

Երկրաբանություն

УДК 550.83

ՍՈՂԱՆՔԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ  
ԵՐԿՐԱՖԻԳԻԿԱԿԱՆ ՍԵԹՈՂՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ  
ՀԱՄԱԼԻՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ  
(ՁՈՐԱՀԷԿ-ի սողանքի օրինակով)

Մ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ<sup>1\*</sup>, Գ. Վ. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ<sup>1\*\*</sup>, Ե. Ս. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ<sup>2\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> ԵՊՀ երկրաֆիզիկայի ամբիոն, Հայաստան

<sup>2</sup> ԵՊՀ քարտեզագրության և գեոմորֆոլոգիայի ամբիոն, Հայաստան

Հոդվածում քննարկված են համալիր երկրաբանական, գեոմորֆոլոգիական, երկրաֆիզիկական մեթոդների ընտրության հարցերը, կապված ինչպես սողանքային երևույթների ուսումնասիրման արդյունավետության բարձրացման, սողանքային մարմնի տարածական սահմանների նկարագրման և քարտեզագրման, այնպես էլ ժամանակի մեջ սողքի դինամիկային հետևելու և կանխատեսումներ կատարելու հետ:

**Keywords:** landslide, dynamics, geophysical methods, anomaly, physical-geological model.

**Ներածություն:** Սողանքային երևույթները երկրի մակերեսի վրա ունեն մեծ տարածում և դիտվում են հիմնականում լեռնային շրջաններում: ՀՀ-ում դրանք մեծ վնաս են հասցնում տնտեսությանը, նաև մարդկային զոհերի պատճառ են հանդիսանում: Բնական լանջերում այդ երևույթների առաջացման վտանգավորության և կանխագուշակման հիմնավորված գնահատական տալու համար անհրաժեշտ է առաջին հերթին ուսումնասիրել լանջի գեոմորֆոլոգիական առանձնահատկությունները, երկրաբանական կառուցվածքը, ջրաերկրաբանական պայմանները, ապարների լիթոլոգիական կազմը և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Այստեղ ժամանակակից սողանքային երևույթների դաշտային ուսումնասիրությունների մեթոդները խիստ բազմազան են և շարադրված են տարբեր մասնագետների աշխատանքներում: Բազմաթիվ են այն խնդիրները, որոնք գլխավորապես պայմանավորված են սողանքային երևույթների դինամիկայով, որոնց լուծման արդյունքները թույլ են տալիս գնահատել սողանքավտանգ լանջերի կայունությունը և կիրառել հակասողանքային միջոցառումներ:

Հակասողանքային միջոցառումների նախագիծը կազմելիս առաջնային խնդիրներ են համարվում`

\* E-mail: [maratg@ysu.am](mailto:maratg@ysu.am);

\*\* [g.markos@ysu.am](mailto:g.markos@ysu.am);

\*\*\* [emanukyan@ysu.am](mailto:emanukyan@ysu.am)

ա) սողանքային լանջի երկրաբանական կտրվածքի լիթոլոգիական կազմի ուսումնասիրություն մինչև արմատական ապարներ;

բ) գործող սահքի հարթության տեղադրման ձևի և խորության որոշում, սահքի հարթության համասեռության որոշում;

գ) ստորերկրյա ջրերի առկայության և դրանց տեղադրման մակարդակի խորության որոշում;

դ) ստորերկրյա ջրերի հոսքերի ուղղությունների որոշում սողանքային մարմնում և նրա սահմաններից դուրս:

Մյուս խնդիրների լուծումը՝ գրունտների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների, մակերեսային տեղաշարժերի և սողանքային գրունտների առաձգականության դինամիկական գործակիցների ուսումնասիրությունները կարևոր նշանակություն ունեն սողանքային երևույթների ակտիվացումը կամ դանդաղեցումը գրանցելու, ինչպես նաև հակասողանքային միջոցառման արդյունավետությունը գնահատելու համար:

Ելնելով վերը նշվածներից և ծառայած խնդիրների լուծումից անհրաժեշտ է սողանքավտանգ լանջերի տարածքում իրականացնել հետևյալ ուսումնասիրությունները՝

- ինժեներաերկրաբանական հետազոտություններ;
- ջրաերկրաբանական հետազոտություններ;
- երկրաֆիզիկական հետազոտություններ;
- գեոմորֆոլոգիական հետազոտություններ;
- հորատման աշխատանքներ;
- արբանյակային դիրքորոշման կայանների միջոցով սողանքային մարմինների տեղաշարժման ուղղությունների և արագությունների որոշում:

Ուսումնասիրությունների արդյունքում հնարավոր է ստանալ հետևյալ նյութերը՝

- տարածության մեջ, կայուն, չխախտված, արմատական ապարների տեղադրման ձևի և խորության քարտեզ;
- ստորերկրյա ջրերի տեղադրման խորության, հոսքի ուղղությունների, առավելագույնս ներթափանցելիության խորությունների քարտեզը;
- գործող սողանքների սահքի հարթության խորության և տեղադրման ձևի քարտեզ;
- տվյալներ ջրերի քիմիական կազմի վերաբերյալ;
- գրունտների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների մասին տվյալներ;
- կայուն և սահքի ենթարկված ապարների առաձգականության գործակցի ( $E_d$ ) և սահքի մոդուլի ( $\mu_d$ ) դինամիկական արժեքների քարտեզ;
- սողանքային մարմնի տեղաշարժման ուղղությունների և արագությունների քարտեզ:

Ստացված տվյալները տարվա մեջ երկու տարբեր ժամանակահատվածներում պետք է ենթարկվեն երկրաֆիզիկական պարամետրերի մշտադիտարկման, մշակումից հետո տրվի հակասողանքային միջոցառումների պլան, իսկ իրականացումից հետո հնարավոր է գնահատել հակասողանքային միջոցառման արդյունավետությունը:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ նշված խնդիրները լավագույնս կարելի է լուծել երկրաֆիզիկական մեթոդներով՝ հատկապես սեյսմահետախուզության և էլեկտրահետախուզության: Կարևորվում է նաև սողքի ենթարկված ապարների ջրահագեցվածության խնդիրը, որը պատճառ է դառնում ապարների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխման:

սահքի գոտում ապարների կառուցվածքի խախտումը բերում է ապարների պետրոֆիզիկական պարամետրերի փոփոխության, այդ թվում՝ էլեկտրադինամիկության, առաձգականության, խտության և մագնիսականության [1, 2]:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս նաև, որ սահքի գոտում փոքրանում են առաձգական երկայնական ( $V_p$ ) և լայնական ( $V_s$ ) ալիքների արագությունները, մեծանում են մարման գործակիցները ( $\alpha_p, \alpha_s$ ) [3]: Վերջին տարիներին սողանքների ուսումնասիրության երկրաֆիզիկական համալիրում կիրառվում են նաև գրավիտատախուժությունը և մագնիսահետախուժությունը: Հատկապես մագնիսահետախուժությամբ ուսումնասիրվում է սողքի ենթարկված ապարների տեքստուրա-կառուցվածքային փոփոխությունները և ծավալալարվածային վիճակը [2, 4, 5]:

**Սողանքային գործընթացների կանխատեսում:** Այդ նպատակով երկրաֆիզիկական առանձին եղանակները, գեոդեզիական և արբանյակային դիտարկումների մեթոդների հետ համալիր կիրառվում են ռեժիմային դիտարկումների տարբերակով: Ինչպես ցույց են տվել փորձերը սեյսմահետախուժական մեթոդները կարող են կիրառվել սողանքային գործընթացների վերահսկման համար, ինչպես սողանքի նախապատրաստման փուլում, այնպես էլ բուն սողքի ընթացքում: Ռեժիմային դիտարկումները ցույց են տվել, որ սողանքային գործընթացի ակտիվացման նախապատրաստման փուլում առաձգական ալիքների արագությունը ( $V_p, V_s$ ) զգալիորեն փոքրանում է, երբ գեոդեզիական ռեպերների տեղաշարժը սողանքային լանջի մակերեսին գրանցվում է բավական ուշացումով [3, 6]: Արդյունքում մինչև բուն սողքի սկսվելը գրանցվում է սեյսմիկ բնութագրերի ( $V_p, V_s, V_p/V_s, \alpha_p, \alpha_s$ ) փոփոխություններ:

**ՉՈՐԱՀԷԿ-ի երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություններ:** Սողանքային գործընթացները ՉՈՐԱՀԷԿ-ում հայտնի են դեռևս 1947–1948 թթ.-ից: Կառույցի գլխամասային հանգույցում առաջացած դեֆորմացիաների ուսումնասիրման արդյունքում հաստատվել է դրանց առկայությունը կառույցի ձախսափնյա լանջին:

Գեոդեզիական ռեժիմային դիտարկումներով հաստատվել են լանջի հորիզոնական տեղաշարժեր, հարավ-արևմուտքի ուղղությամբ՝ 1140 ազիմուտով և 1,38 մմ/ամիս միջին ամսական արագությամբ:

2010 թ. ելնելով ուսումնասիրության և առաջադրված խնդիրներից, կառույցի ձախսափնյա լանջին իրականացվել են երկրաֆիզիկական հետազոտություններ՝ սեյսմահետախուժական, էլեկտրահետախուժական և մագնիսահետախուժական մեթոդներով, լուծվել են հետևյալ խնդիրները՝

– սողանքային մարմնի ֆիզիկաերկրաբանական կտրվածքի ուսումնասիրություն;

– սողանքային մարմնի տարածական քարտեզագրում և սահքի մակերևույթի խորության և դիրքի որոշում;

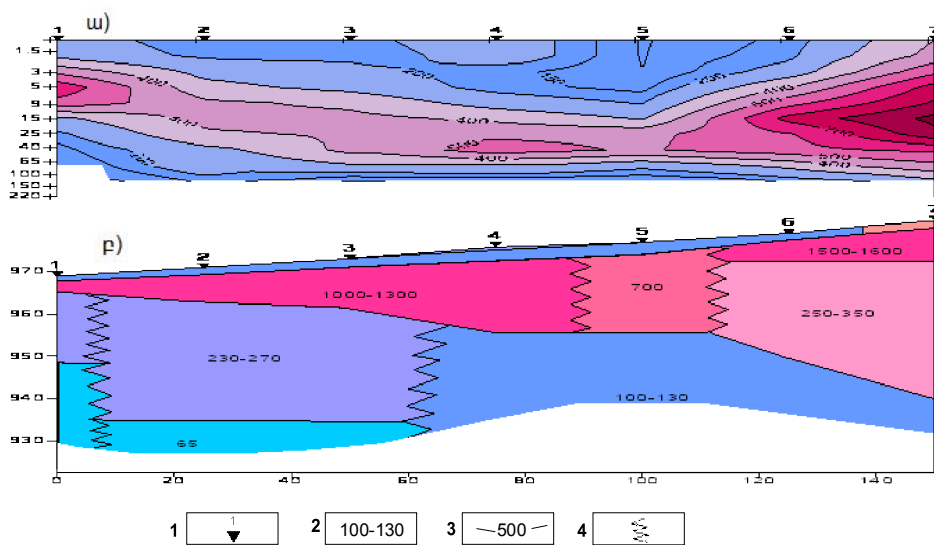
– տեղանքի ջրաերկրաբանական պայմանների գնահատում:

Երկրաֆիզիկական մեթոդների և դաշտային աշխատանքների մեթոդիկայի ընտրման ժամանակ հաշվի են առնված այն գործոնները, որոնք բնորոշ են սողանքային գործընթացի ուսումնասիրությանը: Տարածքի ֆիզիկաերկրաբանական կառուցվածքը, ռելիեֆը, կլիմայական պայմանները, սեյսմաբանական և տեխնածին գործոնները որոշում են սողանքի գենետիկական առանձնահատկությունները և սողանքային գործընթացի ինտենսիվությունը:

Սողանքների տարածքներին բնորոշ նշված հաստատուն և փոփոխվող գործոնների ուսումնասիրության նպատակով կիրառվել են էլեկտրահետախուզական (ՈւԷՁ, ԲԷԴ), մագնիսահետախուզական և սեյսմահետախուզական մեթոդները: Արագ փոփոխվող գործոններից առաջին հերթին, դիտարկված է ջրաերկրաբանական գործոնը, որի պարզաբանման նպատակով կիրառվել է էլեկտրահետախուզության բնական էլեկտրական դաշտի (ԲԷԴ) մեթոդը [7]:

**Երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների արդյունքները:** Սողանքային մարմնի ֆիզիկաերկրաբանական կտրվածքի ուսումնասիրության նպատակով կիրառվել է ՈւԷՁ մեթոդը: 42 կետերում ստացված ՈւԷՁ-ի կորերի մեկնաբանումները կատարվել են IP12win համակարգչային ծրագրով և կազմվել են համապատասխան թվով վեց երկրաէլեկտրական կտրվածքներ, հաշվարկվել են առանձին շերտերի էլեկտրական դիմադրությունները, հզորությունները և տեղադրման խորությունները: Ստորև բերված է 1–1' պրոֆիլով կառուցվածքի երկրաէլեկտրական կտրվածքը

**Երկրաէլեկտրական կտրվածք 1–1' պրոֆիլով:** Նկ. 1-ում բերված 1–1' պրոֆիլը տեղակայված է տարածքի հարավային հատվածում և նրա երկրաէլեկտրական կտրվածքն ունի հետևյալ ընդհանուր բնութագիրը:



Նկ. 1: Երկրաէլեկտրական կտրվածքը 1–1' պրոֆիլով. ա) որակական կտրվածք; բ) քանակական կտրվածք: 1 – ՈւԷՁ-ի համարը; 2 – շերտի էլեկտրական դիմադրությունը, *Օհ·մ*; 3 – իզոգծեր, *Օհ·մ*; 4 – երկրաէլեկտրական կոնտակտներ:

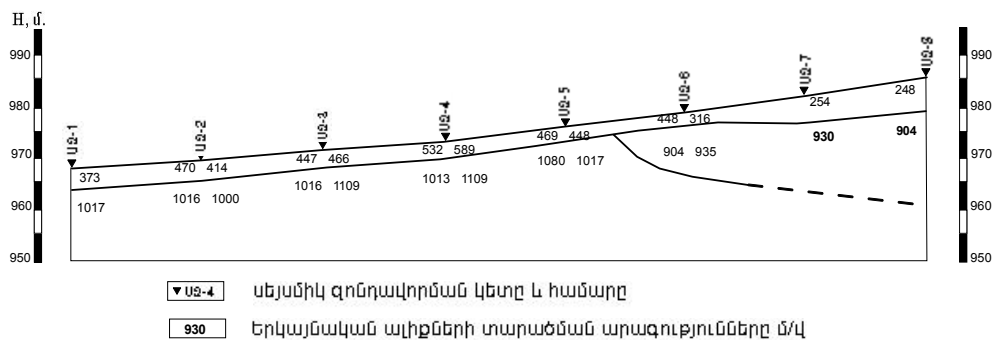
Մերձմակերեսային ապարներն ունեն ցածր էլեկտրական դիմադրություն՝ մինչև 150 *Օհ·մ*, փոքր հզորություններ՝ մինչև 2–3 *մ* և համատարած են պրոֆիլով: Համեմատաբար բարդ երկրաէլեկտրական կառուցվածքը փոփոխվում է շերտերի՝ դիմադրությունները (1000–1300-ից մինչև 250–350 *Օհ·մ*), հզորությունները (10–15 *մ* մինչև 30–40 *մ*): Կտրվածքը 20–25 *մ*-ից մինչև 35–40 *մ* խորություններում սահմանափակվում է մոտ 60–65 *Օհ·մ*-ից մինչև 100–130 *Օհ·մ* դիմադրությամբ ապարների շերտով: Կտրվածքում առկա են երկրաէլեկտրական կոնտակտներ, որոնք բնութագրում են ապարների փոփոխությունն ըստ խորության և հորիզոնական ուղղության:

Ստացված մյուս բոլոր պրոֆիլներով երկրաէլեկտրական կտրվածքներն իրենց բնութագրերով նման են բերված կտրվածքին: Ընդհանուր ֆիզիկատերևաբանական օրինաչափությունները հետևյալներն են: Բոլոր կտրվածքներում առաջին երկրաէլեկտրական շերտերն ունեն 100–200 *Oh·մմ* էլեկտրական դիմադրություն, հզորությունները՝ 3–5 *մ*, համատարած են և ներկայացված են ժամանակակից դեյուվիալ-պրոյուվիալ նստվածքներով: Ըստ խորության երկրորդ շերտի էլեկտրական դիմադրությունները 300–500 *Oh·մմ* են, սակայն առկա են նաև 1000–3000 *Oh·մմ* դիմադրության տեղամասեր, որոնք դասավորված են լանջի վերին հատվածներում և բաժանված են իրարից ուղղահայացին մոտ երկրաէլեկտրական կոնտակտով: Երրորդ շերտի տեղադրման միջին խորությունը 10–15 *մ* է, ունի համեմատաբար ցածր էլեկտրական դիմադրություն 200–400 *Oh·մմ* (սահլի պայմանական առաջին մակերևույթ), որտեղ դիտվում են էլեկտրական դիմադրության կտրուկ իջեցման տեղամասեր (մինչև 10 *Oh·մմ*), ինչն էապես, բարդացնում է կտրվածքի երկրաբանական բնութագիրը:

Ուսումնասիրված կտրվածքները 35–40 *մ* խորություններում եզրափակվում են համընդհանուր շերտով, որը լանջի ցածր տեղամասերում 40–60 *Oh·մմ* է, իսկ համեմատաբար բարձրադիր գոտիներում միջինը 80–100 *Oh·մմ* (սահլի պայմանական երկրորդ մակերևույթ):

Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ սահլի առաջին մակերևույթի երկրաէլեկտրական պայմանները զգալի տարբեր են քան երկրորդ մակերևույթինը, պայմանավորված ապարների լիթոլոգիական կազմով, ճեղքավորվածության աստիճանով և ծակոտկենության հատկանիշներով: Երկու մակերևույթների համար ռելիեֆի դիրքի կառուցումները ցույց են տալիս նրանց թեքությունը հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք ուղղությամբ:

Երկրամագնիսական դաշտի ուսումնասիրությունների արդյունքներով կազմված *T* իզոդինամների քարտեզի վրա սողանքային մարմինը նկարագրվել է որպես բարձր ինտենսիվությամբ դաշտի անոմալ տեղամաս, որը ցածր ինտենսիվության գծային դասավորվածություն ունեցող լոկալ անոմալիաներով՝ խզման գծերով, անջատված է հյուսիսային հատվածից: Խզման գիծը հիմնականում ունի հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք ուղղություն, որն արձանագրվել է նաև էլեկտրահետախուզության տվյալներով:



Նկ. 2: Սեյսմատերևաբանական կտրվածքը 1–1' պրոֆիլով:

Սեյսմահետախուզական աշխատանքներ տարվել են երկու պրոֆիլներով, որոնց արդյունքներով կառուցվել են սեյսմատերևաբանական երկու կտրվածքներ՝ 1–1' և 2–2' պրոֆիլներով: Նկ. 2-ում բերված է 1–1' պրոֆիլով

սեյսմաերկրաբանական կտրվածքը, որտեղ 10–12 մ խորություններում արձանագրված են երկու սեյսմաերկրաբանական շերտեր: Առաջին շերտի  $V_p$ -ի միջին արագությունը կազմում է  $\approx 400\text{--}500$  մ/վրկ, իսկ երկրորդ շերտում նրա արժեքները փոփոխվում են 800–1000 մ/վրկ սահմաններում: Համաձայն ստացված արդյունքների, բեկված ալիքների առաջին սահմանը սահքի մակերեսի հետ 10–12 մ խորություններում է, որը համապատասխանում է վերը նշված երկրաէլեկտրական կտրվածքներում առանձնացված սահքի պայմանական առաջին մակերևույթի հետ:

Սողանքի առաջացման կարևորագույն պայմաններից մեկը տարածքի ջրաերկրաբանական պայմաններն են: Տվյալ դեպքում հնարավոր ջրահոսքերի հայտնաբերման և դրանց շարժման ուղղության խնդիրների լուծման նպատակով կիրառված ԲԷԴ մեթոդի տվյալներով կառուցված գրաֆիկների և իզոպոտենցիալների քարտեզների վրա ընդգծվել են հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտքի ուղղությամբ ֆիլտրացիոն բնույթի, բնական էլեկտրական դաշտի պոտենցիալների համեմատական աճ՝  $-60 \div -65$  մՎ-ից մինչև  $-5 \div -10$  մՎ, որը հարավային տեղամասում փոխվում է միջինը  $10 \div 20$  մՎ: Համաձայն նմանատիպ տվյալների մեկնաբանման, սա ֆիլտրացիոն հոսքն է, որը տարածքի հարավային հատվածում ունի ստորերկրյա ջրերի բեռնաթափման տեղամաս:

**Եզրակացություն:** Ըստ ՉՈՐԱՀԵԿ-ի սողանքային մարմնի տարածքում կատարված երկրաֆիզիկական աշխատանքների արդյունքների՝

- էլեկտրահետախուզական և սեյսմահետախուզական ուսումնասիրություններով առանձնացվում են երկու շերտ, որոնք ունեն երկրաէլեկտրական և առաձգական ընդհանուր հատկություններ և կարող են հանդիսանալ սահքի մակերեսներ սողանքային մարմնի համար;

- առաջին սահքի մակերեսը գտնվում է 10–12 մ, իսկ երկրորդը՝ 30–35 մ խորությունների վրա և տարածվում են հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք ուղղությամբ;

- երկրաէլեկտրական կտրվածքներն ունեն բարդ ֆիզիկաերկրաբանական կառուցվածք՝ առկա են շերտերի լիթոլոգիական, տեքստուրա-ստրուկտուրային փոփոխություններ;

- կտրվածքում առկա առանձին երկրաէլեկտրական կոնտակտները, այդ թվում՝ հնարավոր խզման գոտիների առկայությունը, հնարավորություն է տալիս սողանքային մարմինը բաժանել ըստ խորության և տարածության;

- ԲԷԴ մեթոդի տվյալներով կառուցված գրաֆիկների և իզոպոտենցիալների քարտեզների վրա առանձնացված են հյուսիս-արևելքից դեպի հարավ-արևմուտք ուղղությամբ ֆիլտրացիոն բնույթի ջրահոսքի գոտին և ուղղությունը;

- մագնիսահետախուզության արդյունքում առանձնացված են սողանքային մարմնի տարածական դիրքը, սահմանները;

- ՈւԷՁ-ի ռեժիմային մեկամայա դիտարկումների արդյունքները ցույց են տվել, որ սողանքի դինամիկական պարզելու համար անհրաժեշտ է երկարաժամկետ դիտարկումներ տարբեր օդերևութաբանական և կլիմայական պայմաններում;

- երկրաֆիզիկական մեթոդների համալիրն ամբողջական լուծում է տվել առաջադրված խնդիրներին և կիրառելի է այլ սողանքների ուսումնասիրությունների համար:

## Գ Ր Ա Շ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. **Богословский В.А., Огильви А.А.** Применение геофизических методов для изучения оползней. // Разведочная геофизика, 1977, вып. 78, с. 48–57.
2. **Бродовой В.В., Свирина И.Н.** и др. Высокоточная магниторазведка при изучении оползней. // Разведка и охрана недр, 1980, № 3, с. 113–118.
3. **Григорян М.А.** Применение сейсморазведки для определения поверхности скольжения и состояния оползневого тела. // Известия АН Арм. ССР. Науки о Земле, 1972, № 4, с. 86–90.
4. **Գրիգորյան Մ.Ա., Մարկոսյան Գ.Վ.** և ուր. Դիվիզանի “Հանքային ջուր” սողանքի համալիր երկրաֆիզիկական մեթոդներով կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքները (2002–2004 թթ.): ԵՊՀ Երկրաբանական ֆակուլտետի հիմնադրման 70-ամյակին նվիրված գիտական նստաշրջանի նյութեր: Եր., 2006, էջ 149–157:
5. **Balyan H., Markosyan G.** The Monitoring of Landslides in Armenia First Mediterranean Conf. on Earth Observation (Remote Sensing). Belgrade, Serbia and Montenegro. 21–23.04.2004.
6. **Огильви А.А.** Основы инженерной геофизики. М.: Недра, 1990, 501 с.
7. **Семенов А.С.** Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.: Недра, 1980, 446 с.

М. А. ГРИГОРЯН, Г. В. МАРКОСЯН, Е. С. МАНУКЯН

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ  
(на примере оползня ДЗОРАГЭС)

Резюме

В статье рассматриваются вопросы выбора геофизических методов, связанных с повышением эффективности изучения оползневых процессов, как для описания пространственных границ и картографирования, так и для слежения за процессами динамики скольжения во времени и прогнозирования.

M. A. GRIGORYAN, G. V. MARKOSYAN, Ye. S. MANUKYAN

SELECTION OF EFFECTIVE COMPREHENSIVE GEOPHYSICAL  
METHODS FOR STUDYING LANDSLIDE PROCESSES  
(on the example of DZORAGES landslide)

Summary

The article deals with the selection of geophysical methods associated with advancing the effectiveness of landslide processes, both with the description of spatial boundaries and mapping, and with the purpose of monitoring the dynamics of slip in time and forecasting.