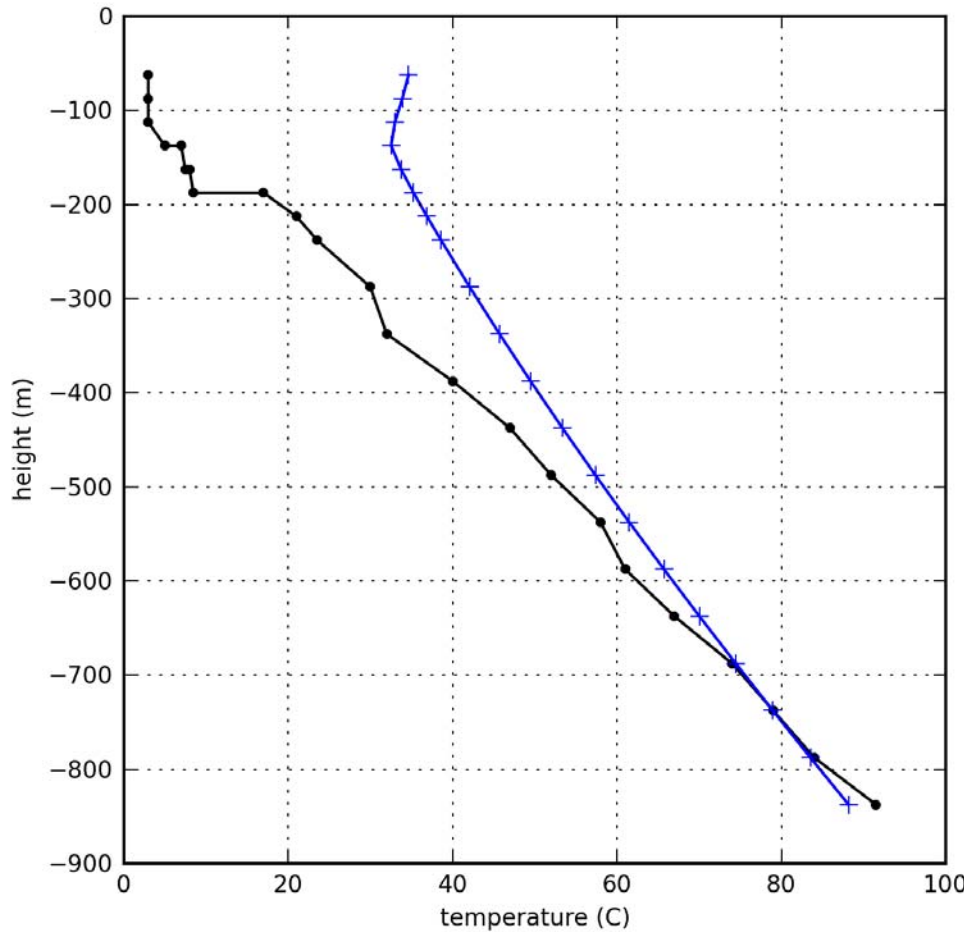
Նկար 2.33: Ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում՝ դիտված (սև շրջաններ) և կանխատեսվող (կապույտ խաչեր) ըստ Սցենար A-ի անհամասեռ պարամետրականացման:



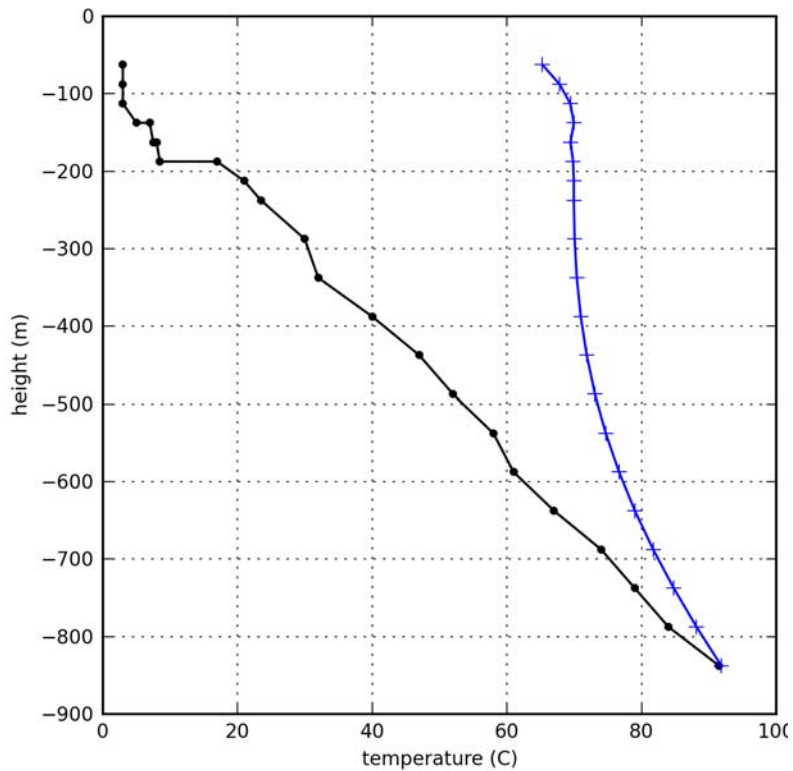
Նկար 2.34: Մոդելի դրսևնում ջերմաստիճանների բաշխումը ըստ B Սցենարի - համասեռ պարամետրականացում:



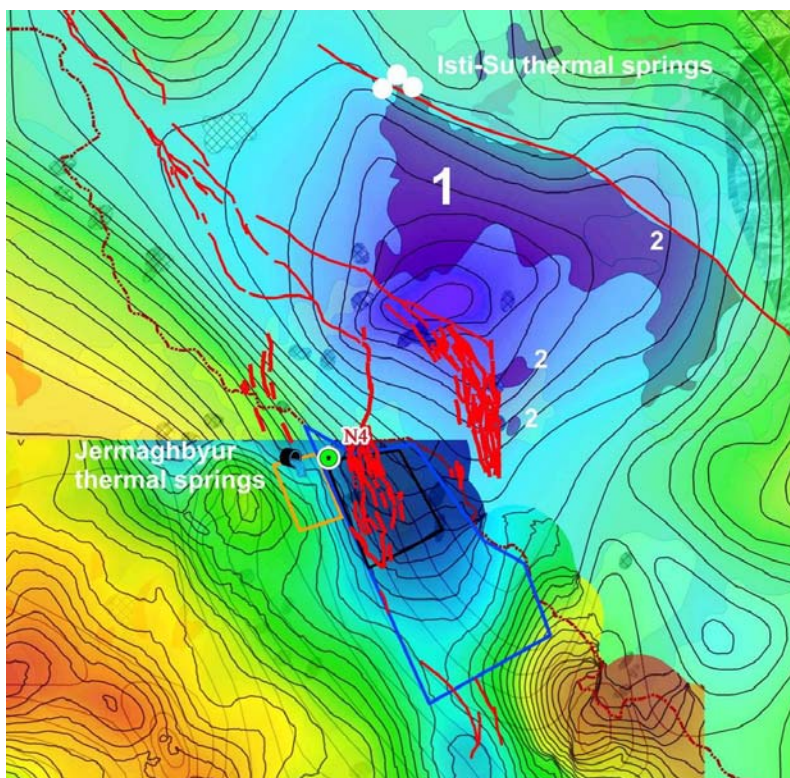
Նկար 2.35: Մոդելի դրսևում ջերմաստիճանների բաշխումը ըստ B Սցենարի - անհասամասեռ պարամետրականացում:



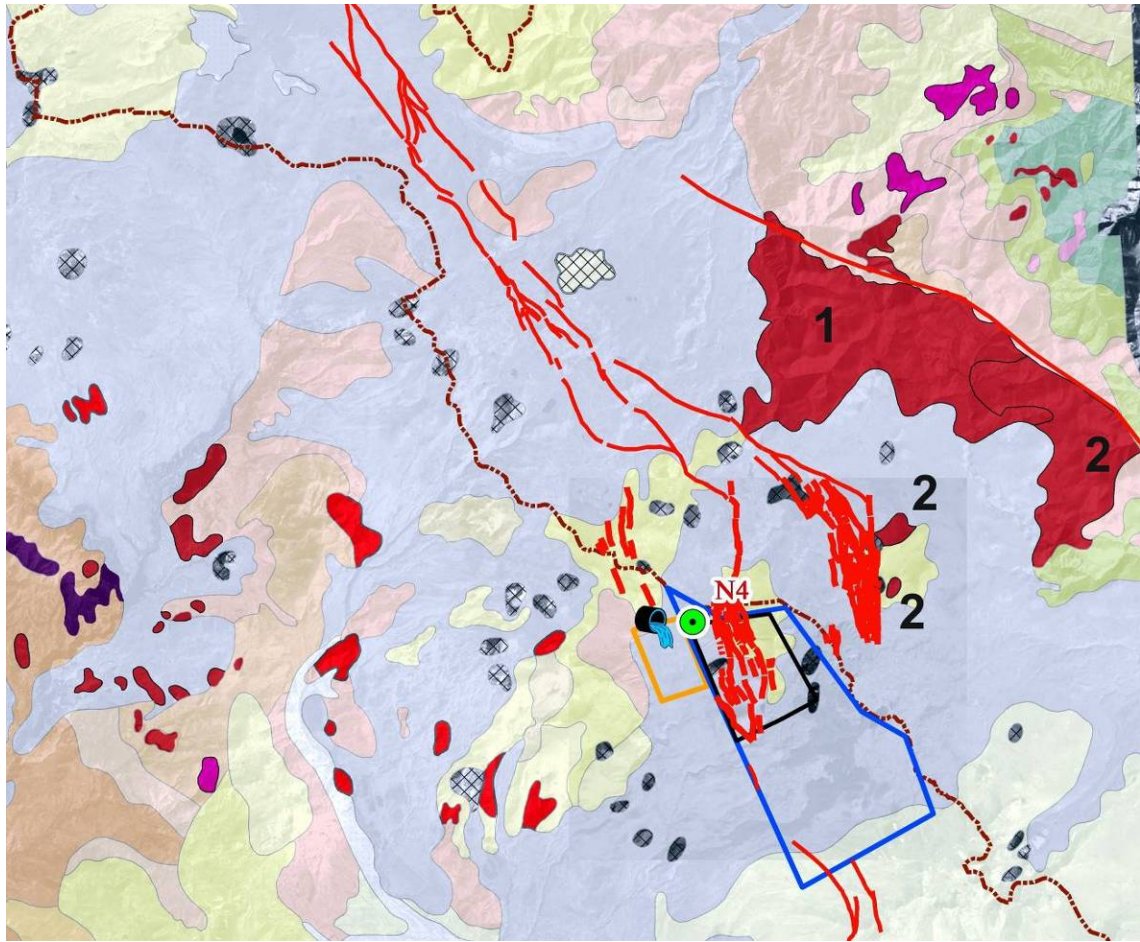
Նկար 2.36: Ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում՝ դիտված (սև շրջաններ) և կանխատեսվող (կապույտ խաչեր) ըստ Սցենար B-ի համասեռ պարամետրականացման:



Նկար 2.37: Ջերմաստիճանների բաշխումը Հորատանցք 4-ում՝ դիտված (սև շրջաններ) և կանխատեսվող (կապույտ խաչեր) ըստ Սցենար B-ի անհամասեռ պարամետրականացման:

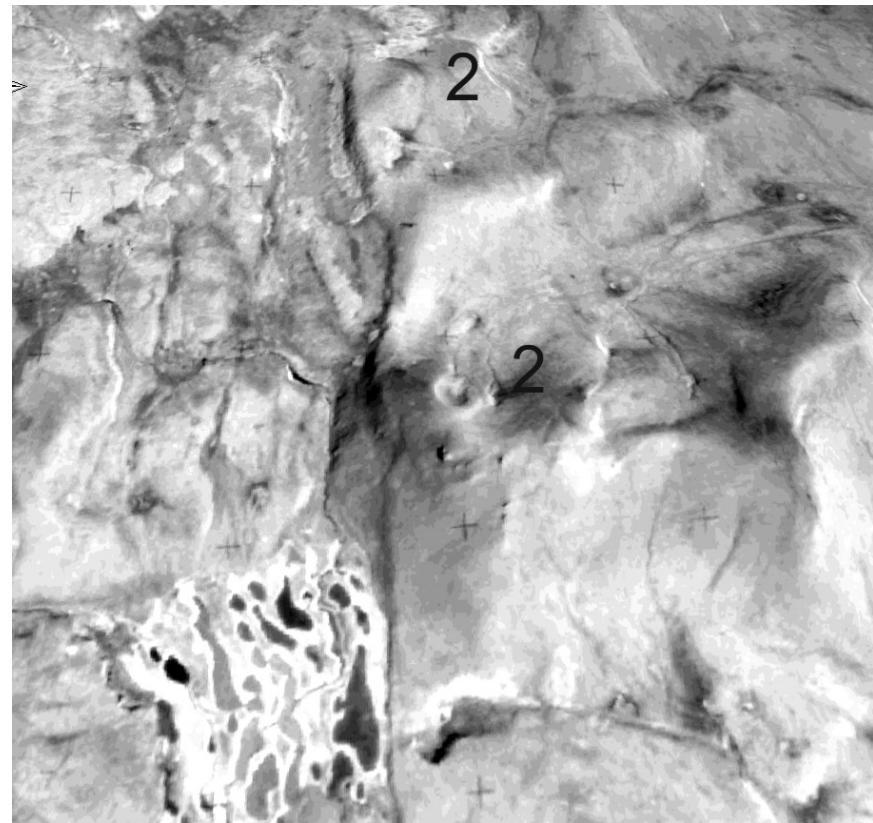
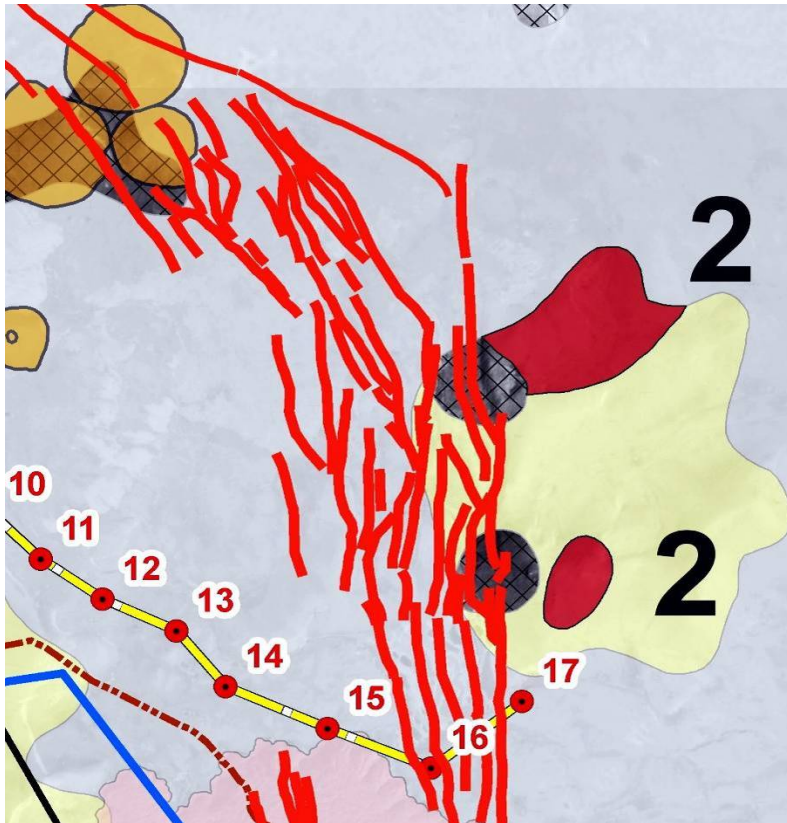


Նկար 2.38: Դալիդադի ինտրուզիան և տարածաշրջանի 1:200000 մասշտաբի ծանրաչափական քարտեզը:
 1-Դալիդադի ինտրուզիայի առաջին փուլը; 2 – Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ փուլը:

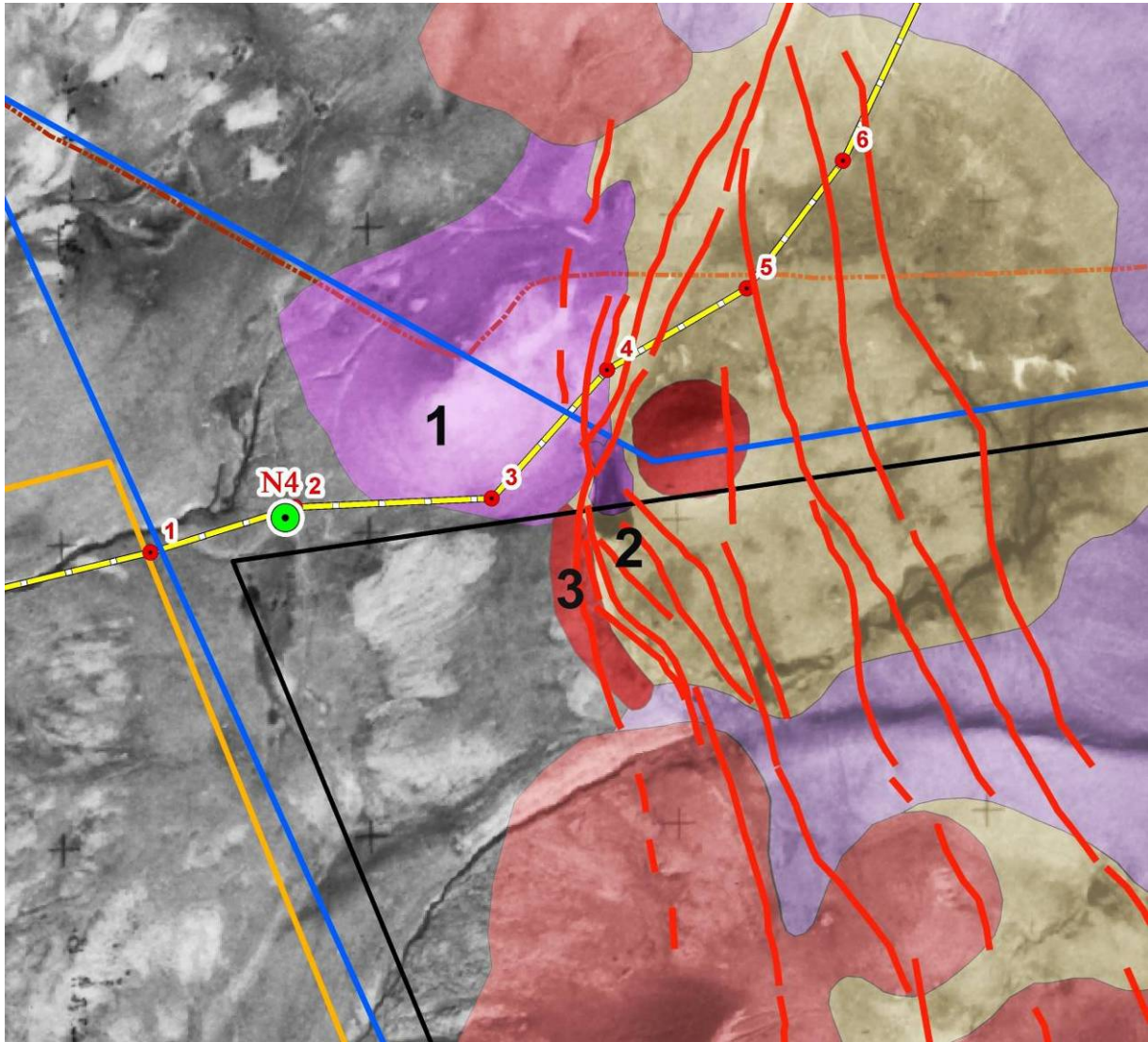


Նկար 2.39: 1:50000 մասշտաբի երկրաբանական քարտեզը.










1-Դալիդաղի ինտրուզիայի առաջին փուլը; 2 – Դալիդաղի ինտրուզիայի երկրորդ փուլը:



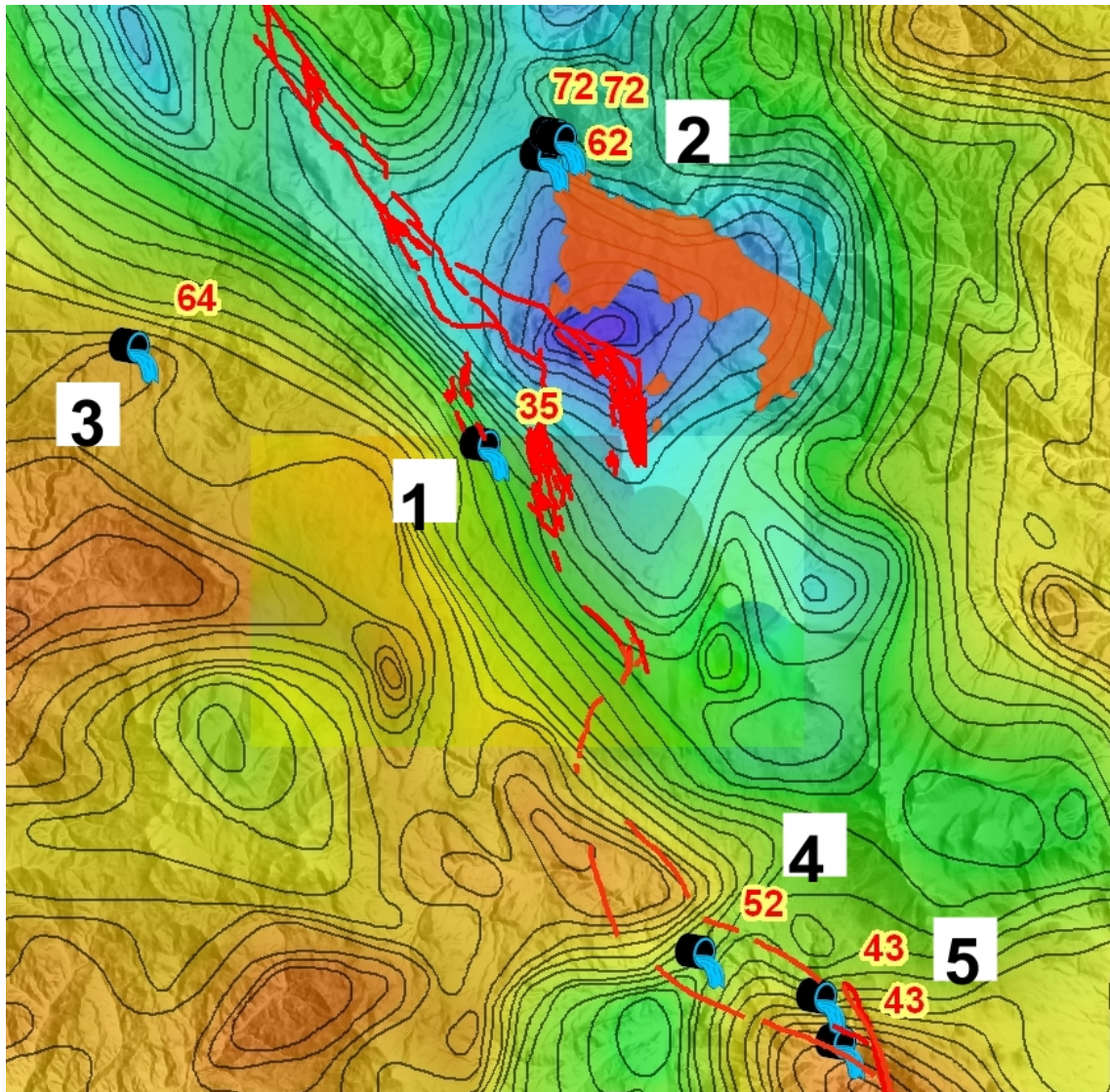
Նկար 2.40: 2009թ ՄՏ ուղեգծի 17-րդ կետից 0.7 և 2.5 կմ դեպի հյուսիս, մակերևույթում՝ Չորրորդական լավաների միջև՝ կան վաղ Միոցենի պորֆիրաձև գրանոդիորիտների փոքր ելքեր, որոնք վերաբերվում են Դալիդադի ինտրուզիայի երկրորդ փուլին, որից նրանք 4 և 6.5 կիլոմետրով հեռու են: Ընդ որում, երկու դեպքերում էլ ինտրուզիաների ելքերը պատռված են Չորրորդական հրաբուխներով:



LEGEND

	Depression deposits		Active faults
	Olivine trachybasalts		Petrographic sampling locations
	Amphibolic basaltic trachyandesites		Site of geological scouting
	Quartz rhyolites		Site of MT survey
	Clinopyroxene-amphibole trachyandesites		

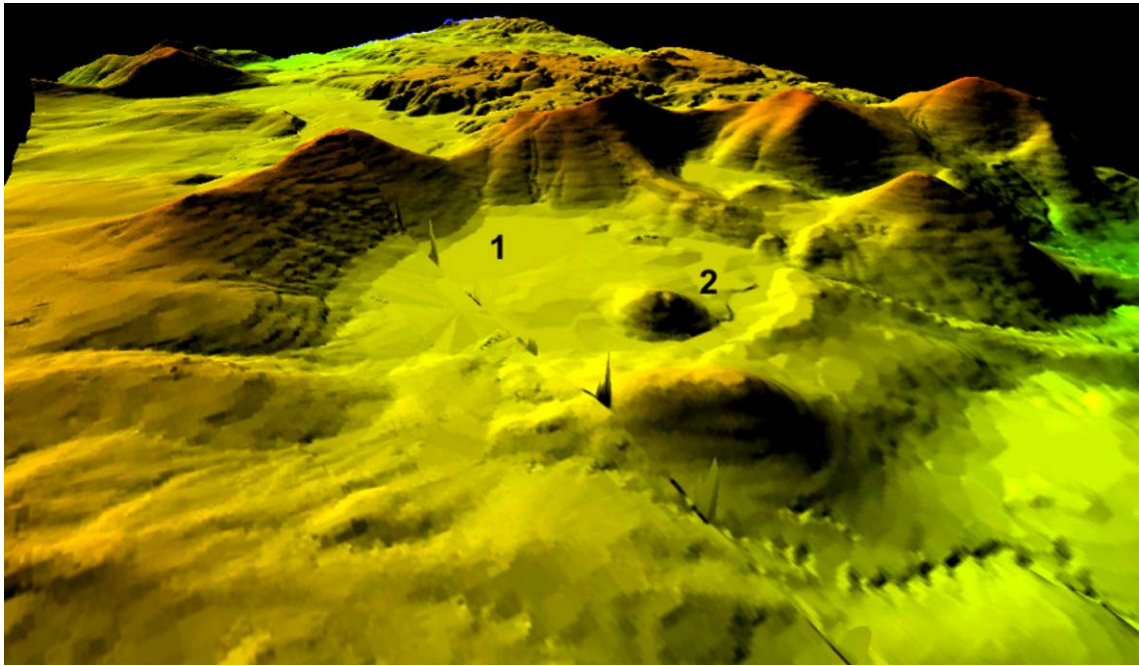
Նկար 2.41: Ռիոլիթների գտնվածքի քարտեզ՝ Քարքար տեղամասից 250 մետր դեպի հյուսիս



Նկար 2.42: Քարքար տեղամասի շուրջ ջերմային աղբյուրների տեղադիրքերը. 1 – Ջերմաղբյուր; 2- Ջերմաջուր (Իստի-սու); 3-Ջերմուկ; 4-Ույծ; 5 –Ույտ:

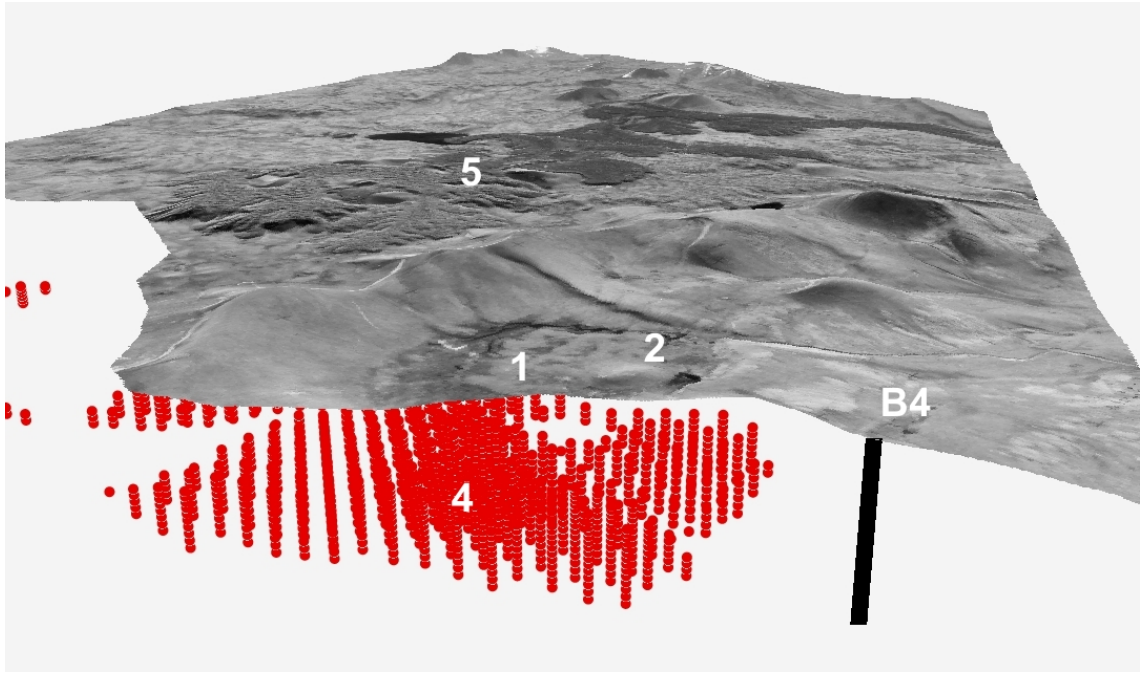


a

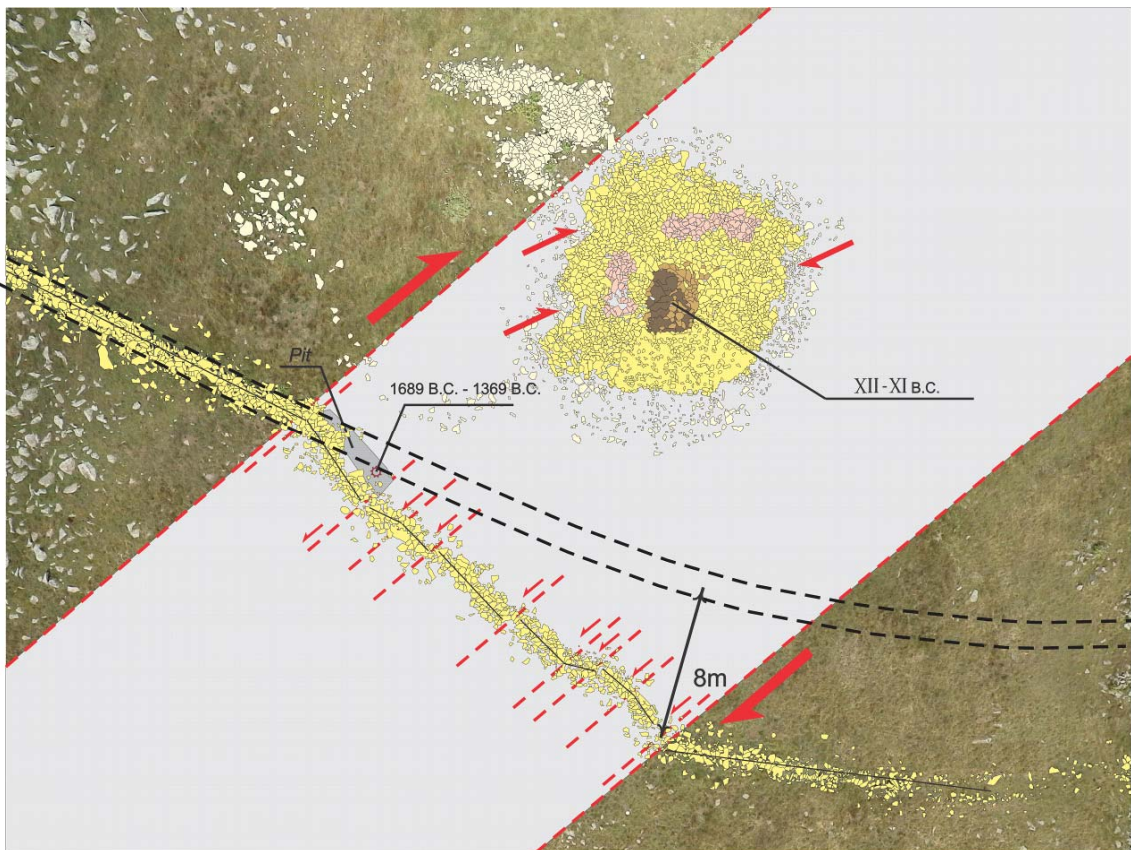


b

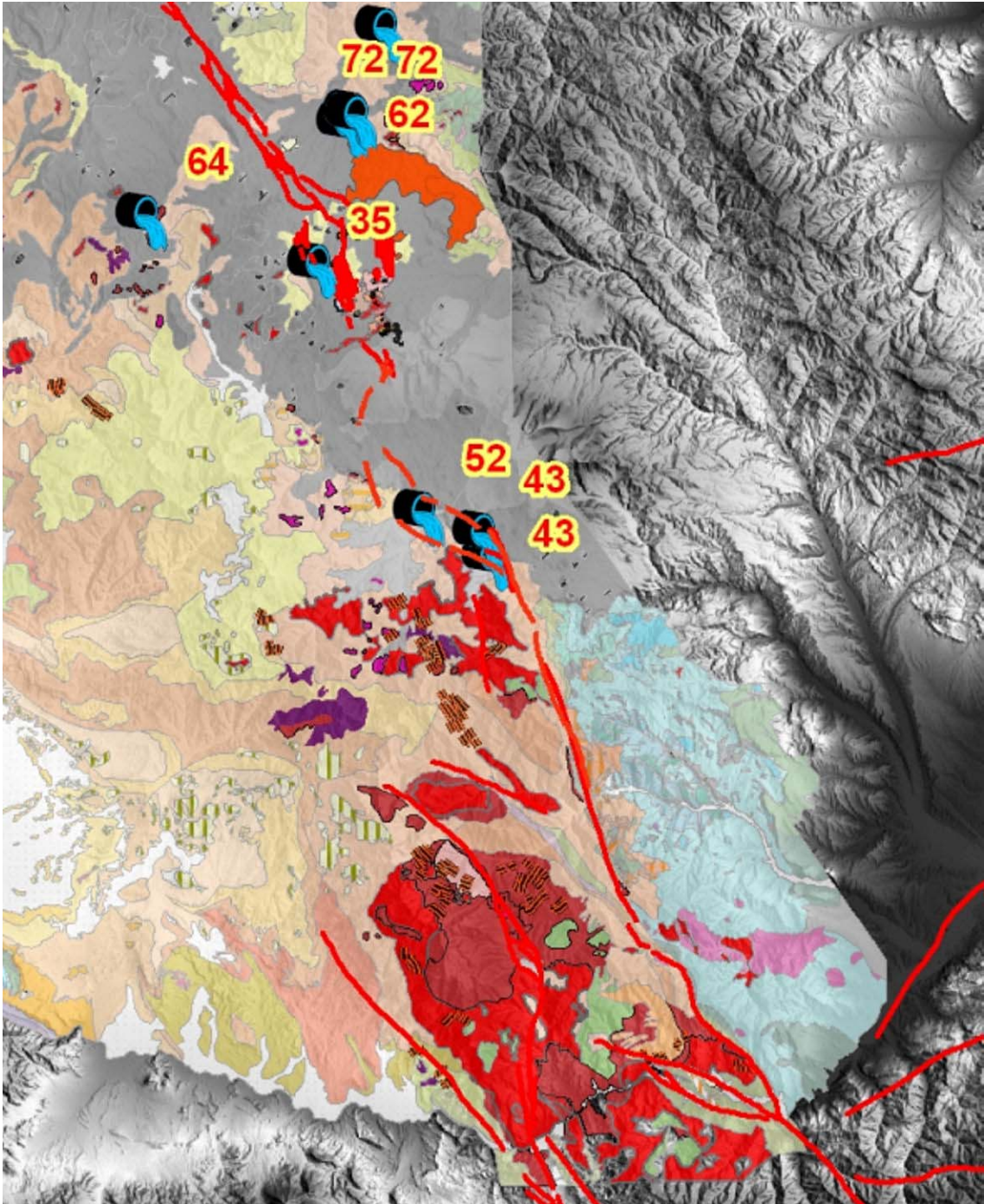
Նկար 2.43: D1 իջույթը. 1 –իջույթը; 2 – ռիովիթային գմբեթը; a- օդալուսանկարը; b – 1 մ տարրանջատման մակարդակով DEM-ը:



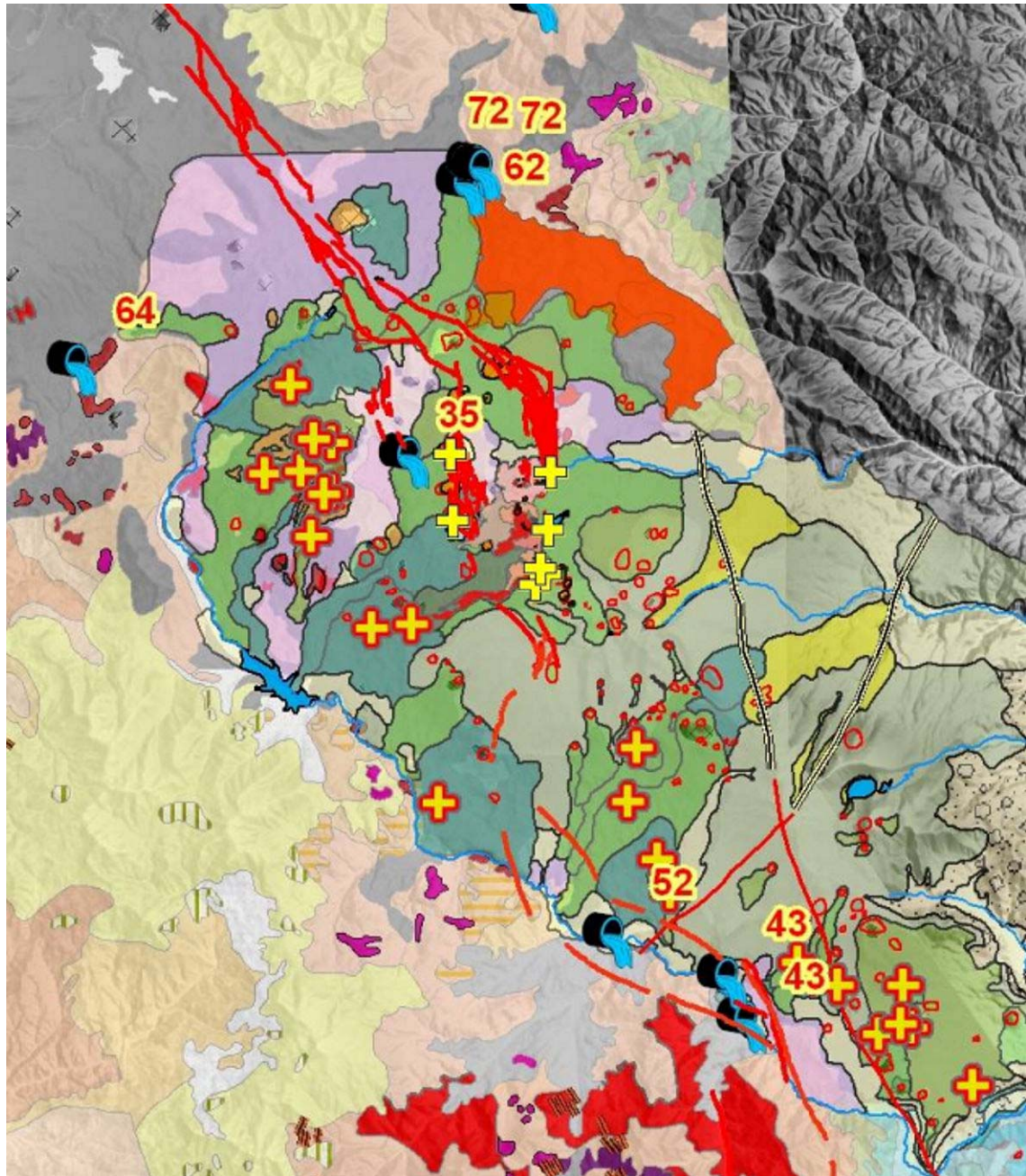
Նկար 2.44: D1 իջույթը. 1 – իջույթը; 2 – ռիովիթային գմբեթը; 4 – փոքր դիմադրությունով Շերտ 2-ը; 5 – Հոլոցենային հրաբուխները



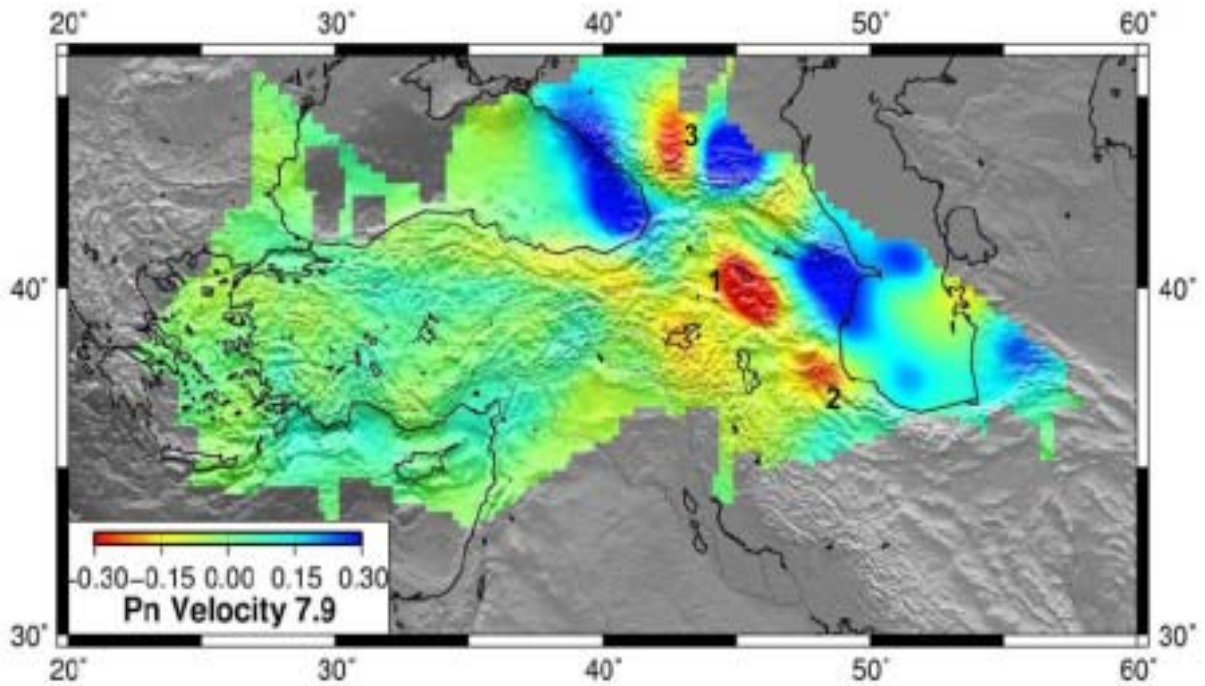
Նկար 2.45: Հին դամբարան Հորատանցք 4-ից 800 մ հեռու: Ուժեղ երկրաշարժից առաջացած մակերևույթային խզումը տեղաշարժել էր դամբարանը 8 մետրով:



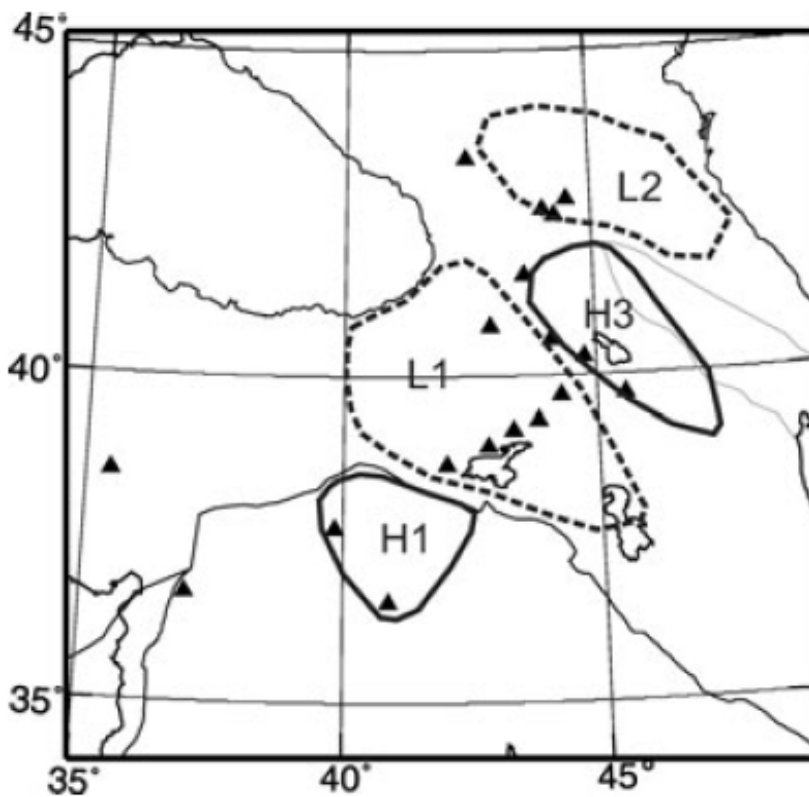
Նկար 2.46: Դալիդաղի և Մեղրիի խոշոր ինտրուզիաները, և նրանց միջև մի շարք մանր ինտրուզիվները և էքստրուզիաները, ձևավորում են հստակ, միջօրեականային կողմնորոշմամբ գոտի:



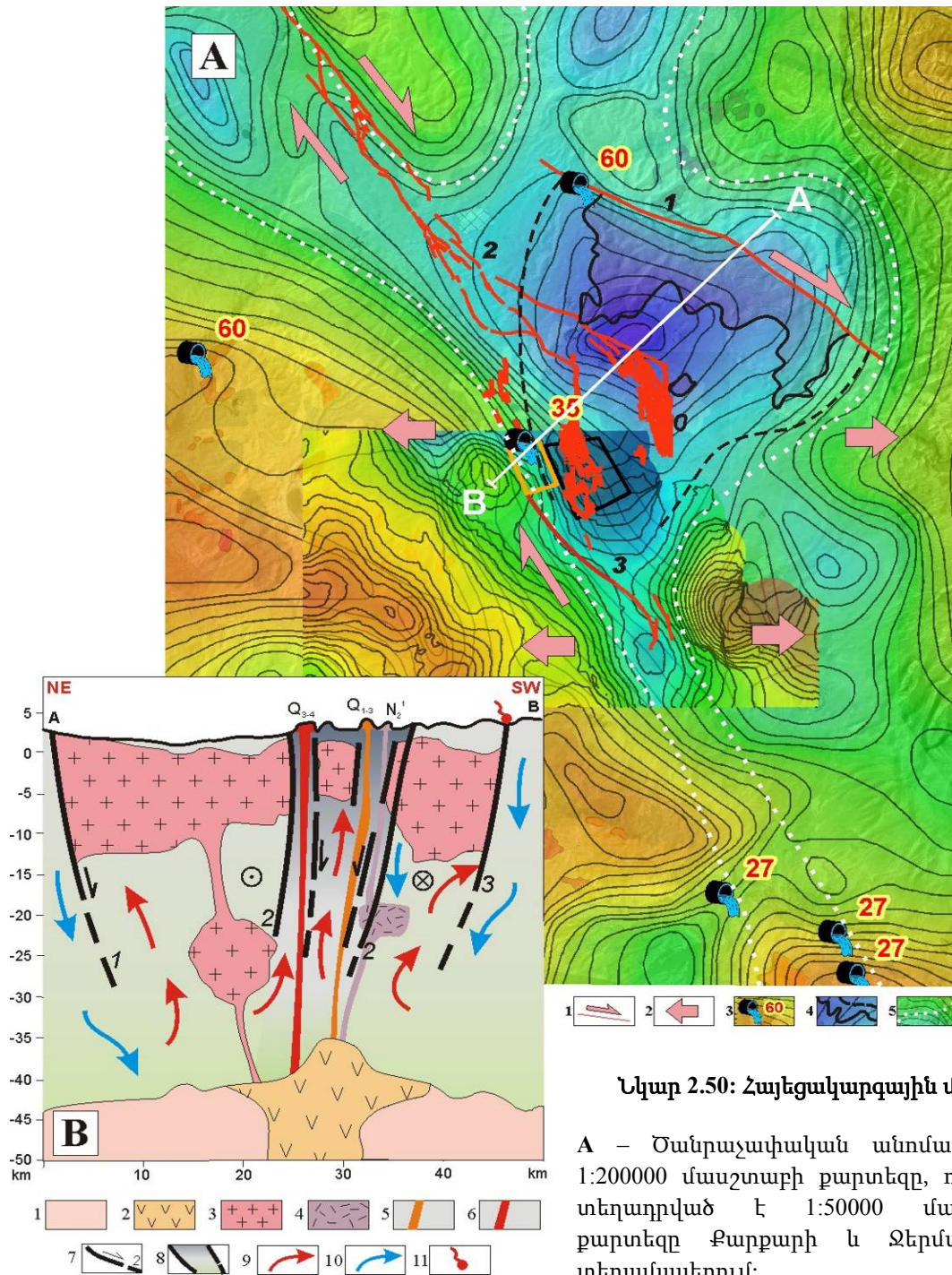
Նկար 2.47: Դալիդաղի և Մեդրիի խոշոր ինտրուզիաները, և նրանց միջև մի շարք մանր ինտրուզիվները և էքստրուզիաները, ձևավորում են հստակ, միջօրեականային կողմնորոշմամբ գոտի: Շրջանի հյուսիսում միօրեականային գոտին, ինտրուզիաներով հագեցած (կարմիր գույն), միանում է Սյունիքի լեռնաշխարհի ինտենսիվ Չորրորդական հրաբխականության զարգացման տարածքին (մոխրագույն), որի կենտրոնում գտնվում են Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերը: Խաչերով նշված են իզոտոպային անալիզների համար նմուշարկման տեղերը:



Նկար 2.48: P-ալիքների արագությունների անոմալիաները: Կարմիր գույնով նշվում են համեմատաբար փոքր արագությունների տարածքներ, որոնք մեկնաբանվում են իբրև մասամբ հալած վերին մանտիայի տիրույթներ: 1- Գեղամի, Վարդենիսի և Սյունիքի հրաբխային լեռնաշխարհերի տարածքը; 2 – Մախանդ հրաբուխը (Բրան); 3- Էլբրուս հրաբուխը (Toksoz et al., 2007)



Նկար 2.49: P-ալիքների արագությունների անոմալիաները (Zor, 2008)
 H1, H3, L1 և L2՝ արագության անոմալիաներն են վերին մանտիայի ոչ խորը մասում (ձախից):
 Հաստ գորշ գծերով ներկայացվում են խոշոր սալերի սահմանները:

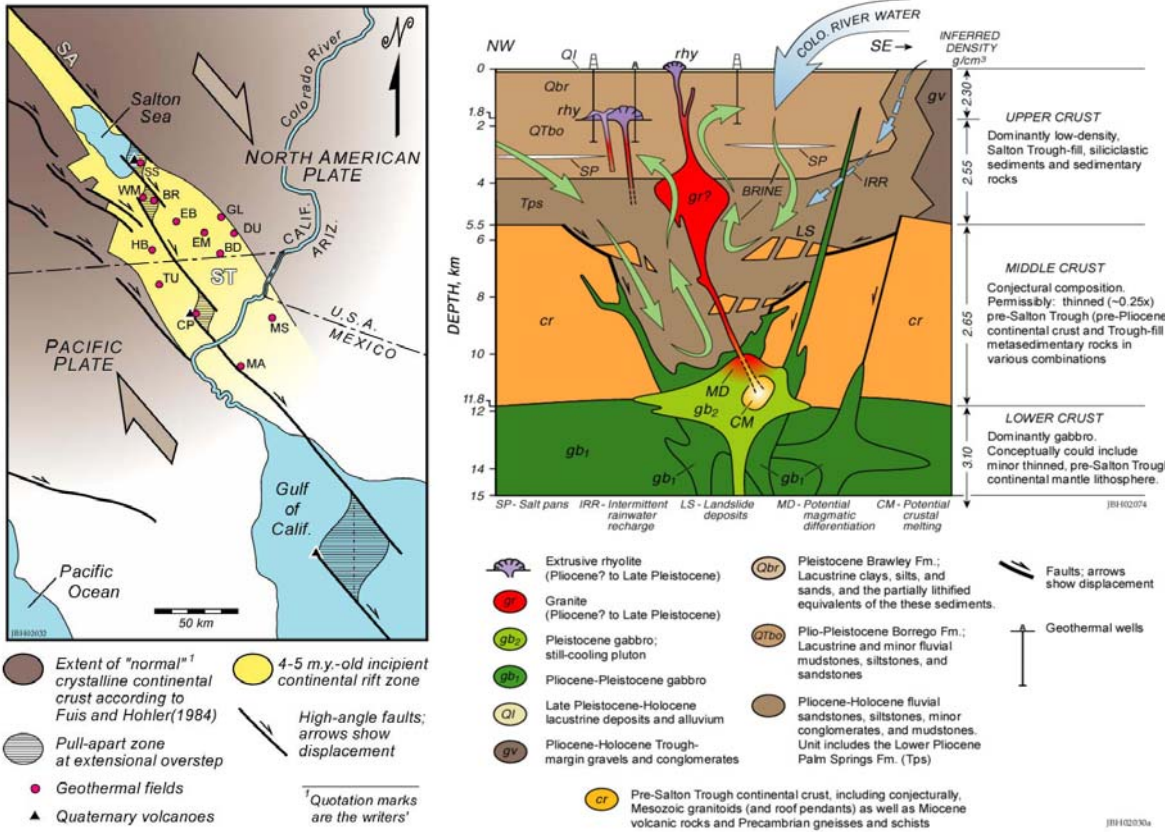


Նկար 2.50: Հայեցակարգային մոդել

A – Ծանրաչափական անոմալիաների 1:200000 մասշտաբի քարտեզը, որի վրա տեղադրված է 1:50000 մասշտաբի քարտեզը Քարքարի և Ջերմաղբյուրի տեղամասերում:

Բացատրագիր A: 1 – Փամբակ-Սևանի ակտիվ խզվածքը (աջակողմյա կողաշարժ); 2 – ձգման լարումներ “փուլ-սպարտ” ավազանի տարածքում; 3 – ջերմային աղբյուրներ՝ նրանց ջերմաստիճանների նշումով; 4 – Դալիդաղի ինտրուզիան (հոծ գծեր՝ ինտրուզիայի մերկացումները մակերևույթում); 5 – երկրաջերմային ռեզերվուարների որոնման համար հեռանկարային տարածքը:

Բացատրագիր B: 1 – անոմալային ձևով ջերմացած մանտիայի գոտին, 2 – հնարավոր մագմային օջախը, 3 – Դալիդաղի ինտրուզիան - I և II փուլերը միասին ($Pg_2 - N_1$), 4 – ռիոլիթները – Դալիդաղի ինտրուզիայի III փուլը (N_2), 5 – Քարքարի Պլեյստոցենային հրաբուխները (Q_{1-3}), 6 – Քարքարի Հոլոցենային հրաբուխները (Q_4), 7 – Փամբակ-Սևանի համակարգի խզվածքները (1 – Տերտերի խզ., 2 – Քարքարի “փուլ-սպարտը”, 3 – Քարքար-Ջերմաղբյուրի խզ.); 8 – Քարքարի “փուլ-սպարտ” ավազանի խզվածքներով սահմանազատվող՝ ուղղաձիգ թափանցելի գոտին; 9 – ջերմային հանքայնացված ջրերը; 10 – պաղ մակերևույթային ջրերը, 11 – Ջերմաղբյուրի ջերմային աղբյուրը:



Նկար 2.51: Կալիֆորնիայի «Սալթն սի Ինպերիալ վալեյ» երկրաջերմային դաշտի հայեցակարգային մոդելը

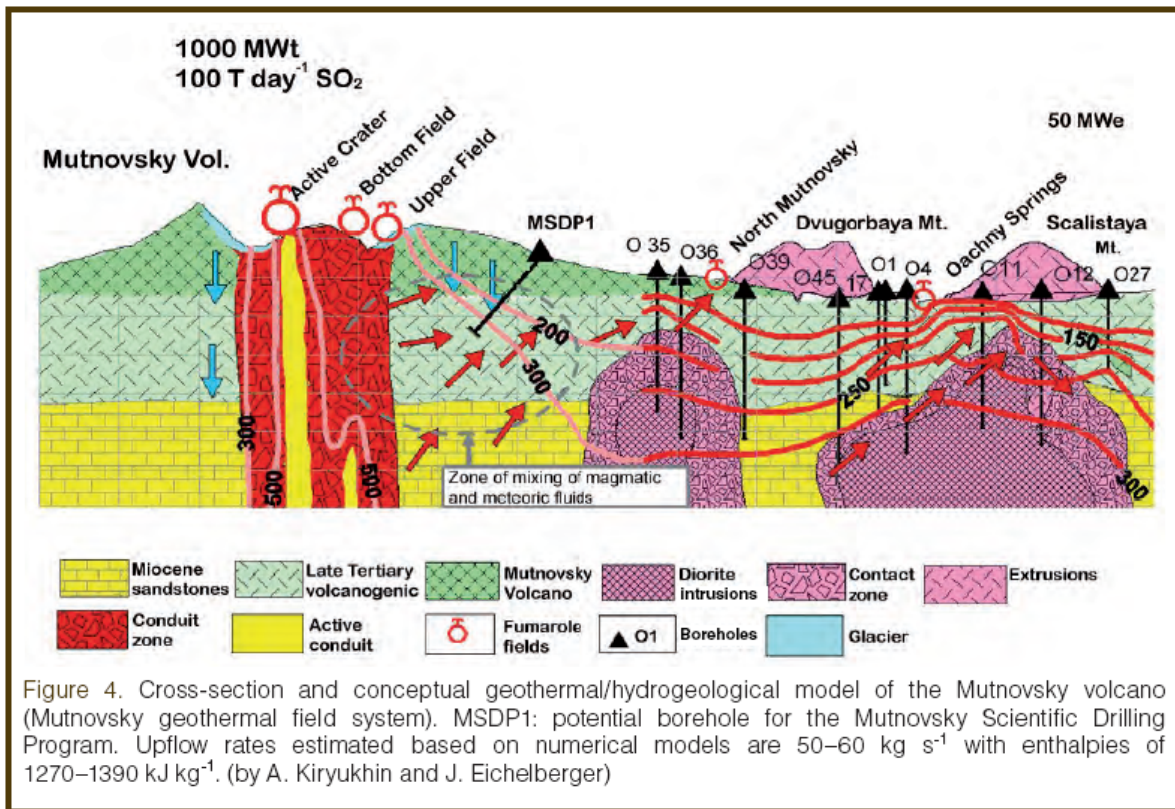
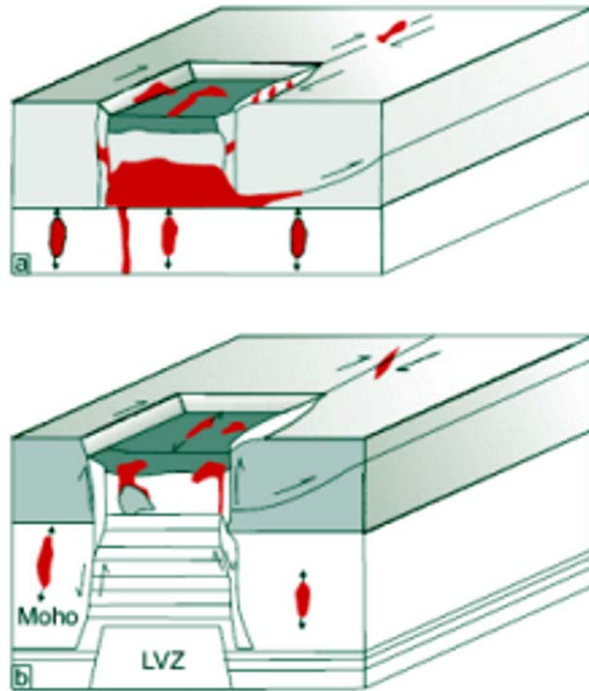
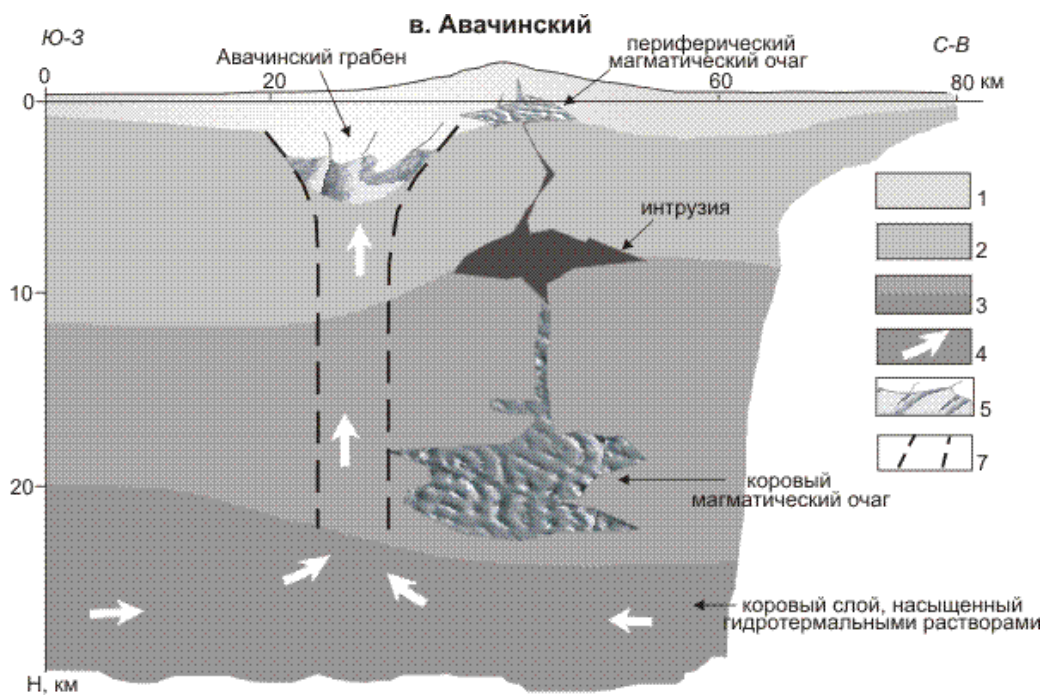


Figure 4. Cross-section and conceptual geothermal/hydrogeological model of the Mutnovsky volcano (Mutnovsky geothermal field system). MSDP1: potential borehole for the Mutnovsky Scientific Drilling Program. Upflow rates estimated based on numerical models are 50–60 kg s⁻¹ with enthalpies of 1270–1390 kJ kg⁻¹. (by A. Kiryukhin and J. Eichelberger)

Նկար 2.52: Կամչատկայի Մուսովսկոյե հանքավայրի հայեցակարգային մոդելը



Նկար 2.53: Մխենատիկ “փուլ-ապարտ” կողաշարժային ավազաններ, ներառող (a) միայն առաձգական գլխամասը (հիմքի նշան), և (b) ամբողջ քարոլորտը (Dewey et al., 1986 աշխատությունից փոքր ձևափոխումներով)

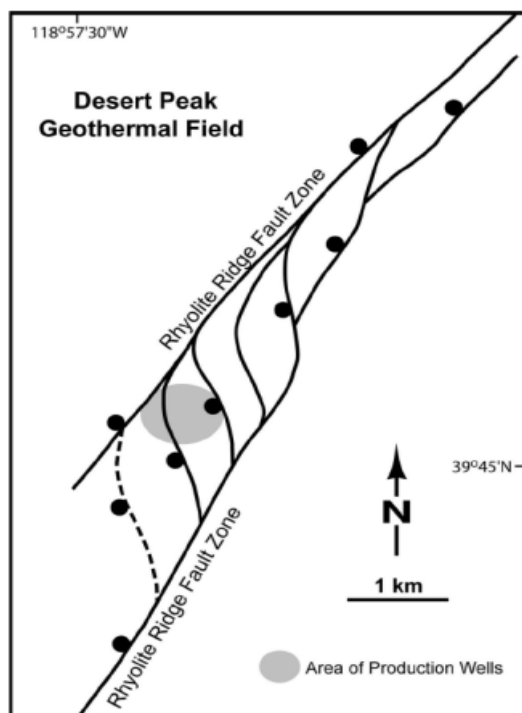


Նկար 2.54: Ավաչինսկի հրաբուխի երկրաբանատեղագրական մոդելը:

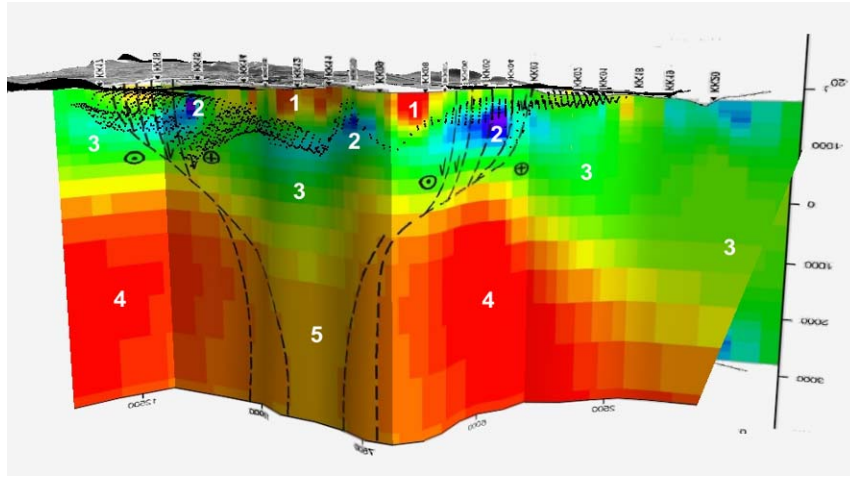
- 1 – նստվածքա-հրաբխածին պատյանը; 2, 3 – Կավիճի և բյուրեղային հիմքը և ստորին կեղևի շերտը; 4 – ֆլուիդների հնարավոր անցուղիները; 5 – անոմալային գոտի գրաբենի հիմքում; 6 – ենթադրյալ խորքային խզվածք:



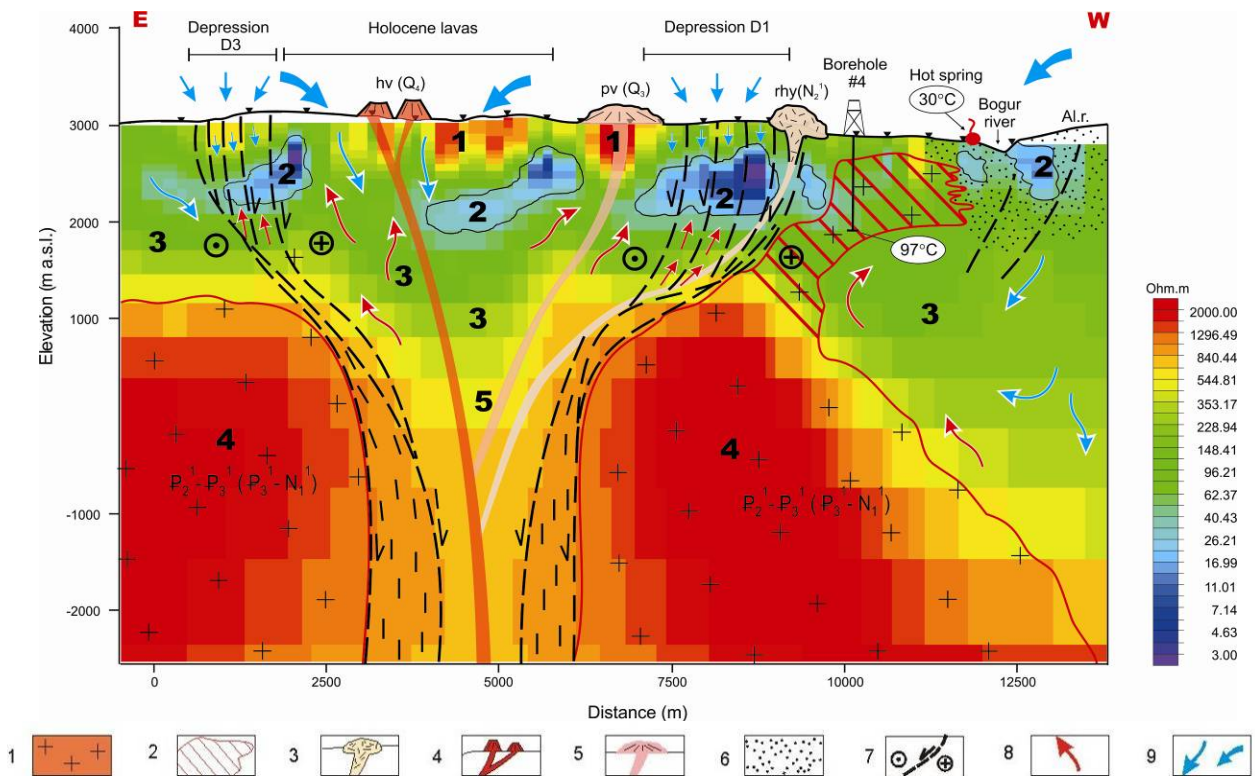
Նկար 2.55: Տաք ջրերի հսկայական (280-360°C) երկրաջերմային մի համակարգ գտնվում է Սյերո Պրիետոյում. Արևելյան Հաղաղովկիանուսյան սալերի ստորջրյա սեգմենտի երկայնքով: Այդ դաշտը այժմ արտադրում է 720 ՄՎտ էլեկտրականություն 4000 մ խորությամբ երկրաջերմային ռեզերվուարներից:



Structural map of the Desert Peak geothermal field (from Faulds and Garside, 2003). Production wells occur within a left step of the Rhyolite Ridge fault zone, where multiple fault strands connect the major overlapping fault segments. The faults shown with solid lines are defined by offset strata and/or well logs. Balls are shown on downthrown sides of normal faults. More detail is shown for the Desert Peak field (as compared to others discussed in this paper), because detailed geologic mapping and compilation of well data has been completed in this area. Numerous wells in the Hot Springs Mountains also facilitate more comprehensive subsurface interpretations as compared to most other geothermal fields within the Great Basin.

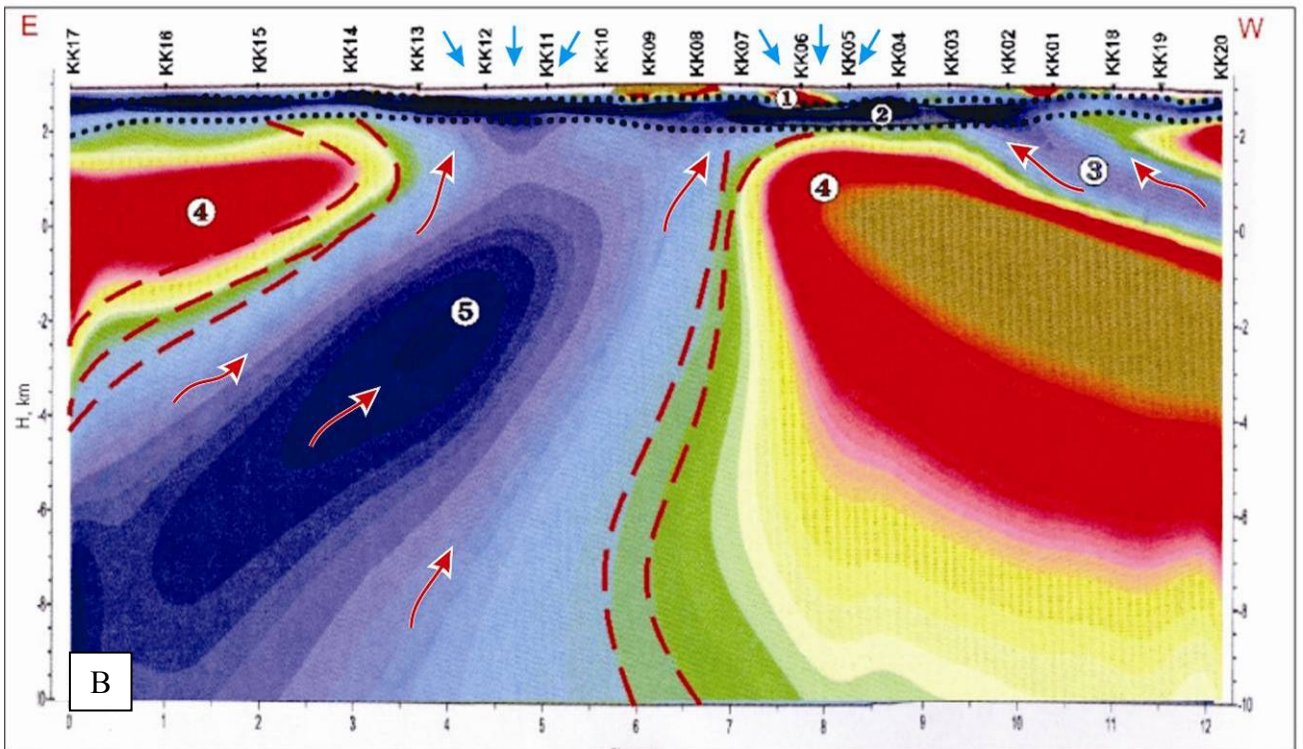
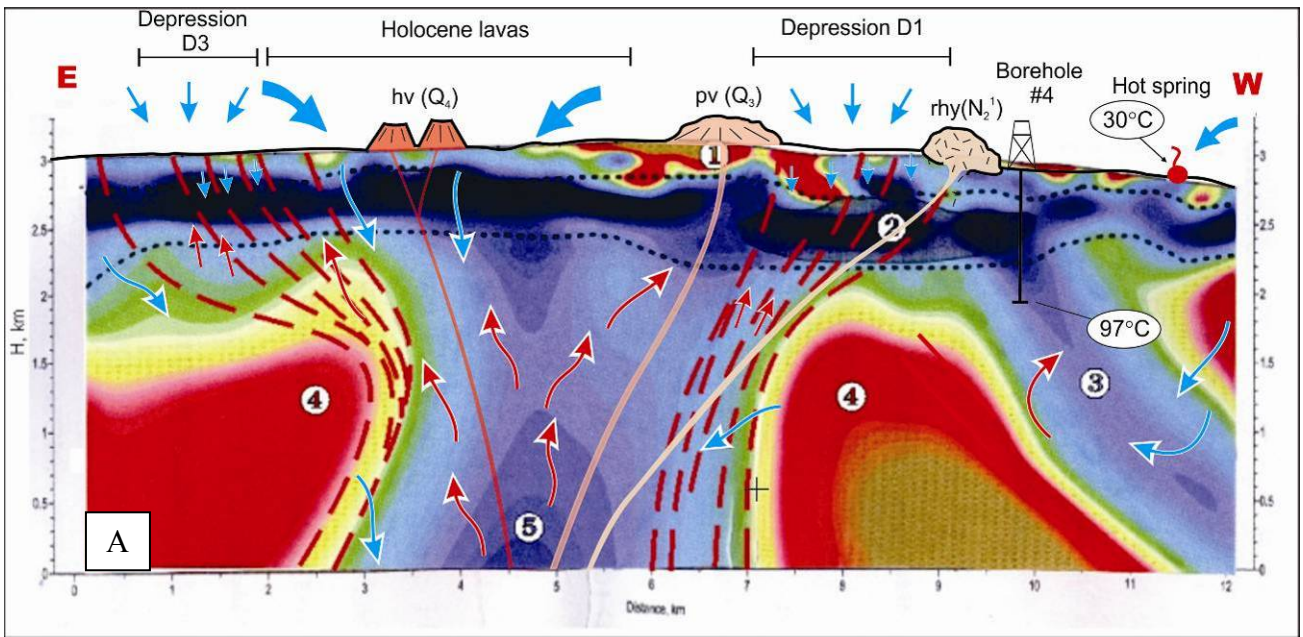


Նկար 2.56: Քարքարի տեղամասում անջատվող կառուցվածքային միավորները ըստ երկրաբանական հետազոտությունների տվյալների, ՄՏ և ծանրաչափական հանույթների. 1, 2, 3, 4, 5՝ դրանք տեքստում նկարագրվող տարբեր շերտերն են: Մև կետերով նշվում է ծանրաչափական մոդելը, որը գրանցում է AL-ի լավաներով և գետաբերուկային ապարներով լցված նստվածքային ավազանի հատակը:

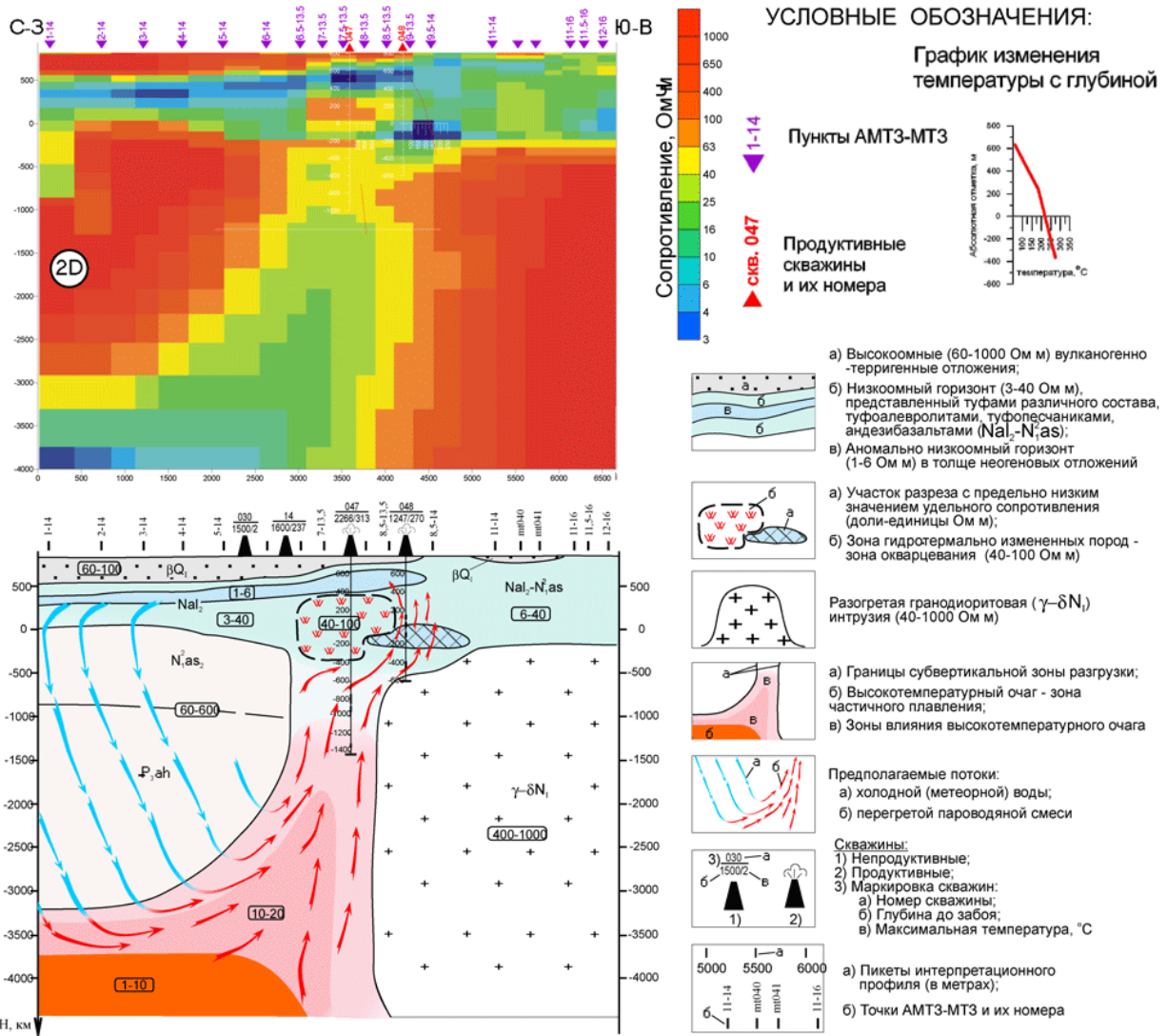


Նկար 2.57: Քարքարի A մոդելը 5 կմ խորությամբ՝ հաշվի է առնում 2D ՄՏ մեկնաբանությունը ըստ «Գեոոիսկ/ՀՖՀ» մոդելի և նախատեսում է ցածր դիմադրությունների արժեքների բացակայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ):

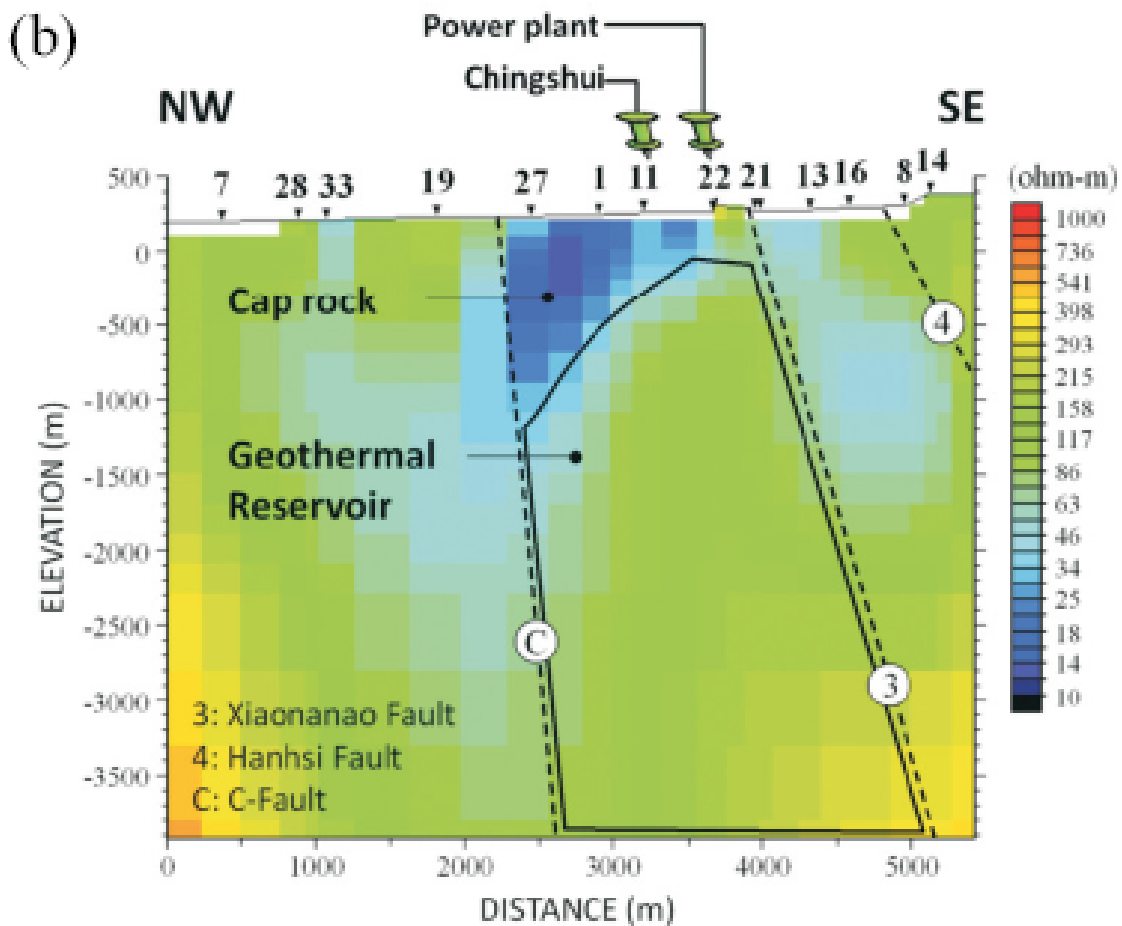
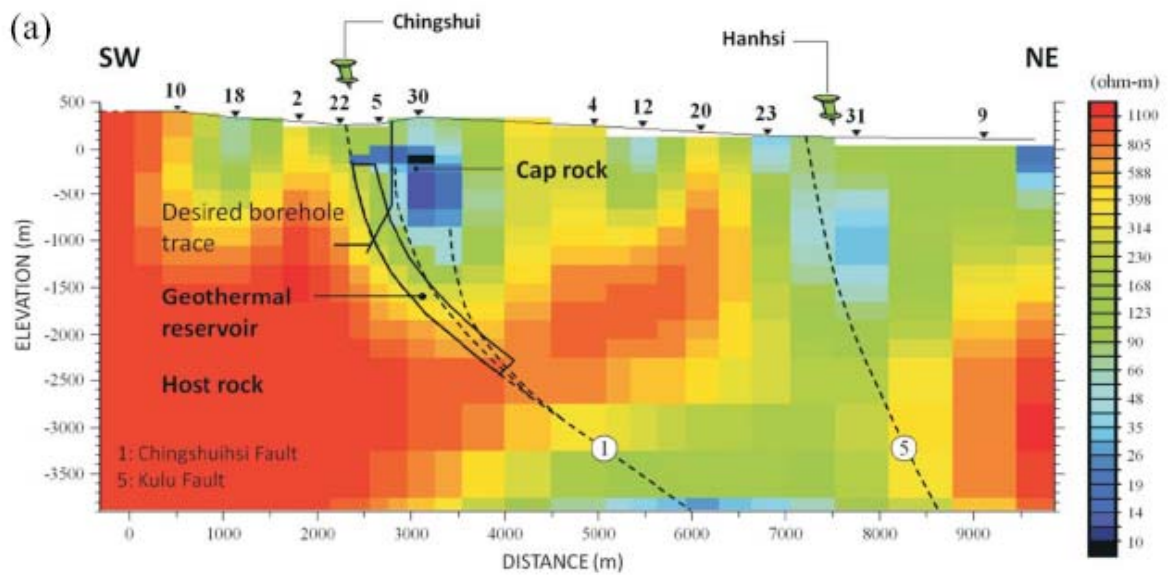
Բացատրագիր: 1 – Դալիդադի ինտրուզիան՝ 1 և 2 փուլերը միասին ($Pg^3 \tau - N^1$) ըստ ՄՏ հանույթի տվյալների, 2 – Դալիդադի ինտրուզիայի 1-ին փուլի ենթադրվող տարածումը ըստ հորատման տվյալների; 3 – ռիոլիթներ՝ Դալիդադի ինտրուզիայի 3 փուլից (N_2); 4 – Քարքարի Պլեյստոցենային հրաբուխները (Q_{1-3}); 5 – Քարքարի Հոլոցենային հրաբուխները (Q_4); 6 – հիդրոջերմային կայծքարացման և ալունիտականացման գոտի; 7 – Փամբակ-Սևանի համակարգի խզվածքները; 8 – ջերմային հանքայնացված ջրերը; 9 – սպաղ մակերևույթային ջրերը. 1-5 – կառուցվածքային միավորները՝ տարբեր դիմադրություններով շերտեր ըստ ՄՏ հանույթի տվյալների:



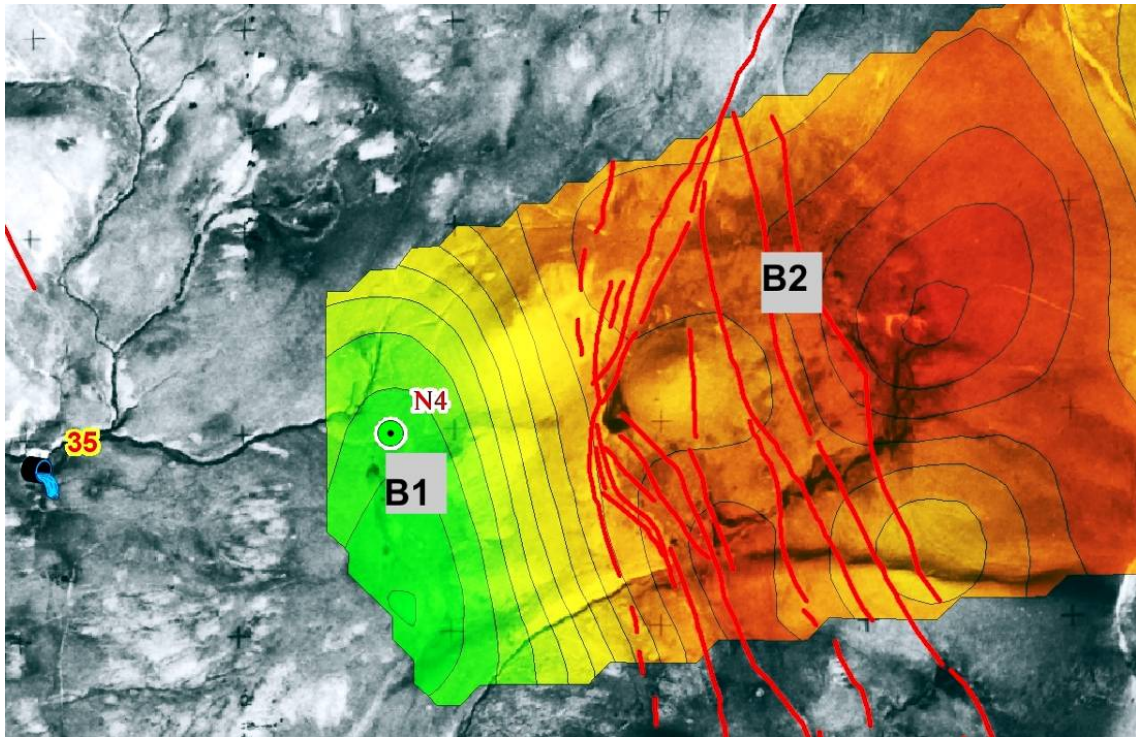
Նկար 2.58: Քարքարի **B** մոդելը. **A** - 3.5 կմ խորության համար և **B** – 10 կմ խորության համար, որը հաշվի է առնում 2D ՄՏ մեկնաբանությունը ըստ 2004թ և 2009թ «Նորդ-Վեստ»-ի մոդելների և ենթադրում է դիմադրությունների փոքր արժեքների ` 20-30 Օմսմ ` ներկայությունը Շերտ 5-ի գոտում (PDZ): Պայմանական նշանները նույնն են ինչը և Նկար 2.57-ում:



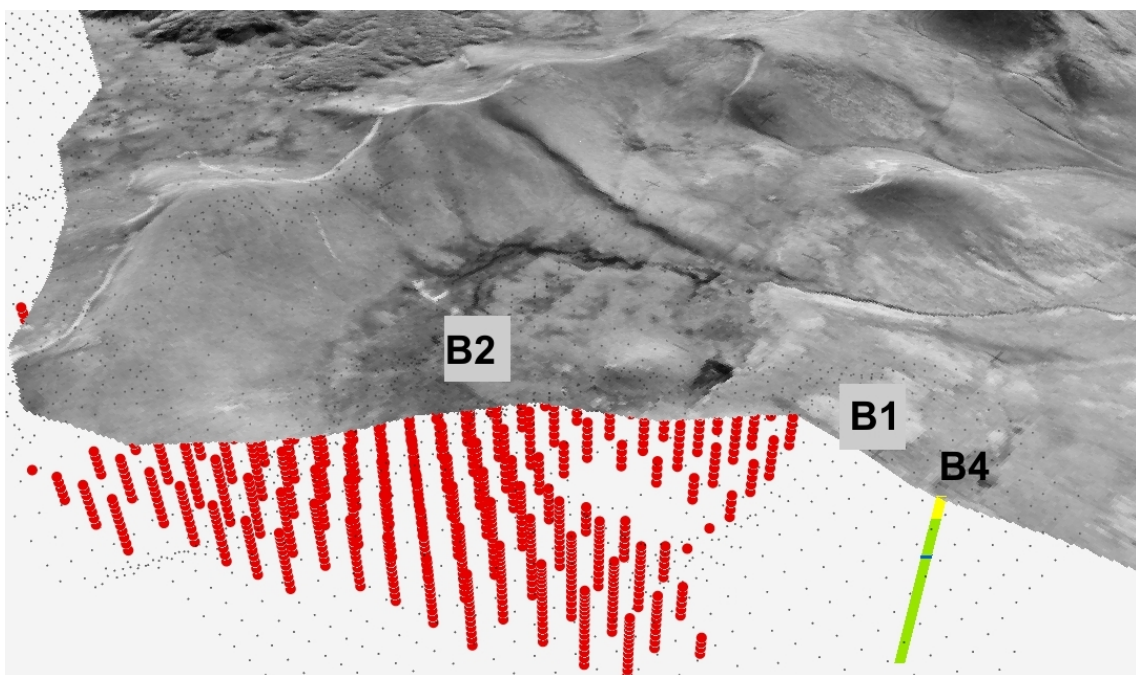
Նկար 2.59: Մոտոպակոյե երկրաչերմային հանրավայրի հայեցակարգային մոդելը (“Результаты...”, 2008).



Նկար 2.60: Թայվանի Շինգշույ Դլան երկրաջերմային հանքավայրի հայեցակարգային մոդելը (Lung-tao Tong et al., 2008).



Նկար 2.61: Հետախուզական հորերի հորատման համար առաջարկվող տեղերը: B1 –առաջին հորը; B2 – երկրորդ հորը; N 4 – Հորատանցք 4-ը:



Նկար 2.62. Հետախուզական հորերի հորատման համար առաջարկվող տեղերը: B1 –առաջին հորը; B2 – երկրորդ հորը; N 4 – Հորատանցք 4-ը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

- Blais, J. A. R. and Ferland, R.** (1984). Optimization in gravimetric terrain corrections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21:505-570
- Campbell, D. L.** (1980). Gravity terrain corrections for stations on a uniform slope – a power law approximation. *Geophysics*, 45:109-112.
- Daly, R.** (1935). Densities of rocks calculated from their chemical analyses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 21:657-663.
- Kane, M. F.** (1962). A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. *Geophysics*, 27:455-462.
- LaFehr, T. R.** (1991). Standardization in gravity reduction. *Geophysics*, 56:1170-1178.
- Langevin, C., Thorne, D.T., J., Dausman, A., Sukop, M., and Guo, W.** (2008). SEAWAT version 4: A computer program for simulation of multi-species solute and heat transport: U.S. Geological Survey techniques and methods book 6, chapter a22. In U.S. Geological Survey Techniques and Methods Book 6, Chapter A22. U.S. Geological Survey.
- Moore, J. G.** (2001). Density of basalt core from Hilo drill hole, Hawaii. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 112:221-230.
- Nowell, D. A. G.** (1999). Gravity terrain corrections - an overview. *Journal of Applied Geophysics*, 42:117-134.
- Абовян, С. Б., и Малхасян, Э. Г., 1961.** О редком случае прорыва граносиенитового интрузива четвертичным вулканом в Армянской ССР. Доклады Академии Наук Армянской ССР, стр. 231-234
- Azizbekyan, O. G.** Study and generalization of data on the geological structure, recent volcanism and tectonics in the Vorotan River basin
- Азизбекян О.Г. и др., 1987.** Региональные геолого-геофизические исследования в районах интенсивного развития неоген-четвертичных вулканических процессов (общие поиски геотермальных месторождений). Ереван.
- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandvol, E., Turkelli, N., Mohamad, R., and Barazangi, M., 2003.** Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (eastern Turkey) and the surrounding regions, *Geophys. Res. Lett.*, 30(24)
- Бабурян Г.М. и др., 1984.** Сейсморазведочные работы, проведенные Южной геофизической партией в Сисианском, Горисском, Кафанском и Мегринском районах Армянской ССР за 1981-84 гг. Ереван, 1984.
- Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П., 1981.** Сейсмотектоника Армении. ЕрГУ, стр. 270.
- Kompani-Zare, M. and Moore, F., 2001.** Chemical thermometry and origin of the Dalaki mineral springs, Bushehr Province, Iran. *Journal of Hydrology (NZ)*, 40 (2), 189-204
- Lun-Tao Tong, Shoung Ouyang, Tai-Rong Guo, Ching-Ray Lee, Kou-Hsin Hu, Chun-Li Lee and Chun-Jao Wang, 2008.** Insight into the Geothermal Structure in Chingshui, Ilan, Taiwan, *Terr.Atmos. Ocean. Sci.*, vol. 19, pp. 413-424
- Мусаев, Ш. Дж, 1983.** Механизм формирования магматических комплексов Далидагского рудного тела. В сборнике: Вопросы магматизма Азербайджана, Издание Азербайджанского Государственного университета, Баку, 134-137
- Меликсетян, Б. М., Архипов, Б. К., Капралов, Г. П., и Мещерякова, В. Б., 1975.** Особенности тектоно-магматического развития и закономерности размещения магматизма и оруденения в южной части Малого Кавказа. Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, 6, 52-69
- Nafi Toksoz, M., Van der Hilst, R., Benoit, M. H., Gulen, L., Kalafat, D., Kuleli, S. H., Chang Li and Youshun Sun, 2007.** Seismic Tomography of the Arabian-Eurasian Collision Zone and Surrounding Areas. 29th Monitoring Research Review: Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies
- Оганисян С.М., Гаспарян Р.К., Яковлев А.Г. и др.** Комплексные геофизические исследования зоны сейсмической неоднородности на участке Джермахпюрского геотермального поля. Отчет по договору N 403/792, Гюмри 2004.
- Оровецкий, Ю. П., и Егоркина, Г. Ж., 1983.** Глубинный магматический диапиризм Центральной Армении. Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, XXXVI, 5, 41-45
- Ozacar, A. A., Gilbert, H., and Zandt, G., 2008.** Upper mantle discontinuity beneath East Abatolian Plateau (Turkey) from receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*
- Результаты электроразведочных исследований** Мутновского месторождения Парогидротерм, Вебсайт компании Северо-Запад

- Tatar, O., Yurtmen, S., Temiz, H., Gursoy, H., Kocbulut, F., Mesci, B. L., and Guezou, J.-C., 2007.** Intracontinental Quaternary Volcanism in the Niksar Pull-Apart Basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, vol. 16, pp. 417-440.
- Туманян Г. А., 1983.** Глубинная структура земной коры на космических изображениях. Исследование Земли из космоса, N5, стр. 32-39
- Zor, E., 2008.** Tomographic evidence of slab detachment beneath eastern Turkey and the Caucasus. *Geophys. J. Int.*, 175, 1273-1282
- Faulds, J., F., Coolbaugh, M. E., Vice, G. S., and Edwards, M. I., 2006.** Characterizing Structural Controls of Geothermal Field in the Northwestern Great Basin: A progress Report. *GRC Transactions*, vol. 30.
- Մանուկյան, Վ. Օ.** Prospecting activities to identify geothermal deposits in the northwestern part of the Sissian region for 1987-1990
- Яникян В.О., Оксюзян Л.Н., 1994.** Отчет гравиметрической партии «О гравиразведочных работах в Вайкском, Ехегнадзорском районах РА и составление сводной гравиметрической карты Капанского и Зангезурского рудных районов м-ба 1 :50000, проведенных в 1989-1994гг.», Фонды «Армгеология», Ереван

Հավելված 1

“Քար-2” Նմուշը

Ալունիտացված ռիոլիթ (էքստրուզիայից)

Այդ նմուշը իրենից ներկայացնում է հիդրոջերմային եղանակառով փոփոխված ապար (ալունիտացված ռիոլիթ) լիարժեք բյուրեղային կառուցվածքով ու կրկնակլանված քվարցի հազվադեպ պորֆիրային ներփակվածքերով: Նրանց բացի ներկա են փոփոխված միներալների եզակի հատիկներ՝ պրիզմատիկ պլագիոկլազի, ամֆիբոլի և բիոտիտի, որոնցից զարգանում է պելիտային, ալունիտային և քլորիտ-մագնետիտային ագրեգատը:

Հիմնական զանգվածը կազմված է լրիվ ապաբյուրեղացված քվարցի, կալիումի դաշտային սպաթների մանր իզոմետրական հատիկներով և ջրափայլարների թեփուկներով: Նա ունի հիպիդիոմորֆային, մանրաբյուրեղային, ալլոտրիոմորֆային /այլաձև/ կառուցվածք, դիտվում են ապաբյուրեղացված քվարցի բնորոշ միջներակներ ու լիթոֆիզաներ:

Տվյալ նմուշի քիմիական անալիզի տվյալները ներկայացվում են աղյուսակում ստորև:

Քար-2	Կշիռ, %
SiO ₂	79.43
TiO ₂	0.32
Al ₂ O ₃	7.2
Fe ₂ O ₃	0.19
FeO	0.14
MnO	-
MgO	0.09
CaO	0.62
Na ₂ O	1.20
K ₂ O	1.90
P ₂ O ₅	0.18
H ₂ O	0.11
CO ₂	0.56
S	5.89
П.п.п	2.18
Գումար	100.017

Ծծմբի բարձր պարունակությունը (մինչև 6%) կապված է ապարում ալունիտ միներալի ներկայության հետ: Ալունիտի ներկայությունը այդ նմուշում հաստատվել է նաև ռենտգենակառուցվածքային անալիզով: Ապարի հիդրոջերմային փոփոխվածությունը արտահայտվում է ալունիտականացման և կայծքարացման զուգընթաց պրոցեսում՝ կապված հետ-հրաբխային պրոցեսների՝ սոլֆատարանների և ֆումարոլների ազդեցության հետ: