ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԼՅՈՒԲԱ ԲԱՐԱՏՈՎԻ ՄԻՐԶՈՅԱՆ

ՃԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Մեթոդական ցուցումներ
Գրավիհետախուզություն
դասընթացից

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
Աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետ

Լ. Բ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ

ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Մեթոդական ցուցումներ Գրավիտեպախուզություն դասընթացից

ԵՐԵՎԱՆ
ԵՊՀ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
2019

ՀՏԴ 550.83(072)
ԳՄԴ 26.2
Մ 763

Հրատարակության է երաշխավորել
ԵՊՀ աշխարհագրության և երկրաբանության
ֆակուլտետի գիտական խորհուրդը

Միրզոյան Լ. Բ.

Մ 763 Ծանրության ուժի անոմալիաների մեկնաբանման եղանակները: Մեթոդական ցուցումներ Գրավիհետախուզություն դասընթացից/Լ. Բ. Միրզոյան: -Եր., ԵՊՀ հրատ., 2019, 36 էջ:

Ներկայացվող մեթոդական ցուցումները կազմված են ուսումնական պլանի համաձայն: Նախատեսված է Աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետի երկրաբանություն մասնագիտության ուսանողների համար, որոնք մասնագիտանում են երկրաֆիզիկայի, հիդրոերկրաբանության և ինժեներային երկրաբանության, օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման և հետախուզման բնագավառներում:

ՀՏԴ 550.83(072)
ԳՄԴ 26.2

ISBN 978-5-8084-2345-9

© ԵՊՀ հրատ., 2019
© Միրզոյան Լ. Բ., 2019

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Գրավիհետախուզությունը երկրաֆիզիկական հետախուզության հիմնական մեթոդներից մեկն է: Այն ուսումնասիրում է ծանրության ուժի արագացման դաշտի բաշխումը Երկրի մակերեսին՝ կախված երկրակեղևի կառուցվածքի առանձնահատկություններից: Գրավիհետախուզությունը գրավիմետրիա գիտության գործնական կիրառության բաժինն է: Գրավիմետրիայի՝ որպես գիտության, արմատները հարում են 16-րդ դարին. նրա տեսության հիմքում ընկած է Նյուտոնի ձգողականության օրենքը: Սկզբնական շրջանում այն կիրառվում էր բարձրագույն գեոդեզիայում՝ Երկրի ձևի որոշման նպատակով: Հետագայում, երբ Երկրի ձևի և ներքին կառուցվածքի վերաբերյալ որոշ վերապահումներով որոշվեց ծանրության ուժի նորմալ բաշխման օրենքը (Կլերո, 18-րդ դար), և ի հայտ եկան բարձր ճշտության գրավիմետրական սարքավորումները, գրավիմետրիայից առանձնացավ գրավիհետախուզությունը, որպես երկրակեղևի խորքային կառուցվածքի ուսումնասիրության երկրաֆիզիկական արդյունավետ մեթոդներից մեկը: Հայտնի է, որ ծանրության ուժի արագացման դաշտի և երկրակեղևի կառուցվածքի առանձնահատկությունների միջև որոշակի կապ կա, որի վրա էլ հենվում է գրավիհետախուզությունը: Գրավիհետախուզության մեթոդի ուսումնասիրման հիմնական ֆիզիկական հատկությունը միջավայրի խտությունն է: Երկրակեղևը լցնող լեռնային ապարների խտությունների անհամասեռությունը բերում է Երկրի մակերեսին գրավիտացիոն դաշտի բաշխման որոշակի փոփոխությունների: Հետևաբար, եթե որևէ եղանակով ուսումնասիրվեն գրավիտացիոն դաշտի փոփոխությունները Երկրի մակերեսին, ապա դրանք թույլ կտան հայտնաբերելու երկրակեղևի կառուցվածքի տեղական առանձնահատկությունները, որն էլ համարվում է գրավիհետախուզական մեթոդով լուծվող հիմնական խնդիրը:

1. Գրավիմետրական հանույթի դաշտային աշխատանքների մեթոդիկան և տեխնիկան

1.1. Գրավիմետրական հանույթի դասակարգումը

Չափազանց լայն են գրավիհետախուզության կիրառման բնագավառները՝ սկսած այնպիսի խոշոր շրջանների երկրաբանական կառուցվածքի առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունից, ինչպիսիք են բյուրեղային հիմքի, պլատֆորմների և գեոսինկլինալների միջև սահմանների ճշտումը, երկրակեղևի խորքային խզումների հայտնաբերումը, ինչպես նաև ըստ խտության առանձին լոկալ բնույթի երկրաբանական անհամասեռությունների հայտնաբերումը[1]: Կախված գրավիհետախուզության առջև դրված երկրաբանական խնդիրներից և մասշտաբից՝ տարբերում են գրավիմետրական հանույթի տարբեր տեսակներ: Խնդիրների այս բազմազանությունն էլ պայմանավորում է գրավիմետրական հանույթի մասշտաբի և մեթոդների ընտրությունը: Պայմանավորված առաջադրված խնդիրներով՝ տարբերում են ընդհանուր(ռեգիոնալ), որոնողական և հետախուզական (մանրազնին) հանույթ: Ռեգիոնալ հանույթը (1:200 000 և ավելի փոքր մասշտաբի) նպատակ ունի հայտնաբերելու գրավիտացիոն դաշտի բաշխման առանձնահատկությունները՝ կապված երկրաբանական կառուցվածքի ամենաընդհանուր գծերի հետ: Ըստ ռեգիոնալ հանույթի տվյալների՝ կարելի է առանձնացնել հեռանկարային տեղամասեր՝ հետագա որոնողական և մանրազնին ուսումնասիրությունների համար: Որոնողական հանույթն անց կացվում է ծանրության ուժի դաշտի լոկալ առանձնահատկություններով պայմանավորված երկրաբանական լոկալ կառույցների հայտնաբերման նպատակով, որոնք մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մասնավորապես օգտակար հանածոների որոնման և հետախուզման գործում: Հետախուզական հանույթը նպատակ ունի մանրազնին ուսումնասիրել որոնողական հանույթով հայտնաբերված երկրաբանական տե-

սանկյունից հետաքրքրություն ներկայացնող ծանրության ուժի անոմալիաները (շեղումները): Հետախուզական հանույթի տվյալները հնարավորություն են տալիս քանակական մեկնաբանում կատարել՝ որոշել անոմալ մարմնի ձևը, չափսերը, տեղադրման տարրերը:

Երկրաբանական խնդիրներից ելնելով՝ որոշվում են գրավիհետախուզական հանույթի մասշտաբը, դիտարկվող կետերի ցանցի խտությունը, հանույթի միջին քառակուսային սխալը, իզոգծերի հատումը և այլն: Թե՛ ռեգիոնալ (տարածաշրջանային), թե՛ որոնողական և թե՛ հետախուզական հանույթը կարող է լինել մակերեսային (հրապարակային) և երթուղային[2]: Հանույթը կոչվում է մակերեսային, երբ դիտման կետերը տեղադրված են որոշակի ցանցով այնպես, որ դիտարկման տվյալները հնարավոր լինի կապել իրար: Կախված երթուղիների և դիտարկման կետերի հեռավորություններից՝ տարբերում են հավասարաչափ և անհավասարաչափ մակերեսային հանույթ: Անհավասարաչափ հանույթի դիտարկումների ցանցը դասավորվում է այնպես, որ երթուղիների միջև հեռավորությունը լինի ավելին, քան դիտարկման կետերի միջև եղած տարածությունը: Նման դիտարկումների ցանցը պետք է ապահովի ստացված տվյալների հուսալիության աստիճանը: Նման հանույթը կիրառվում է միայն այն դեպքերում, երբ տնտեսական նվազագույն ծախսերի պայմաններում ապահովվում է խնդրի ճիշտ լուծումը: Մակերեսային անհավասարաչափ հանույթ կարելի է անցկացնել, օրինակ, երբ ուսումնասիրվում են ձգված ստրուկտուրաներ և մարմիններ, երբ անոմալ մարմնի տարածումը մի քանի անգամ գերազանցում է լայնական հատմանը և այլն: Երթուղային է կոչվում այն հանույթը, երբ գրավիմետրական դիտարկումներն անց կացվում են առանձին երթուղիներով, որոնք իրար հետ կապված չեն որպես դիտարկումների միասնական համակարգ, և երբ տեղանքը խիստ կտրտված է, անտառածածկ կամ ճահճապատ, որտեղ հնարավոր չէ միասնական հանույթ կատարել ամբողջ մակերեսով: Նման հանույթ կատարվում է նաև այն ժամանակ, երբ, օրինակ, անհրաժեշտ է տեղեկություններ ստանալ երկրաբանական կտրվածքի մի որոշակի ուղղությամբ կամ մի քանի

ուղղությամբ հատել խոշոր ստրուկտուրան և այլն: Երթուղային հանույթը գրավիտացիոն դաշտի բաշխման պատկերի մասին տեղեկություններ է տալիս որոշակի երթուղու ուղղությամբ, և միայն մակերեսային հանույթն է, որ հնարավորինս չափով լրիվ պարզաբանում է գրավիտացիոն դաշտի բաշխման պատկերը:

1.2. Հենակետային ցանց

Գրավիհետախուզական հանույթ իրականացնելիս կարևորագույն հարց է հենակետային ցանցի ստեղծումը: Որպեսզի հնարավոր լինի իրար հետ համեմատել տարբեր շրջանների համար կազմած գրավիտացիոն դաշտի քարտեզները, անհրաժեշտ է, որ տարածքի գոնե մեկ հենակետային կետ կապված լինի ՀՀ տարածքում որոշված ծանրության ուժի բացարձակ արժեքով կետի հետ: ՀՀ-ում նման կարգի կետեր են Երևանի Զվարթնոց օդանավակայանը, ինչպես նաև մի շարք քաղաքների (Գյումրի, Վանաձոր, Ստեփանավան և այլն) օդանավակայաններում չափված կետերը: Այս նպատակով գրավիմետրական հանույթի տարածքում տվյալ շրջանի համար ստեղծվում է երկրորդ կարգի հենակետային ցանց: Երրորդ կարգի հենակետային ցանցի կետերից առնվազն մեկը պետք է պարտադիր կապված լինի 1-ին կամ 2-րդ կարգի հենակետային որևէ կետի հետ: Սա հնարավորություն է տալիս տեղամասի համար ստանալու հենակետի բացարձակ արժեքներով կայուն ցանց, որի վրա պետք է հենվի շարքային կետերում բացարձակ արժեքների որոշումը: Հենակետային ցանցը ծառայում է երկու հիմնական խնդիրների: Առաջինն արդեն նշվեց. դա ամբողջ տեղամասի համար դիտարկվող կետերում ծանրության ուժի բացարձակ արժեքների ստացումն է: Այստեղ կարևոր է ցանցի ստեղծումը՝ խուսափելու համար պատահական սխալների կուտակումից: Այս իմաստով գերադասելի է կիրառել շարքային դիտարկումների այնպիսի մեթոդ, որ երթուղու ընթացքում հնարավոր լինի անցնել երկու կամ ավելի հենակետերի վրայով: Երկրորդ խնդի-

րը գրավիմետրի «զրո կետի» սահքը որոշելու հարցն է: «Զրո կետի» սահքը տարբեր մակնիշի գրավիմետրերի մոտ տարբեր է, որի համար էլ անհրաժեշտ է համապատասխան ուղղում մտցնել գրավիմետրի ցուցմունքների վրա[1]: Հենակետային ցանցի ստեղծման ճշտությունը պետք է բարձր լինի շարքային հանույթի ճշտությունից: Այդ նպատակով օգտագործում են բարձր ճշտության գրավիմետրեր: Գերադասելի է մի քանի գրավիմետրերով աշխատել, որը հնարավորություն կտա հայտնաբերելու գործիքի սիստեմատիկ սխալը: Որոշ դեպքերում, կախված հանույթի ճշտությունից, իրագործվում է դիտարկումների 100% կրկնություն հնարավորինս չափ կարճ երթուղիներով և արագ տեղափոխման պայմաններում: Կարևոր հարց է նաև հենակետերի տեղաբաշխումը. դրանք պետք է տեղադրվեն մարդու կամ ավտոմեքենայի մոտեցման համար մատչելի տեղանքում. հնարավոր է՝ մի քանի երթուղիներ կապվեն տվյալ հենակետի հետ և այլն:

1.3. Շարքային դիտարկումների մեթոդիկան

Տվյալ տեղամասի լրիվ գրավիմետրական հանույթը հենակետային ցանցի լրացումն է շարքային դիտարկումներով: Գրավիմետրական հանույթի ժամանակ կարևոր հարց է շարքային ցանցի խտության ընտրությունը, որը կախված է լուծվող երկրաբանական խնդրից: Դրանով մի կողմից՝ գնահատվում է տեղամասի՝ գրավիհետախուզությամբ ուսումնասիրվածության աստիճանը, մյուս կողմից՝ կատարված աշխատանքների տնտեսական ցուցանիշները: Այդ առումով էլ այս հարցին մոտենալիս պետք է ընտրել կետերի այնպիսի խտություն, որ նվազագույն ծախսերի պայմաններում ստացվի առավելագույն տեխնիկական արդյունք: Շարքային հանույթի երթուղիները կարող են տարբեր դասավորություն ունենալ: Պարտադիր պայմանն այն է, որ յուրաքնչյուր երթուղի կամ սկսվի և վերջանա միևնույն հենակետում (փակ երթուղի), կամ հենվի երկուսից ոչ պա-

կաս հենակետերի վրա: Տարբերվում են դիտարկումների տարբեր համակարգեր՝ բազմանկյան, հանգուցակետային, փակ եռանկյունային և այլն: Յուրաքանչյուր երթուղու հանույթի ճշտությունը գնահատվում է միջին քառակուսային սխալով ($\varepsilon_{շ.}$), որը հաշվում են հետևյալ բանաձևով՝

$$\varepsilon_{շարք.} = \pm\sqrt{\frac{\sum \delta_i^{\,2}}{m-n}},$$

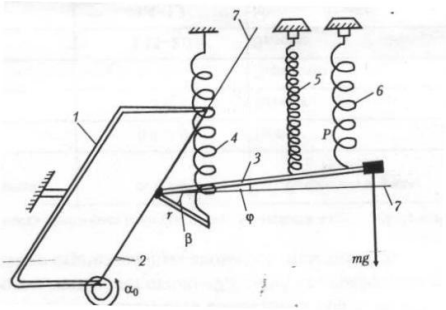
որտեղ δ-ն i-րդ կետում կրկնվող կետերում ծանրության ուժի արժեքի շեղումն է իր միջին արժեքից, m-ը՝ ամբողջ դիտարկումների թիվը, n-ը՝ կրկնվող կետերի թիվը: Այս բանաձևով գնահատվում է տվյալ երթուղու չափումների ճշտությունը, որն էլ հանդիսանում է հանույթի ներքին հսկիչը[1]:

Հանույթի տվյալները ներկայացվում են ծանրության ուժի անոմալիաների քարտեզների կամ Δg-ի կորերի տեսքով: Քարտեզի իզոգծերի հատումն ընտրվում է՝ կախված անոմալիայի միջին քառակուսային սխալից. այն պետք է գերազանցի վերջինիս ոչ պակաս, քան 2,5 անգամ:

2. Ծանրության ուժի չափման եղանակները, կիրառվող ժամանակակից սարքավորումները

Ծանրության ուժի արագացման չափման համար գոյություն ունեն տարբեր եղանակներ, որոնց հիմքում դրված է այնպիսի ֆիզիկական երևույթների ուսումնասիրություն, որը կախված է ծանրության ուժից: Տարբերում են չափումների ստատիկ և դինամիկ եղանակներ: Դինամիկ եղանակով որոշվում է ծանրության ուժի բացարձակ արժեքը տվյալ կետում և երկու կետերի միջև ծանրության ուժի հարաբերական աճը: Ստատիկ եղանակով կարելի է չափել միայն ծանրության ուժի հարաբերական աճը կետից կետ շարժվելիս: Գործիքները, որոնցով իրականացվում են ծանրության ուժի հարաբերական արժեքի չափումները, կոչվում են գրավիմետրեր: Գրավիմետրի զգայուն համակարգի համար ընտրվում է այնպիսի նյութ, որին բնորոշ է իդեալական առաձգականություն: Միայն այս պայմանով առաձգական դեֆորմացիայի փոփոխությունը կարելի է միարժեք կապել ծանրության ուժի փոփոխության հետ: Գրավիմետրերի զգայուն համակարգի նյութը պետք է լինի նաև ոչ մագնիսական, ինչպես նաև դրա առաձգականության կախումն այլ գործոններից (օրինակ՝ ջերմաստիճանի փոփոխությունից) նվազագույնը պետք է լինի: Հնարավոր է նաև սահունության երևույթը, երբ հաստատուն ծանրաբեռնվածությունների տակ դիտվում է անընդհատ առաձգական դեֆորմացիա: Դա այսպես կոչված «զրո կետի» սահքն է, երբ դիտվում է տվյալ կետում միևնույն գործիքով որոշ ժամանակից հետո կրկնվող չափման հաշվարկի տարբերությունը սկզբնական հաշվարկի նկատմամբ: «Զրո կետի» սահքը կապում են պինդ մարմնի նյութի մեջ անընդհատ տեղի ունեցող վերաբյուրեղացման երևույթի հետ: Հալված քվարցի օգտագործումը գրավիմետրերի զգայուն համակարգում կապված է այն բանի հետ, որ այն ունի գծային ընդարձակման փոքր գործակից, զրո կետի փոքր սահք: Թերությունն այն է, որ ունի բարձր թերմոէլաստիկ գործակից, ինչպես նաև փխրունություն: Գրավիմետրերի աշխատանքի հիմքում ընկած է զսպանակավոր կշեռքների աշ-

խատանքի սկզբունքը: Հարթ կամ ոլորվող զսպանակից կախված է m զանգվածով ծանրոցը, որի կշիռը տվյալ կետում հավասար է՝ $P_1 = mg_1$, և այդ կշռի ազդեցության տակ զսպանակն ունի L բացվածք: Եթե այդ զսպանակավոր կշեռքը տեղափոխվի մեկ այլ կետ ծանրության ուժի այլ արժեքով (g_2), ապա կփոխվի m ծանրոցի կշիռը (P_2), հետևաբար նաև զսպանակի L բացվածքը: Զսպանակի առաձգական դեֆորմացիայի փոփոխությունը ΔL-ով կարտահայտի երկու կետերի միջև ծանության ուժի փոփոխությունը՝ Δg-ն: Գրավիմետրերի օգնությամբ չափում են ոչ թե անմիջապես զգայուն համակարգի շարժման համընթաց տեղափոխությունը կամ անկյունային պտույտի մեծությունը, այլ հատուկ փոխհատուցվող զսպանակների միջոցով ճոճանակը բերվում է սկզբնական դիրք, ապա հաշվարկ է վերցվում: Քվարցային գրավիմետրերի աշխատանքային գծապատկերի դասական օրինակ է ГАК-7Т մակնիշի սարքը, որն ունի հետևյալ պատկերը (նկ. 1.)՝



Նկ. 1. **ГАК-7Т** ***գրավիմետրի սկզբունքային գծապատկերը***

1 - շրջանակ, 2 - առաձգական թել, 3 - լծակը ծանրոցով, 4 - գլխավոր զսպանակ, 5 - չափող զսպանակ, 6 - դիապազոնային զսպանակ, 7 - հորիզոնի գիծը:

Քվարցային գրավիմետրի առաձգական սիստեմի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է[3]: Լեռնային ապարների խտությունների փոփոխությունը բերում է ծանրության ուժի փոփոխությունների, որի ժամանակ լծակը (3) շեղվում է իր սկզբնական դիրքից այնքան,

մինչև որ ծանրության ուժի մոմենտի և արտաքին ուժերի մոմենտի գումարը հավասարվում է զրոյի: Գլխավոր զսպանակը միացված է լծակին այնպես, որ ծանրության ուժի մեծացման հետ առաձգական ուժի բազուկը փոքրանում է և ընդհակառակը, ծանրության ուժի փոքրացման հետ առաձգական ուժի բազուկը մեծանում է. առաջանում է առաձգական մոմենտի լրացուցիչ ազդ, որը ըստ ձշանի համընկնում է ծանրության ուժի հետ[3]: Այդ պատճառով էլ ծանրության ուժի շատ փոքր փոփոխություններն առաջացնում են գլխավոր զսպանակի մեծ դեֆորմացիաներ, հետևաբար՝ լծակի մեծ պտտման անկյուն: Այսինքն՝ ծանրության ուժի փոփոխության և ճոճանակի լծակի թեքման անկյան միջև ուղիղ համեմատական կապ չկա: Գրավիմետրերում ծանրության ուժի փոփոխությունը կոմպենսացվում է լծակի կախման թելի ոլորման անկյան փոփոխությամբ, որն առաջանում է գլխավոր շրջանակի պտույտից: Վերջինս պտտվում է չափող զսպանակը ձգելու շնորհիվ, որն իրագործվում է միկրոմետրիկ պտուտակի միջոցով: Գլխավոր զսպանակի երկարացման չափը, հետևաբար և Δg-ի ազի չափը հանգեցնում է ճոճանակի լծակի թեքման, որը հորիզոնական վիճակի է բերվում միկրոմետրիկ պտուտակի օգնությամբ: Երկու հաջորդական կետերի միջև Δg- ի չափումը հանգեցնում է գրավիմետրի միկրոմետրիկ պտուտակի հաշվարկների տարբերությանը: Գոյություն ունի կապ Δg-ի, գործիքի բաժանմունքի արժեքի (C) և միկրոմետրիկ պտուտակի հաշվարկների տարբերության(ΔS) միջև՝ $\Delta g = C \times \Delta S$, որտեղ C-ն գրավիմետրի բաժանմունքի արժեքն է, $\Delta S = S_0 - S_1$, S_0 -ն մի ինչ-որ սկզբնական կետում հաշվարկն է, S_1-ը հաջորդ կետի հաշվարկն է: Ռուսական արտադրության գրավիմետրերի մեծ մասում (ГАК-7Т, ГАК-ПТ, ГАК-7Ш և այլն) զգայուն սիստեմը հիմնականում հալված քվարցն է (նկ. 3): Արտասահմանյան գործիքներում հաճախ օգտագործվում են նաև մետաղային հատուկ համաձուլվածքներ: Գրավիմետրերի ճշտությունը, բացի առաձգական սիստեմի անկյունային զգայունակությունից, կախված է նաև մի շարք ներքին (զրո կետի սահքի երևույթը պայմանավորված նյութի

վերաբյուրեղացման երևույթների հետ) և արտաքին (ջերմաստիճանի, ճնշման, մագնիսական դաշտի փոփոխությունը) մեխանիկական հարվածներից և այլ գործոններից: Գրավիմետրի ճշտությունը կախված է այն բանից, թե որքանով են հաշվի առնվում և ինչպես են կոմպենսացվում այդ գործոնների ազդեցությունները: Նորագույն ժամանակակից գրավիմետրերը, մասնավորապես, կանադական CG-5 AutoGrav (նկ. 2) լայն դիապազոնային (8000 մԳալ) սարքն ունի 1 միկրոԳալ ճշտություն, բնութագրվում են աննշան զրո կետի սահքով (0,02մԳալ/օր) և ունեն մակընթացությունների, ջերմաստիճանների փոփոխությունների կոմպենսացիայի համակարգ, գործնականորեն անտարբեր են ինչպես Երկրի մագնիսական դաշտի նույնիսկ ամենաուժեղ փոփոխությունների, այնպես էլ միկրոսեյսմների նկատմամբ[4]: Ամրագրված կետերում կրկնվող դիտարկումների համեմատումը ցույց է տալիս, որ առանձին դիտարկումների և միջին արժեքի տարբերությունը չի գերազանցում 0,005մԳալ: Գրավիմետրերի հետ բոլոր աշխատանքները (գործիքը հարթության բերելը, հողի տատանումների մարումը և այլն) իրագործվում են ավտոմատացված՝ գրավիմետրի հարթակի վրա տեղադրված ստեղնաշարի օգնությամբ: Նման բարձր ճշտության գրավիմետրերը հաջողությամբ օգտագործվում են օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման և հետախուզման, երկրաբանական քարտեզագրման, նավթի և գազի հետախուզման, ինչպես նաև ինժեներային երկրաբանության աշխատանքների ժամանակ:



Նկ. 2. Կանադական CG-5 AutoGrav-ի արտաքին տեսքը



Նկ. 3. ГАК-7Т գրավիմետրի արտաքին տեսքը

Որքան մեծանում է գրավիմետրի զգայունակությունը, այնքան շատ արտաքին գործոններ են ազդում ծանրության ուժի չափված արժեքների վրա: Վերջիններիս վրա արտաքին ազդակներից առավել մեծ ազդեցություն ունեն ջերմաստիճանի տատանումները, որոնք փոխում են գրավիմետրի սիստեմի առաձգական հատկությունները, ինչն էլ իր հերթին բերում է գործիքի ցուցմունքի փոփոխության: Գրավիմետրերի ցուցմունքի փոփոխությունը 1^0C ջերմաստիճանի փոփոխության դեպքում կոչվում է ջերմաստիճանային գործակից: Ժամանակակից մեծ ճշտության գրավիմետրերի առաձգական սիստեմները պատրաստվում են գծային ջերմաստիճանային գործակից ունեցող նյութերից և տեղադրվում են թերմոստատի մեջ: Թերմոստատի որակը բնորոշվում է ջերմաստատիկ գործակցով, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$K_t = \frac{\Delta t_{\text{արտաքին}}}{\Delta t_{\text{ներքին}}},$$

որտեղ $\Delta t_{\text{արտաքին}}$-ը՝ արտաքին, $\Delta t_{\text{ներքին}}$-ը՝ ներքին ջերմաստիճանների փոփոխությունն է:

Եթե գրավիմետրը չունի թերմոստատ, ապա K_t-ն որոշվում է տարբեր եղանակներով, որոնցից ամենատարածվածը «պետլյայի» եղանակն է: Այս մեթոդի էությունը այն է, որ գրավիմետրը տաքացվում է t_1 ջերմաստիճանից t_2 ջերմաստիճան հաստատուն արագությամբ, այնուհետև նույն եղանակով սառեցվում է մինչև t_1 ջերմաստիճան: Սառեցման և տաքացման ժամանակ գրանցվում են գրավիմետրի S_n ցուցմունքները և նրան համապատասխան t_n ջերմաստիճանները, ու կառուցվում է S և t կոորդինատներով կորը: Առաջին և երկրորդ տաքացման ժամանակ միևնույն ջերմաստիճանի դեպքում գրավիմետրերի «զրո կետի» սահքից խուսափելու համար վերցնում են երկու կորերի միջինը, որի օգնությամբ էլ որոշվում է գրավիմետրի K_t ջերմաստիճանային գործակիցը:

3. Ծանրության ուժի անոմալիաներ

Որոշակի տարբերություն կա տվյալ կետում ծանրության ուժի արագացման չափած արժեքի ($g_{դիտ}$) և նույն կետի համար տեսականորեն հաշված նորմալ արժեքի (γ_0) միջև: Քանի որ նորմալ արժեքները հաշված են գեոիդի մակերեսի կետերի համար որոշ վերապահումներով Երկրի ձևի (պտտման եռառանցք էլիպսոիդ) և կառուցվածքի վերաբերյալ (համակենտրոն, համասեռ շերտային կառուցվածք, յուրաքանչյուր շերտում հաստատուն խտությամբ), ապա բնական է, որ Երկրի մակերեսին ծանրության ուժի արագացման չափված արժեքի և նորմալ արժեքի միջև կլինի որոշակի տարբերություն[4]: Ելնելով սրանից՝ դիտվող կետերում չափված արժեքները որոշակի ուղղումներով բերվում են ծովի մակերևույթ ($g_{բեր.}$), և ապա դրանք համեմատվում են նույն կետում հաշված ծանրության ուժի նորմալ արժեքների հետ: Եթե իրականությանը համապատասխաներ այն նախապայմանը, որ Երկրի շերտերում խտությունները հաստատուն են, կարելի էր սպասել, որ նույն կետում $g_{բեր}$ և նորմալ արժեքների տարբերությունը պետք է հավասարվեր զրոյի: Իրականում դիտվում են զրոյից տարբեր դրական և բացասական այս կամ այն մեծության շեղումներ, որոնց անվանում են ծանրության ուժի ***անոմալիաներ***, և դրանք պայմանավորված են երկրակեղևի կառուցվածքի առանձնահատկություններով (հզորություն, կազմություն, կառուցվածք և այլն): Նայած թե ինչ ուղղումով են $g_{դիտ}$-ները բերվել ծովի մակերևույթ, անոմալիաները կրում են համապատասխան անվանումները՝ Ֆայի անոմալիա, Բուգեի անոմալիա և այլն:

<u>Ֆայի անոմալիան:</u> Դա դիտարկված արժեքի և նորմալ արժեքի տարբերությունն է, երբ ուղղում է մտցված կետի բացարձակ բարձրության համար: Այդ ուղղումով (Δg_h) դիտվող կետում չափված արժեքը ($g_{դիտ}$) բերվում է ծովի մակերևույթ և ապա դրանից հանվում է նորմալ արժեքը: Ֆայի անոմալիան հետևյալ մեծությունն է՝

$$\Delta g_{Ֆ} = g_{դիտ.} + \Delta g_H - \gamma_0 = g_{դիտ.} + 0,3086H - \gamma_0 :$$

Այստեղ H-ը դիտարկման կետի բարձրությունն է:

Բուգեի անոմալիա: Այստեղ դիտարկված արժեքի մեջ մտցվում է ուղղում բարձրության, միջանկյալ շերտի ձգողության, անհարաժեշտության դեպքում նաև տեղանքի ռելիեֆի ազդեցության համար: g-ի բերված արժեքից հանվում է նորմալ արժեքը՝

$$\Delta g_{\text{բ}} = g_{\text{դիտ.}} + \Delta g_{H} - \Delta g_{\text{մ.շ.}} + \Delta g_{\text{ռել.}} - \gamma_0 :$$

Միջանկյալ շերտը Երկրի ֆիզիկական մակերեսի գրավիմետրական դիտարկման կետի բացարձակ բարձրությամբ տարված մակերեսի և ծովի մակերևույթի միջև ընկած շերտն է: Միջանկյալ շերտի խտության համար ընդունված է երկու մեծություն: Այն տարածքների համար, որոնք լցված են հին հասակի բյուրեղային հիմքային և ուլտրահիմքային կազմի ապարներով, ընդունված է 2,67գ/սմ^3, իսկ երիտասարդ նստվածքային ծագման ապարների համար՝ 2,30 գ/սմ^3: Թվային գործակիցներով Բուգեի անոմալիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\Delta g_{\text{բ}_{(\sigma=2,30\text{գ/սմ}^3)}} = g_{\text{դիտ.}} + 0,212H + \Delta g_{\text{ռել.}} - \gamma_0 ,$$

$$\Delta g_{\text{բ}_{(\sigma=2,67\text{գ/սմ}^3)}} = g_{\text{դիտ.}} + 0,197H + \Delta g_{\text{ռել.}} - \gamma_0 :$$

Ծանրության ուժի անոմալիաները կարելի է ներկայացնել պրոֆիլների երկայնքով՝ առանձին կորերի տեսքով կամ պլանի վրա իզոգծերի քարտեզների տեսքով. սա կախված է հանույթի մեթոդիկայից (ցանցի խտություն, ճշտություն, մասշտաբ և այլն): Մեծ մակերեսների վրա քիչ թե շատ հավասարաչափ ցանցով հանույթի տվյալները անոմալիաները ներկայացվում են քարտեզների տեսքով: Իզոգծերի հատումը պետք է 2,5 անգամ գերազանցի անոմալիայի հաշվման միջին քառակուսային սխալը: Գրավիմետրական քարտեզների վրա նշվում է նորմալ արժեքի որոշման բանաձևը և միջանկյալ շերտի խտության մեծությունը: Անոմալիաների քարտեզների կառուցման նպատակով պետք է տոպոգրաֆիական հիմքի վրա տեղադրել՝ չափված բոլոր կետերը՝ ըստ ուղղանկյուն կոորդինատների և անո-

մալիաների արժեքների: Այնուհետև, ընտրելով իզոգծերի համապատասխան հատումը, ինտերպոլիացիայի միջոցով իրար միացնել հավասար արժեքներով կետերը:

3.1. Ծանրության ուժի անոմալիաների մեկնաբանում. որակական և քանակական մեկնաբանում

Գրավիհետախուզության ուսումնասիրման օբյեկտը երկրակեղևն է: Երկրակեղևի տակ հասկացվում է երկրագնդի արտաքին կեղևը, որը վերևից սահմանափակվում է Երկրի ֆիզիկական մակերեսով, իսկ ներքևից՝ երկրակեղև-արտաքին թաղանթը բաժանող Մոհորովիչիչի մակերեսով (M): Երկրակեղևը կազմված է երեք շերտերից՝ նստվածքային, գրանիտային և բազալտային: Գրավիտացիոն անոմալիաները պայմանավորված են երկրակեղևի երկրաբանական կառուցվածքի առանձնահատկություններով, ինչն իր հերթին կախված է նստվածքային շերտի հզորությունից, այդ շերտում ստրուկտուրաների կամ առանձին այս կամ այն տիպի հանքային կուտակումների առկայությունից, բյուրեղային հիմքի մակերեսի դիրքից, գրանիտային, բազալտային շերտերի հզորություններից և Մոհորովիչիչի մակերեսի տեղադրման խորությունից, այլ կերպ՝ ամբողջ երկրակեղևի հզորությունից և անհամասեռություններից: Բնականաբար, միշտ չէ, որ առկա են այս բոլոր գործոնները միասին վերցրած: Երբեմն դիտարկվում է գրավիտացիոն անոմալ դաշտի բարդ պատկեր, որը վկայում է խիստ բարդ երկրաբանական կառուցվածքի առկայությունը:

Գրավիտացիոն անոմալիաների մեկնաբանման հիմնական խնդիրը տարածքի երկրաբանական կառուցվածքի առանձնահատկությունների հայտնաբերումն է ըստ անոմալ դաշտի պատկերի: Կախված երկրաբանական խնդրի դրվածքից՝ գրավիմետրական հանույթի տվյալները ենթարկվում են որակական և քանակական մեկնաբանման: Որակական մեկնաբանման ժամանակ ամենաընդհա-

նուր գծերով նկարագրվում է գրավիտացիոն քարտեզը, նրա առանձնահատկությունների կապը հնարավոր երկրաբանական կառուցվածքի հետ: Ըստ տարածման մակերեսի և խորության՝ որակապես գնահատվում են այն գործոնները, որոնք կարող էին այդ անոմալիաների հնարավոր պատճառը դառնալ: Այս էտապում ոչ մի քանակական խնդիր չի լուծվում անոմալիա առաջացնող օբյեկտի տեղադրման տարրերի վերաբերյալ: Որակական մեկնաբանման ժամանակ գրավիտացիոն քարտեզը համադրվում է ուսումնասիրվող տեղամասի կամ հարակից շրջանների երկրաբանական կառուցվածքի, ֆիզիկական հատկությունների, ինչպես նաև երկրաֆիզիկական հետախուզության մյուս մեթոդների տվյալների հետ:

Անոմալիաների քանակական մեկնաբանման ժամանակ լուծվում է գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդիրը: Երբ տրված է անոմալ մարմնի ձևը, չափսերը, տեղադրման խորությունը, հավելյալ խտությունը, ապա, օգտվելով համապատասխան կանոնավոր ձևի երկրաչափական մարմինների հայտնի բանաձևերից, մաթեմատիկական հաշվումներով որոշում են պոտենցիալ ֆունկցիայի առաջին և բարձր կարգի ածանցյալների բաշխումը Երկրի մակերեսին: Ունենալով այդ մաթեմատիկական կապակցությունները՝ կարելի է լուծել հակադարձ խնդիրը՝ երբ գրավիտացիոն դաշտի բաշխման տրված պատկերով որոշում են անոմալիա այդ առաջացնող մարմնի տեղադրման տարրերը, հավելյալ զանգվածը (երբեմն նաև հավելյալ խտությունը):

Գրավիմետրիայի ուղիղ և հակադարձ խնդիրները լուծվում են կանոնավոր երկրաչափական ձևի մարմինների համար, որոնց մոտավոր նմանակները բնության մեջ կան որպես առանձին երկրաբանական առաջացումներ: Այսպես, երկրաչափական գնդաձև մարմնի բնության մեջ հանդիպող երկրաբանական շատ մոտավոր նմանակները կարող են համարվել բնածև և շտոկաձև հանքային կուտակումները, աղային գմբեթային ստրուկտուրաները, կարստային դատարկությունները և այլն: Հորիզոնական կամ ուղղահայաց ծնիչով շրջանային գլանների համար դուրս բերված հայտնի բանաձևերը

կարելի է օգտագործել ոսպնյականձև հանքային կուտակումների, երակաձև անջատումների, որոշ դեպքերում՝ անտիկլինալ և սինկլինալ ծալքերի տեղադրման տարրերը որոշելու համար: Ջուգահեռանիստին, ուղղանկյուն պրիզմային նման են տեկտոնական խախտումներից առաջացած վերնետային, վարնետային կառույցները, սնդուկաձև անջատումները, որոշ ինտրուզիաների կողային մասերը, ուղիղ կամ շեղ անկյուններով աստիճանաձև կառույցները: Պետք է նշել, որ վերջիններին խիստ բնորոշ է սահմանային մասերում ծանրության ուժի բարձր հորիզոնական գրադիենտների գոտիների առկայությունը:

Միայն կանոնավոր ձևի երկրաչափական մարմինները չեն, որ կարող են քանակապես մեկնաբանվել: Այդ հնարավոր է նաև կամայական ձևի մարմինների համար: Այս նպատակով կարելի է օգտվել հատուկ դիագրամներից՝ պալետկաներից, որոնց միջոցով հնարավոր է հաշվել ըստ տված անոմալ կորի պատկերի կառուցած հնարավոր ընդլայնական հատման առաջացրած անոմալիայի տեսական կորը: Կիրառելով հաջորդական մոտեցման ընտրության մեթոդը՝ վերջապես կառուցվում է իրական ընդլայնական հատումը, որից հաշված տեսական կորը համընկնում է չափումներից ստացված անոմալիայի կորի հետ:

Քանի որ դիտարկված գրավիտացիոն դաշտը մի շարք գործոնների գումար է, ապա հաճախ հետաքրքրող օբյեկտը առաջին հայացքից կարող է ուղղակի չերևալ անոմալ դաշտի խառը պատկերի վրա: Որոշակի հարցերի լուծման ժամանակ մեկնաբանումն ավելի հավաստի դարձնելու նպատակով, ինչպես նաև նոր տվյալներ ստանալու համար իրագործվում է դաշտերի բաժանում (ռեգիոնալ և լոկալ), Δg-ի անոմալիաների դաշտից սրա տարբեր գրադիենտների հաշվում, անոմալիաների ձևափոխում և վերահաշվում՝ Δg-ի անոմալիաների դաշտից տարբեր գրադիենտների հաշվումը (W_{xz},W_{zz}), անոմալիաների ձևափոխումը և վերահաշվումը ավելի բարձր կարգի ածանցյալների (W_{zzz}): Երկրաբանական որոշ մարմիններ, որոնք առաջացնում են համապատասխան գրավիտացիոն դաշտ, դրանց

մեկնաբանման ժամանակ օգտագործված կանոնավոր երկրաչափական ձևի մարմինների բանաձևերը տալիս են միայն մոտավոր պատկերացում այդ մարմինների վերաբերյալ, քանի որ բնության մեջ չեն հանդիպում իդեալական երկրաչափական ձևի երկրաբանական մարմիններ[4]: Կամայական ձևի երկրաբանական մարմնի պարամետրերը որոշելու համար այդ մարմինը նմանեցնում են պարզ ձևի մարմինների գումարի, հաշվում են նման պարզ մարմնի գրավիտացիոն էֆեկտը և արդյունքը գումարում: Որոշ դեպքերում, օգտվելով տվյալ շրջանի երկրաբանական կառուցվածքից, կառուցում են կամայական ձևի երկրաբանական մարմին, հաշվում նրա գրավիտացիոն էֆեկտը, այնուհետև, աստիճանաբար փոխելով նման մարմնի տեղադրման տարրերը, տեսականորեն ամեն անգամ որոշում են նրա գրավիտացիոն էֆեկտը ու կառուցում կորեր այնքան, մինչև այդ կառուցած կորերից մեկը համընկնի տվյալ մարմնի կորին: Վերջինիս տեղադրման տարրերն էլ ընդունում են որպես տվյալ մարմնի պարամետրեր:

4. Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդիրների լուծումը պարզագույն երկրաչափական ձևի մարմինների համար

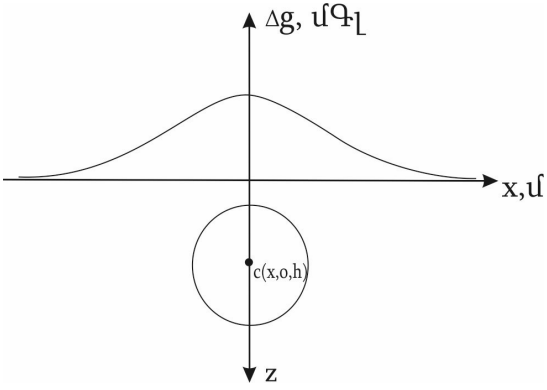
4.1. Ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը գնդաձև մարմինների համար

Ուղիղ խնդիր: Տրված է գնդաձև համասեռ մարմին, որի տեղադրման տարրերը հայտնի են, հայտնի է նաև գնդի և ներփակող ապարների հավելյալ խտությունը, որը մնում է հաստատուն լուծվող խնդրի սահմաններում: Պոտենցիալի տեսությունից հայտնի է, որ գնդի ձգողության արժեքը կետային և տարրական զանգվածների համար համարժեք է մի այնպիսի նյութական կետի ձգողությանը, որը տեղադրված է գնդի կենտրոնում, որում էլ կենտրոնացված է այդ գնդի ամբողջ զանգվածը, և այն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\Delta g = fM \frac{h}{\left(x^2 + h^2\right)^{3/2}}: \qquad (4.1.ա)$$

Δg -ն կստանա իր մեծագույն արժեքը (Δg_{max}) x=0 կետում՝ գնդի էպիկենտրոնի վրա[2]: x-երի մեծացմանը զուգընթաց՝ Δg -ն սկզբում կտրուկ նվազում է, իսկ երբ $x \to \pm \infty$, Δg -ն, դանդաղորեն փոքրանալով, ձգտում է զրոյի: Δg -ի մեծագույն արժեքը կլինի՝

$$\Delta g_{max} = f \frac{M}{h^2}: \qquad (4.1.բ)$$



Նկ. 4. Գնդաձև մարմնի վրա չափված ծանրության ուժի ուղղահայաց բաղադրիչի կորը

Գնդաձև մարմնի ուղիղ խնդիրը գրավիմետրիայում լուծելու համար (4.1.ա) և (4.1.բ), բանաձևերում տեղադրելով հայտնի պարամետրերի արժեքները, կարելի է կառուցել նման մարմնի ծանրության ուժի տեսական կորը:

Հակադարձ խնդիր: Գնդաձև մարմնի Δg-ն փոփոխվում է՝ կախված գնդի տեղադրման խորությունից, զանգվածից, շառավղից, հավելյալ խտությունից: Գնդաձև մարմինը բնորոշող պատկերից ելնելով և ստացած 4.1.ա, 4.1.բ հավասարումներն օգտագործելով՝ կարելի է լուծել հակադարձ խնդիրը: Գնդաձև մարմնի տեղադրման տարրերը որոշելու համար օգտվում են գնդաձև մարմնի վրա չափված ծանրության ուժի արագացման կորի որոշակի հատուկ կետերից: Հատուկ կետեր են համարվում տվյալ ֆունկցիայի մաքսիմումների, մինիմումների և դրանց բազմապատիկ արժեքների կետերի աբսցիսները, օրինակ՝ $0.5\Delta g_{\max}$ արժեքով կետի աբսցիսը ($x_{1/2}$): Հետևաբար այդ կետի համար կարելի է գրել հետևյալ հավասարումը

$$0{,}5\Delta g_{\max} = 0{,}5 f \frac{M}{h^2} = fM \frac{h}{\left(x^2{}_{1/2} + h^2\right)^{3/2}} \quad (4.1.գ),$$ որտեղից գնդա-

ձև մարմնի կենտրոնի հեռավորությունը Երկրի մակերեսից կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$h = \pm \frac{x_{1/2}}{\sqrt{\sqrt[3]{4} - 1}} = \pm 1,305 x_{1/2} : \qquad (4.1.դ)$$

Այս եղանակով հաշվելով գնդի կենտրոնի հեռավորությունը Երկրի մակերեսից՝ կարելի է գտնել նաև գնդի հավելյալ զանգվածը՝

$$M = \frac{\Delta g_{\max} h^2}{f} \approx 255 \Delta g_{\max} : \qquad (4.1.ե)$$

Այստեղ Δg -ն արտահայտված է միլիԳալերով, x-ը՝ մետրերով, M-ը՝ տոննաներով:

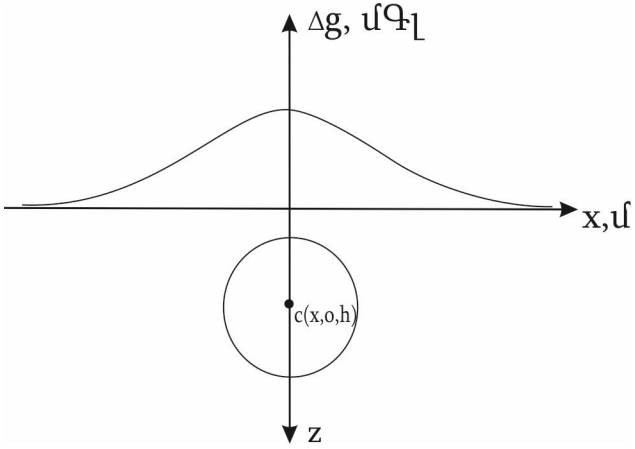
4.2. Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը գլանաձև մարմինների համար

Ուղիղ խնդիր: Երկրաբանական որոշ մարմինների (մոտավորապես հավասար ուղղահայաց և հորիզոնական չափսերով ոսպնյակաձև մարմիններ, սյունաձև հանքային կուտակումներ և այլն) գրավիտացիոն ազդեցությունը հաշվելիս կարելի է դրանց նմանեցնել հորիզոնական կամ ուղղահայաց ձնիչներով երկրաչափական գլանաձև մարմինների: Համաձայն պոտենցիալի տեսության՝ նման գլանային մարմինների ամբողջ զանգվածը կարելի է պատկերացնել կենտրոնացած իրենց առանցքային գծի վրա (հորիզոնական կամ ուղղահայաց գծային ձող) [2]:

Եթե xoz հարթությունում վերցնենք գլանաձև մարմին, որի ձնիչը հորիզոնական է, զուգահեռ y-ների առանցքին և ունի այդ առանցքի նկատմամբ անսահման տարածում, ապա xoz հարթության նկատմամբ համաչափ հորիզոնական ձնիչով գլանի ուղղահայաց բաղադ-

րիչի համար ուղիղ խնդիրը լուծելիս կարելի է օգտվել պոտենցիալի տեսությունից հայտնի հետևյալ բանաձևից՝

$$\Delta g = 2 f \lambda \frac{h}{x^2 + h^2}: \qquad (4.2.ա)$$



Նկ. 5. Ծանրության ուժի ուղղահայաց բաղադրիչի կորը հորիզոնական գլանի վրա

Այստեղ λ -ն միավոր երկարության ձողի զանգվածն է: x = 0 կետում (4.2.ա) հավասարումից ստացվում է գլանային մարմնի առաջացրած Δg -ի մեծագույն արժեքը՝

$$\Delta g_{\max} = 2 f \lambda \frac{1}{h}: \qquad (4.2.բ)$$

x-երի մեծացման հետ Δg -ն ակզբում հանդարտ փոքրանում է, ապա ձգտում է զրոյի, երբ x-ը ձգտում է $\pm \infty$ (նկ. 5):

Հակադարձ խնդիր: Հորիզոնական գլանի առանցքային գծի (նյութական ձող) տեղադրման խորությունը(h) կարելի է ստանալ՝

դարձյալ օգտվելով հատուկ կետերից (Δg_{max}-ի կեսը՝ $x_{1/2}$ և այլն): (4.2.ա) և (4.2.բ) բանաձևերից h-ի համար ստացվում է՝ $h = \pm x_{1/2}$ (4.2.գ):

Եթե հայտնի է հավելյալ խտությունը ($\Delta\sigma$), ապա կարելի է հաշվել գլանի միավոր երկարության զանգվածը (λ), հետևաբար շառավիղը և գլանի վերին մակերեսի հեռավորությունը Երկրի մակերեսից՝ $\lambda = \pi R^2 \Delta\sigma$ (4.2.դ):

4.3. Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը ուղղանկյուն զուգահեռանիստի համար

Որոշ դեպքերում երկրաբանական մի շարք օբյեկտներ իրենցից ներկայացնում են հարթ մակերեսներով սահմանափակված մարմիններ: Նման մարմինները կարելի է նմանեցնել կանոնավոր երկրաչափական ձևի մարմինների, որոնք նույնպես ունեն հարթ մակերեսներ: Բնության մեջ հանդիպող հարթ մակերեսներով սահմանափակված մարմիններ են, օրինակ, խզման հետևանքով կամ տեկտոնական այլ պրոցեսներով պայմանավորված տարբեր խտություններով ապարների ուղղահայաց կոնտակտով վարնետային, վերնետային կառույցները, երբեմն ինտրուզիաների կոնտակտները, սնդուկաձև ստրուկտուրաները և այլն: Նման մարմինների տեղադրման տարրերի որոշման համար սովորաբար օգտվում են ուղղանկյուն զուգահեռանիստի համար ստացված հայտնի բանաձևերից: Հաճախ եթե մարմիններն ունեն xy հարթության նկատմամբ անվերջ տարածում և համաչափ են xz հարթության նկատմամբ, ապա նրանց ծանրության ուժի արժեքը կարելի է որոշել ուղղաձիգ աստիճանի համար դուրս բերված բանաձևից, որն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\Delta g = f\Delta\sigma\left[\pi\left(z_2 - z_1\right) + 2z_2 arctg\frac{x}{z_2} - 2z_1 arctg\frac{x}{z_1} + x\ln\frac{x^2 + z_2^{\,2}}{x^2 + z_1^{\,2}}\right]: \quad (4.3.ա)$$

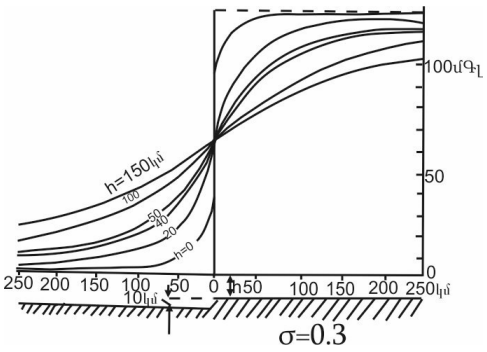
Այստեղ Z_1-ը և Z_2-ը աստիճանի վերին և ներքին սահմանների հեռավորություններն են երկրի մակերեսից: (4.3.ա) հավասարումն իր առավելագույն արժեքն ստանում է, երբ՝

$$x \to +\infty \text{ ՝ } \Delta g_{\max} = 2\pi f \Delta\sigma \left(z_2 - z_1\right): \qquad (4.3.բ)$$

x=0 կետում (կոորդինատների սկզբնակետը, որը համընկնում է աստիճանի գագաթին)՝

$$\Delta g = \pi f \Delta\sigma \left(z_2 - z_1\right): \qquad (4.3.գ)$$

Երբ $x \to -\infty$, Δg -ն ձգտում է 0-ի (նկ. 6):

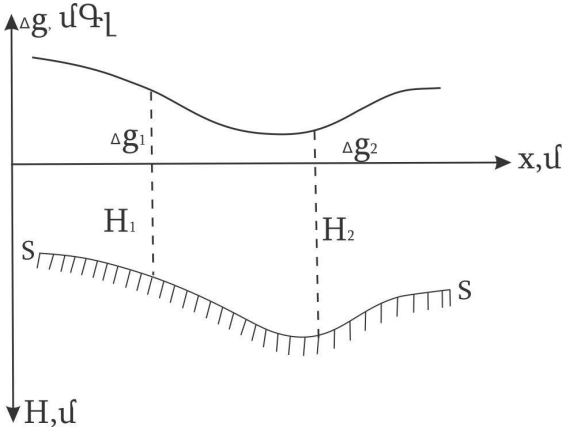


Նկ. 6. Δg ***-ի կորի փոփոխությունը՝ կախված գրավիտացիոն աստիճանի տեղադրման խորությունից***

(4.3.բ) բանաձևն իրենից ներկայացնում է անսահման տարածված հարթ հորիզոնական շերտի Δg -ն: Իրոք, եթե գրավիտացիոն աստիճանը $X_2 = +\infty$ պայմանին զուգընթաց տարածվի նաև $X_1 = -\infty$, կստացվի հենց նման շերտ: (4.3.բ) բանաձևից հետևում է, որ Δg -ն կախված է աստիճանի հզորությունից (z_2-z_1 տարբերությունը) և ոչ թե աստիճանի տեղադրման խորությունից: Սակայն (4.3.ա) բանաձևը ցույց է տալիս, որ Δg -ի արժեքները կորի մյուս կետերում էապես կախված են այդ տարրերից: Ուսումնասիրությունները ցույց են տա-

լիս, որ մյուս հավասար պայմանների դեպքում ($\Delta\sigma$, Z_2-Z_1) մակերեսին ավելի մոտ տեղադրված աստիճանի համար Δg -ի փոփոխությունն ավելի կտրուկ է, և սա ավելի արագ է մոտենում իր մաքսիմումին, քան ավելի խորն ընկած աստիճանի ժամանակ (նկ. 6):

Երբ կա գրավիմետրական երթուղով Δg -ի կորը, ինչպես նաև այդ պրոֆիլի որևէ կետում հորատանցքային կամ այլ տվյալներով խտությունների բաժանման սահմանի խորությունը (H_1), ապա կարելի է որոշել ստորգետնյա կոնտակտ մակերեսի ռելիեֆը (նկ.7):



Նկ. 7. Կոնտակտ մակերեսի որոշումն ըստ Δg ***-ի կորի***

X_2 կետում H_2-ը կամ $H_2 - H_1$ տարբերությունը կարելի է գտնել՝ տրված կորից կազմելով հավասարում՝

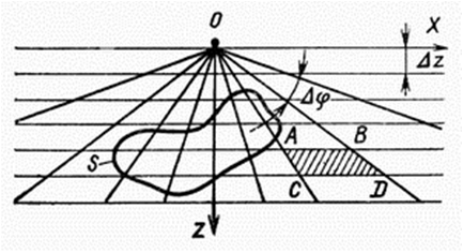
$$\Delta g_1 - \Delta g_2 = 2\pi f \Delta\sigma \left(H_2 - H_1 \right), \qquad (4.3.ղ)$$

որտեղից՝

$$H_2\text{-}H_1 = \Delta H = \frac{\Delta g_1 - \Delta g_2}{2\pi f \sigma} :$$

5. Կամայական ձևի մարմինների առաջացրած գրավիտացիոն անոմալիաների մեկնաբանումը

Ընդհանուր առմամբ գրավիմետրական տվյալների երկրաբանական մեկնաբանման ժամանակ լուծվող ուղիղ և հակադարձ խնդիրների ճշտությունը խիստ մոտավոր է, քանի որ՝ 1) բնության մեջ, երկրակեղևում չկան իդեալական կանոնավոր երկրաչափական մարմիններ, 2) այդ նպատակի համար կիրառվող նոմոգրամները և պալետկաները կրկնակի անգամ փոքրացնում են նման եղանակով որոշվող հանքային մարմինների տեղադրման տարրերի որոշման ճշտությունը: Բնության մեջ շատ հաճախ հանդիպում են անկանոն, կամայական ձևի մարմիններ, որոնց առկայության մասին կարելի է դատել Δg -ի դիտված կորի պատկերից: Բոլոր այն դեպքերում, երբ անոմալիայի պատկերը թույլ չի տալիս այն դիտել որպես կանոնավոր երկրաչափական ձևի մարմին, այսինքն, երբ կորը վկայում է, որ առկա է կամայական ձևի մարմին, մեկնաբանման համար դիմում են այլ միջոցների, մասնավորապես՝ գրավիտացիոն ազդեցության հաշվման գրաֆիկ եղանակին: Նման դեպքում անկանոն մարմինը կարելի է տրոհել մի շարք կանոնավոր մասերի, ապա հաշվել այդ մարմնի գումար-գրավիտացիոն ազդեցությունը, որը հավասար կլինի այդ մասերի գրավիտացիոն ազդեցությունների հանրահաշվական գումարին: Նման հավասար ազդեցություններով մասերի բաժանումը կարելի է կատարել ձգվող կետին շրջապատող ամբողջ տարածության համար պալետկաների միջոցով (նկ. 8): Տվյալ կետում մարմնի առաջացրած գրավիտացիոն ազդեցությունը որոշվում է հետևյալ գործողություններով. անոմալ մարմնի համար ընտրել մոտավոր ընդլայնական հատում և նրա վրա տեղադրել թափանցիկ թղթի վրա գծված պալետկան, տեղափոխել վերջինս երթուղու երկայնքով որոշակի կետերով (ձգվող կետեր) և հաշվել հավասար ազդեցության տեղամասերի թիվը:



Նկ. 8. Δg ***-ի հաշվման Գամբուրցևի պալետկան***

Կառուցվում է նման եղանակով հաշված անոմալ կորը և այն համեմատվում է դիտարկումներից ստացված կորի հետ, ընտրության եղանակով վերցվում է ընդլայնական հատման լավագույն տարբերակը, որի առաջացրած պալետկայով հաշված կորը կհամընկնի դիտարկված կորին: Ելնելով դիտված կորի պատկերից՝ ընտրվում է անոմալ մարմնի մոտավոր ընդլայնական հատումը, և երթուղու երկայնքով ձգվող կետերում տեղաշարժելով պալետկան հաշվում են այդ ընդլայնական հատումը ծածկող հավասար ազդեցությամբ վանդակների թիվը, ինչը կլինի հատվող կետում Δg -ի մեծությունը: Ընտրության մեթոդով որոնվող մարմնի ընդլայնական հատումը այնքան են փոփոխում, մինչև նրանով պայմանավորված կորը համընկնի Δg -ի դիտված կորին:

6. Ծանրության ուժի անոմալիաների վերահաշվումները և ձևափոխությունները

Ծանրության ուժի անոմալիաներն իրենց բնույթով հաճախ շատ բարդ են և իրենցից ներկայացնում են մի շարք երկրաբանական գործոնների ազդեցության գումար-արդյունք: Հաճախ կարիք է զգացվում ինչ-որ եղանակով դիտարկված դաշտի ընդհանուր պատկերից անջատել որոշակի հետաքրքրություն ներկայացնող այս կամ այն որոշակի տարրը, որը պայմանավորված է երկրաբանական տարբեր բնույթի և խորության տեղադրված կառուցվածքի որոշ առանձնահատկություններով: Սկզբունքորեն դա հնարավոր է իրագործել, քանի որ գրավիտացիոն դաշտին (որպես պոտենցիալ դաշտի) բնորոշ է սուպերպոզիցիայի հատկությունը, այսինքն՝ երկրաբանական առանձին տարրերի առաջացրած գրավիտացիոն ազդեցությունները հանրահաշվորեն գումարվում են և ստեղծում այն գումար դաշտը, որը կստացվեր, եթե պայմանավորված լիներ առանձին տարրերի գումարին համարժեք մեկ գործոնով: Եթե հարկավոր է ընդհանուր դաշտից առանձնացնել այս կամ այն լոկալ տարրը, ապա դրան կարելի է հասնել որոշ անալիտիկ ձևափոխությունների և վերահաշվումների միջոցով:

Գրավիտացիոն դաշտի տարբեր ձևափոխությունները նպատակ ունեն առանձնացնելու, ընդգծելու, շեշտելու այն օբյեկտները, որոնք տվյալ դեպքում հետաքրքրություն են ներկայացնում՝ հնարավորին չափ թուլացնելով, նվազեցնելով այն խանգարիչ տարրերի ազդեցությունը, որոնք տվյալ պահին հետաքրքրություն չեն ներկայացնում[2]:

Բացի պոտենցիալ ֆունկցիայի առաջին կարգի ածանցյալներից, որոնք կանոնավոր երկրաչափական ձևի մարմինների համար ունեն կորերի որոշակի պատկերներ, այդ մարմինների վրա և ապա որոշակի մաթեմատիկական կապակցություններով թույլ են տալիս լուծել հակադարձ խնդիրը: Հաճախ անոմալիաների քանակական մեկնաբանման նպատակով օգտվում են նաև W ֆունկցայի երկրորդ

և ավելի բարձր կարգի ածանցյալներից, որոնք փաստորեն ծանրության ուժի փոփոխություններն են (գրադիենտները) ըստ համապատասխան առանցքների: Գրավիհետախուզության պրակտիկայում ամենից հաճախ ուսումնասիրվում են ծանրության ուժի պոտենցիալ ֆունկցիայի ուղղաձիգ բաղադրիչի (g_z) փոփոխությունները x կամ z ուղղությամբ՝

$$\partial g_z / \partial x = Wxz[\frac{1}{\text{վրկ}^2}],\ \partial g_z / \partial z = W_{zz},\ \partial^2 g / \partial z^2 = W_{zzz}[\frac{1}{\text{վրկ}^2\text{սմ}}]:$$

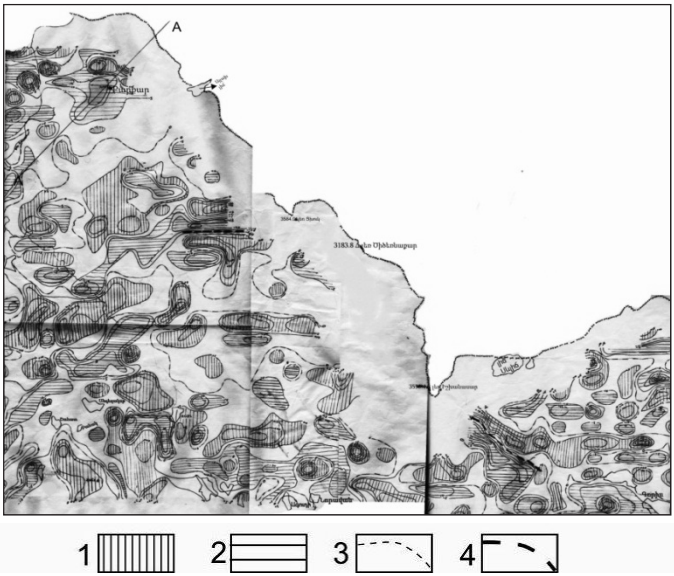
W_{xz}-ը կոչվում է ծանրության ուժի հորիզոնական գրադիենտ: W_{xz}-ի բարձր արժեքները բնորոշ են խզումնային գոտիներին և համարվում են կարևորագույն չափորոշիչներ, մասնավորապես խոշոր խորքային խզումները հետամտելու համար տարածաշրջանի տեկտոնական կառուցվածքի ուսումնասիրման ժամանակ: Ըստ հորիզոնական գրադիենտի տարածական պատկերի վստահորեն որոշվում է տեկտոնական գոտիների բաժանման սահմանը:

Բարձր կարգի ածանցյալներից (W_{zz})-ը վերահաշվում են անոմալ օբյեկտների լոկալիզացման նպատակով: Ծանրության ուժի դիտարկված արժեքների վերահաշվումների շնորհիվ ելակետային գրավիտացիոն դաշտի վրա նոր տեղեկություն չի ավելանում, այլ նրա վրա ավելի են ընդգծվում դաշտի որոշակի առանձնահատկությունները: Այս պրոցեսն իրականացվում է՝

- դաշտի միջինացման(լոկալ և ռեգիոնալ ֆոնի անջատում),
- գրավիտացիոն անոմալիաների որպես հարմոնիկ ֆունկցիաների անալիտիկ շարունակության (անոմալիա առաջացնող մարմնի տեղադրման խորության փոփոխության),
- գրավիտացիոն դաշտի պոտենցիալ ֆունկցիայի բարձր կարգի ածանցյալների վերահաշվման օգնությամբ:

Որպես օրինակ դիտարկենք Որոտան գետի ավազանի ճախափնյակի համար կատարված ծանրության ուժի երկրորդ կարգի ածանցյալների (g_{zz}) վերահաշվումները, որի արդյունքում կառուցվել

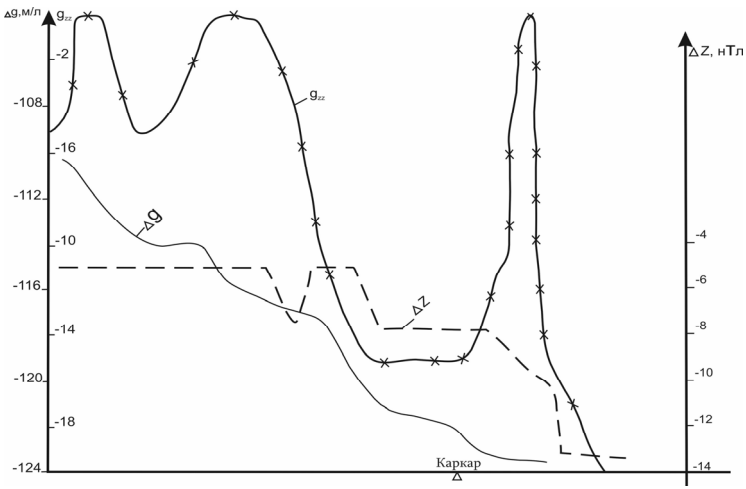
է 1:50 000 մասշտաբի քարտեզ: А –А պրոֆիլի երկայնքով ուսումնասիրվել է Δg, g_{zz}, ΔZ կորերի բնույթը: Ռեգիոնալ պլանում քարտեզն արտահայտում է երկրակեղևի խորքային առանձնահատկությունները, մասնավորապես այդ անոմալիաների կապը բյուրեղային հիմքի դիրքի և կառուցվածքի առանձնահատկությունների հետ: Քանի որ դիտված գրավիտացիոն անոմալ դաշտում գերիշխող է ռեգիոնալ խորքային կառուցվածքի գործոնը, ապա հաճախ երկրաբանական կառուցվածքում առկա լոկալ կառույցները (նստվածքային ծածկոցում տարբեր պետրոֆիզիկական հատկություններով օժտված ապարների առկայությունը, փոքր ամպլիտուդով վարնետ-վերնետ ստրուկտուրաները) գործնականում դժվար հետամտելի են: Հայտնի է, որ երբ ծանրության ուժի անոմալիաներից անցում է կատարվում դրանց գրադիենտներին, ապա մեկ աստիճանով ևս ընդգծում է դրանց կախումը անոմալ օբյեկտի տեղադրման խորությունից: Վերահաշվումների շնորհիվ կարելի է հայտնաբերել, առանձնացնել անոմալ դաշտի դետալ առանձնահատկությունները, հետևաբար և դրանք պայմանավորող երկրաբանական գործոնները: Անոմալիաների հետագա լոկալիզացումը իրագործվել է անոմալիաների անալիտիկ շարունակման եղանակով: Ծանրության ուժի պոտենցիալ ֆունկցիայից ($W_z=\Delta g$) դրա երկրորդ կարգի ածանցյալին [$(W_z)_{zz} = g_{zz}$] անցնելիս օգտվում են վերջավոր տարբերությունների մեթոդից, հաշվումների համար հայտնի մի շարք բանաձևերից նպատակահարմար է օգտվել Ռոզենբախի բանաձևից և էլկինսի պալետկայից: Ստացված կորերի վարքից ենթադրվում է, որ Δg-ն փոփոխվում է՝ կապված բյուրեղային հիմքի ընդհանուր ընկղման հետ[5]:



***Նկ. 9.Հատված Որոտան գետի հախուիկյա տարածքի բարչր կարգի <u>ամո-մալիայի</u> [g_{zz}] քարտեզից* (Մ 1 : 50000)**:

Պայմանական նշաններ՝

- g_{zz} -ի իզոգծեր՝ 1. դրական, 2. բացասական, 3. զրոյական, 4. հնիպադրվող տեկտոնական խախտումներ:



Նկ. 10. Δg(~~), g_{zz} (-x- x-) ¨ΔZ(- - -) կորերը A – A պրոֆիլի երկայնքով (Քարքարի փեղամաս).

Առանձնացված լոկալ անոմալիաները լրացուցիչ տեղեկություններ են տվել տարածաշրջանի երկրաբանական կառուցվածքի վերաբերյալ:

Չնափոխումների և վերահաշվումների արդյունքում ստացվում են նոր մեծություններ, որոնք կարող են ունենալ նոր ֆիզիկական իմաստ և նոր չափողականություն: Համապատասխան ցանցով պլանի վրա տեղադրելով վերահաշված արժեքները՝ կառուցվում են նոր քարտեզներ, որոնք լրացնում են սկզբնական գրավիտացիոն դաշտի քարտեզը և գրավիտացիոն անոմալիաների երկրաբանական մեկնաբանման համար լրացուցիչ նյութ են դառնում:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Թադևոսյան Լ. Կ.,* «Գրավիհետախուզության դասընթաց», ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան, 1980 թ.:
2. *Թադևոսյան Լ. Կ.,* «Գրավիտացիոն անոմալիաների մեկնաբանման լաբորատոր և գործնական աշխատանքների մեթոդական ձեռնարկ», ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան, 1983 թ.:
3. *Веселов К.И.,* «Кварцевые астазированные гравиметры», 1961.
4. *Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И. и др.,* «Геофизические методы исследований», Петропавловск-Камчатский, изд-во КГПУ, 2004, 232 с.
5. *Тадевосян Л.К., Мирзоян Л.Б., Мелконян А.М.*, «Геологическое истолкование карты вторых производных силы тяжести (g_{zz}) левобережья бассейна р. Воротан», ԵՊՀ գիտական տեղեկագիր, Երկրաբանություն և աշխարհագրություն, 2012, #2, էջ 19-23:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածություն..... 3
1. Գրավիմետրական հանույթի դաշտային աշխատանքների
մեթոդիկան և տեխնիկան.....4
1.1. Գրավիմետրական հանույթի դասակարգումը.....4
1.2 Հենակետային ցանց 6
1.3. Շարքային դիտարկումների մեթոդիկան.....7
2. Ծանրության ուժի չափման եղանակները, կիրառվող
ժամանակակից սարքավորումները. 9
3. Ծանրության ուժի անոմալիաներ. 14
4. Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդիրների լուծումը
պարզագույն երկրաչափական ձևի մարմինների համար 20
4.1. Ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը գնդաձև մարմինների
համար 20
4.2. Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը
գլանաձև մարմինների համար 22
4.3.Գրավիհետախուզության ուղիղ և հակադարձ խնդրի լուծումը
ուղղանկյուն զուգահեռանիստի համար. 24
5. Կամայական ձևի մարմինների առաջացրած գրավիտացիոն
անոմալիաների մեկնաբանումը. 27
6.Ծանրության ուժի անոմալիաների վերահաշվումները և
ձևափոխությունները 29
Օգտագործված գրականություն 34

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
Աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետ

ԼՅՈՒԲԱ ԲԱՐԱՏՈՎԻ ՄԻՐԶՈՅԱՆ

ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՄԵԿՆԱԲԱՆՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Մեթոդական ցուցումներ Գրավիհետախուզություն դասընթացից

Համակարգչային ձևավորումը՝ Կ. Չալաբյանի
Կազմի ձևավորումը՝ Ա. Պատվականյանի
Հրատ. սրբագրումը՝ Ս. Դավթյանի

Տպագրված է «Արման Ասմանգուլյան» ԱՁ-ում:
ք. Երևան, Հր. Ներսիսյան 1/125

Ստորագրված է տպագրության՝ 07.03.2019:
Չափսը՝ 60x84 $^{1}/_{16}$: Տպ. մամուլը՝ 2.25:
Տպաքանակը՝ 100:

ԵՊՀ հրատարակչություն
ք. Երևան, 0025, Ալեք Մանուկյան 1
www.publishing.am



ՀՊՄՀ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ 2019
publishing.ysu.am