

ԹԱՐԶՐ ԼԱՆՋԵՐԻ ԶԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ*

Գոկտոր Ռ. ՅԻՇԻՆՍԿԻ**

ՀԱՅԵՐԵՆ ԵՎ ՌՈՒՍԵՐԵՆ ԹԱՐԳՄԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆԱԽԱՐԱՆ

Ինձ մեծ հաճույք է պատճառում այս «Գեոմեխանիկայի պրոբլեմներ» աշխատություններում իմ հոդվածի հրատարակումը հայ կոլեգաների համար, որոնք հայտնի են իրենց աշխատանքի բարձր որակով: Այն ինչ կարող է հետաքրքրություն առաջացնել իմ ունկնդիրների համար, բացի դիտումների տվյալներից այս հոդվածի կոնցեպցիան և նրա տեսակետը:

Հոդվածում շոշափվում են երկու հիմնական դրույթներ: Երկուսն էլ նախադրյալներն են ժայռապարների դեֆորմացիաների ապագա առավել մանրաբերկիտ տեխնիկական հսկողության համար:

Առաջին խնդիրը—իմանալ բնական ժայռապարների հնարավոր ռեակցիաների մասին ավարտված դեֆորմացիաների «շարժման պատկերի» ուսումնասիրման միջոցով: Այդ պետք է կատարվի պարզ ֆենոմենոլոգիական (երեվուրաբանական) եղանակով, այսինքն երկրաբանության տեմիններով և մեթոդներով:

Երկրորդ պրոբլեմը կայանում է այդ երկրաբանական դիտումների մեխանիկական մեկնաբանության մեջ՝ երկրաբանական նկարագրությունների «բարգմանություն» մեխանիկայի տեմիններով:

Միգուցե հետաքրքիր է նաև նշել այս աշխատության ստեղծման և նրա կոնցեպցիայի մասին:

Մի կողմից մենք պետք է վկայակոչենք այն փաստը, որ ալպիական երկրում նմանօրինակ երևույթները բացահայտվում են շատ հաճախ: Նրանք առավել հետաքրքրություն են հանդես բերում քաղաքացիական շինարարության ասպարեզում և որոշակի ղեպհերում հույնիսկ դառնում է ռեգիոնալ երկրաբանության պրոբլեմ:

Մյուս կողմից Զանդերի և Շմիդտի հետազոտություններից հետո, մեր դարի ֆունդամենտալ քվակազմներից ի վեր մեխանիկական տեսակետի կիրառումը երկրաբանական պրոբլեմների հանդեպ իրենցից ներկայացնում են Ավստրիա—

* Անգլերենից թարգմանեց Լ. Արշակունի:

** Վիեննայի (Ավստրիա) Համալսարանի երկրաբանական ինստիտուտի ասիստենտ:

լի երկրաբանական գիտությունների նկատելի մասը (or. *Clar, 1965; Müller, 1963; Sander, 1930; Schmidt, 1932; Stini, 1929—1957**).

Ի լրացումն Զանդերի և Շմիդտի «ստրուկտուրային ֆաբրանոլոգիան» գաղափարները (անգլերեն *structural petrology* տերմինը գերմաներեն *Gefügekunde* տերմինի ոչ նշգրիտ քարզանոլոգիան է, որը չի համապատասխանում այդ գիտության նպատակներին) հանրահայտ են ավստրիական երկրաբանների շրջանում: Հենց *Gefügekunde* գիտությունը քվում է ստրուկտուրային երկրաբանության առավել համապատասխան ձևը մեխանիկական վերլուծության համար երկրաբանական փաստերի նախապատրաստման գործում:

ՈՒ. ՑԻՇԻՆՍԿԻ

Ուեֆերատ: Վերջին տարիների ընթացքում անցկացվեց ժայռապարների խոշոր սողանքների և սողքի երկրաբանական հետազոտում: Այդ շարժումները հարթում էին այն լանջերը, որոնք անկայուն դարձան հովտային սառցադաշտերի նահանջի հետեանքով: Բերված է մի քանի տապիլ ուսուցանող օրինակների նկարագրություն, որոնք ցույց են տալիս, որ լեռնային ապարի սողքը հանդիսանում է բարձր լանջերի ղեֆորմացիայի մի շատ կարևոր գործոն և որ մակերև. սայլին սահքի գոյությունը անհրաժեշտ է: Այդ շարժումների պատկերները կարող են հանգեցնել ղեֆորմացիայի ընդհանուր պլանի, որը համապատասխանում է իդեալական լանջին: Գեֆորմացիայի այդ ընդհանուր պլանը որոշվում է արագությունների վեկտորներով և «մատնակի շարժումության» տեսքով: Ընդունելով գրավիտացիայից առաջացած սահքի լարման զմային բաշխումը ուղղաձիգ ուղղությամբ, կարելի է եզրակացություն անել լեռնային զանգվածների մեխանիկական հատկությունների մասին:

1. Լեռնային զանգվածը ունի սահքի դիմադրություն, որը աճում է հիդրոստատիկ ճնշման հետ միասին և կախված է քննարկվող բնագավառից:

2. Ուսումնասիրելով բավականին մեծ բնագավառ, կարելի է շարժումը նկարագրել ռեոլոգիական մոդելի օգնությամբ, որը կոչվում է Հեֆելի «անկատար մածուցիկ հեղուկ» $\varepsilon = a \tau$ (ε — ղեֆորմացիայի արագություն, τ — սահքի լարում): Այժմ a և b պարամետրերի նշանակությունը կարող է սահմանակի միայն համեմատելով ալլ նյութերի հետ. նրանց ստույգ որոշումը ապագա աշխատանքների խնդիրն է:

1. ՆԵՐԱՄՈՒԹՅՈՒՆ

1962 թ. Կ. Տերցագին հրապարակեց մի հոդված «Դիք լանջերի կալվածությունը չհոդմահարված կարծր ժայռապարներում» (Terzaghi, 1964): Այս հոդվածի վերջին գլխում ցույց է տրվում որ «դործնականորեն ոչինչ հայտնի չի խորադիր խոշոր սողանքների մեխանիզմի վերաբերյալ»: Ինքը, Տերցագին հավանորեն ենթադրում է, որ բոլոր երևույթները, որոնք կոչվում են Bergzerreißung «լեռնային ճեղքում» ըստ Օ. Ամպֆերերի (Amperferer, 1939) և Talzuschub «սողք ղեպի հովիտ» ըստ Ի. Շտինիի (Stini, 1941) վերաբերում են խորը տեղադրված սահեցման մակերեսների երկայնությամբ շարժումներին: Այդ նա մատնանշում է, որ սահեցմանը նախորդող և ժայռապարների շարժվող զանգվածի վրա ազդող սողունության մեծությունը մնում է անհայտ: Այս հարցերը կարևոր են ժայռապարների մեխանիկական վարքի վերաբերող մեր գործնական և տեսական գիտելիքների համար (Clar, 1959): Սրանից ելնելով պրոֆ. է. Քլարը արդեն 1960 թ. ինձ հանձնարարեց

* Գրականությունը տե՛ս էջ 157—158:

այանքի տեկտոնիկայի» (Hangtektonik ըստ Զանդերի) ընդհանուր հետազոտումը և ես կաշխատեմ այն պարզաբանել սույն հոդվածում:

Անցկացված բարտեղագրման առավել ապշեցուցիչ արդյունքն է հանդիսանում այն, որ ժայռապարների սողքը (կամ հոսքը) այնպիսի կարևոր դեր է խաղում բարձր լանջերի դեֆորմացիայում, որ սահեցման հիմնային հարթության առկայությունը էական անհրաժեշտություն չի ներկայացնում, համենայն դեպս բյուրեղավոր թերթաբարերում, որոնք ունեն բարձր «մասնակի շարժունակություն» (Teilbeweglichkeit ըստ Զանդերի), որոնց վերաբերում են բերված օրինակները (ֆիլիտները, փայլարոտ թերթաբարերը և պարագնեսյաները):

2. ՕՐԻՆԱԿՆԵՐ

Իհարկե, գոյություն ունեն շատ դեպքեր, երբ շարժումը կենտրոնանում է հիմնային հարթություններում: Բավականին սովորական են նաև այն դեպքերը, որոնք ցույց են տալիս սահեցում պարզորոշ մակերեսով, ինչպես և սողքը՝ տեղաշարժ արված զանգվածում: Դա պատկերվում է հետևյալ երկու օրինակներով:

Ֆլիս-նիդեռ Դալմիգ (Fließ-Nieder Gallmig) Լանդեկի հարավում, Տիրոլ.

Լանջը կազմված է «արևելյան-ալպյան կվարցֆիլիտների» և «ֆիլիտգնեսյաների» շերտախմբից, որոնք զահավեժ ընկնում են դեպի հյուսիս (հովտի ուղղությամբ): Տեղաշարժված զանգվածի արևմտյան կողմից սահեցման հիմնային մակերևույթի մերկացումը կարելի է դիտել զազաթից մինչև ստորոտ: Արևելյան մերկացումը այնքան էլ պարզ չի միայն լանջի ստորին մասում, որը, հավանաբար, կապված է սկզբնական մորֆոլոգիայի հետ (կազմված 1600 մ բարձրության վրա, ողողվածքը բաժանում է լանջը արևմտյան և արևելյան մասերի, նկ. 1*): Այդ հարթության երկայնությամբ տեղաշարժված զանգվածի ցածր մասը անընդհատ ուղղք գործելով ծովում է գոգավորությամբ՝ ինն գետի ուղղությամբ, գոյացնելով դարաթուփ և ուղղաբերձ ափ: Այդ նշանակում է, որ սահող զանգվածի ստորին մասում սողքը տեղի է ունեցել նշանակալից չափով: Լանջի այս մասը ներկայացնում է զանգվածի հավելուրդի գոտի: Բայց այն հավասար է լանջի զազաթի զանգվածի դեֆիցիտի միայն մի փոքր մասի, որտեղ սահեցման հարթության մերկացումները շրջապատում են մեծ որմնախորշը: Տարբերությունը արդեն ողողամաշվել և տարվել է գետի հոսանքով: Ինն գետի երկարությամբ ենթակտրված ափի սողանքները ցույց են տալիս, որ մինչ օրս էլ շարժումը դեռևս մնում է ակտիվ:

Պֆորշվինկել (Pfortschwinkel) Կյոդնիցտալում (Կալս, Արևելյան Տիրոլ)

Այս ամֆիթատրոնի խոշոր «խեցին» իրենից հավանորեն առավելապես ներկայացնում է սահեցման մակերևույթ (նկ. 2): S-հարթությունների (թերթայնության հարթության, Զանդերի տերմին) կառուցվածքը (fabric) կարող

* Նկարները տե՛ս էջ 151—156:

է ավելի լավ բացատրվել «լանջի տեկտոնիկայով». այն նման է S-հարթությունների կառուցվածքին ստորե նկարագրված Մատրայ և Ռադենտայն օրինակներում: Կասկած չի կարող լինել, որ «խեցու» ստորին մասի մարմինը սողանքային զանգվածի մնացորդ է: Որոշ մորֆոլոգիական հանգամանքներից ենթելով չի կարելի ենթադրել, որ զանգվածը ողողամաշվել է մակերեսից: Այստեղից պետք է ենթադրել, որ զանգվածը սահել է դեպի ներքև՝ պարզորոշ հարթության երկայնությամբ և ողողվել իր առջևից հոսող վտակով, ճիշտ այնպես, ինչպես դիտվել է Ֆրիս-Նիդեռ Գալմիգում: Այս ձևով ստացվեց դինամիկական հավասարակշռություն:

Հատուկ հետաքրքրություն է հարկավոր ցուցաբերել այն օրինակների հանդեպ, որոնք ցույց են տալիս մեծ դեֆորմացիաներ առանց հիմնային սահեցման հարթության առկայության, որը ձեղբում է լանջը՝ գազաթից մինչև ստորոտը: Սա այն դեպքն է, երբ բացակայում է քայքայումը ձևափոխված մարմնի մասշտաբում:

Մատրայ-Գլունզերբերգ (Matrei-Glunzerberg) արևելյան Տիրոլում

Այս լանջն ունի 1100—1200 մ բարձրություն (հյուսիսից հարավ) և 24 միջին թեքություն (նկ. 3): Կազմված է գլխավորապես «պնինյան գոտու» վերնամասերի և «Մատրայ գոտու» ներքնամասերի ֆիլիտներից, կրային ֆիլիտներից և կրային թերթաքարերից: Այդ թերթաքարերի ընդհանուր տարածումը արևելքից դեպի արևմուտք մի քանի կիլոմետր է, բավականին հավասարաչափ անկումով, 50°—60° անկյան տակ՝ դեպի հարավ: Միայն այս լանջի վրա հնարավոր է դիտել S-հարթությունների պտույտը՝ ցածում մոտ 1750 մ նիշի վրա նրանք ընկած են 30°—60° դեպի հյուսիս (լանջի խորքը), ետ շեղվելով դեպի ուղիղ թեքումը (լանջից դեպի դուրս) ստորոտի մոտ Բրեռերվանդ վտակի մակարդակի վրա և ձևափոխված լանջի արևմտյան կողմում:

Հարթությունների կառուցվածքի աչապիսի դեֆորմացիան կարելի է անվանել «ներքին պտույտ» (Internrotation, ըստ Զանդերի). այն ցույց է տալիս որ ստրուկտուրայի բազալ շերտերի տեղաշարժումները ամբողջ մարմնի չափսերի համեմատ մեծ չեն: Այլ խոսքով ձևախախտված մարմնի մասշտաբով այդ դեֆորմացիան կարելի է անվանել պլաստիկ (լայն իմաստով): S-հարթությունների կառուցվածքի այս դեֆորմացիայի հետ կապված են սահ-յի որոշ հարթությունները լանջի վերնամասում: Նրանք զարգանում են շատ պարզ և կանոնավոր, կառուցվածքի բազալ շերտերի (Teilkörper) փոքրության, ինչպես նյութի ու կառուցվածքի վիճակագրական համասեռության հետևանքով (Clar, 1963): Հատկանշական է, որ այդ հարթությունները չեն հատում ամբողջ մարմինը, այլ վերջանում են նրա մեջ՝ դեպի ներքև: Այդ բանում կարելի է համոզվել նրանց մերկացումների մորֆոլոգիական բարտեղազրույթյամբ, ինչպես և որոշ կրիտիկական կետերում կառուցվածքի անմիջական դիտումով (Բրեռերվանդ վտակի երկայնությամբ): Այդ պատճառով սահ-յի այս հարթությունները ցույց են տալիս մարմնի մեջ տեղի ունեցող քայքայումները «տեսանելի հենց ձևախախտված զանգվածի մասշտաբում» բայց ցույց չեն տալիս ողջ մարմնի քայքայումը: Հետևապես, այդ դեֆորմացիան կարելի է անվանել չընդհատվող, իսկ ժամանակից կախված լինելու հետևանքով՝ նույնիսկ մածուցիկ, սոսկ ուղղորդական իմաստով: Նման իրադրությունը բնորոշ է այն

շարժման համար, որը մենք անվանում ենք «նստեցում» (Sackung. տե՛ս անվանումը):

Եթե ուշադրություն դարձնի սահմանային հարթությունների բաշխման և S-հարթությունների պատկերին (նկ. 3), կարելի է նկատել, որ այդ երկու տիպի ղեկավարող մասերը (սահմանային և մասնակի) համարյա բաժանված են: Այդ իսկ պատճառով պետք է ընդունել, որ լանջի վերնամասի վարքը առավել կարծր էր, քան ներքնամասինը: Նույնը կարելի է արտահայտել Զանդերի տերմիններով, այսինքն՝ «մասնակի շարժականություն» ավելի փոքր էր քան «մասնակի շարժականություն»: Մյուս կողմից ամբողջ մարմինը սկզբում նյութի հանդեպ միասնական վայր էր, այսինքն՝ նրա «պոտենցիալ մասնակի շարժականություն» (potentielle Teilbeweglichkeit) հանդեպ: Այդ պատճառով երկու վայրերի գոյությունը տարբեր «էֆեկտիվ մասնակի շարժականություն» (effective Teilbeweglichkeit) պետք է կապված լինի լանջի մարմնի լարումների բաշխման առանձնահատկությունների և «ժայռապարի» նյութերի մեխանիկական հատկությունների հետ (ի տարբերություն ժայռի—rock և ժայռապարի—rock mass, գերմաներեն՝ Gestein և Fels կամ Gebirge տե՛ս օրինակ Müller, 1963):

Միլշտեդեր Ալմ (Millstätter Alm) Ռադենտայնում (Կարինտիա)

Այս շարժման պատկերը շատ նման է Մատրայի շարժման պատկերին (նկ. 7)՝ S-հարթությունների ներքին պտույտը կարծր վարքի ներքևում գտնվող շրջանի և ոչ-մեծ ղեկավարող, որը կենտրոնացված է պարզորոշ հարթությունների երկայնությամբ, որոնք վերջանում են դեպի ցած: Թեև այս դեպքում չի կարելի անմիջականորեն դիտել լանդշաֆտի կտրվածքը, ինչպես այն կարելի է տեսնել Մատրայի դեպքում, այդ դրույթի մեջ կարելի է համոզվել լանջի ստորոտում գտնվող մագնեզիտային հանքի (նկ. 6) տվյալների հիման վրա (Angel et al., 1953; Clar u. Weiss, 1965):

3. ԴԵՅՈՐԲԱՅԻՆՆԵՐ ԳԼԱՆ

Բոլոր այդ շարժումները տեղի էին ունեցել հետադարձաշարժային ժամանակ և մեծամասամբ այժմ դադարել են, բոլոր հետադուրս շարժումների մանրամասն նկարագրությունը հրապարակվել է մի ուրիշ տեղում (Zischinsky, 1966, 1969): Կոնկրետ, երկրաբանորեն քարտեզագրված «շարժման պատկերների» հիման վրա կարելի է եզրակացություն հանել ղեկավարող լանջի նույն պլանի մասին, որը պետք է արտահայտի երկրաչափորեն իդեալ լանջի պայմանները իդեալ նյութի վրա: Որպես ֆորմալ անիզոտրոպիայի ֆունկցիա այդ պլանը պետք է ենթարկվի միայն քանակական փոփոխման: Այն համապատասխանում է Ի. Շայբլաուերի կողմից հրապարակված մոդելների հետադուրս շարժման (Scheiblauber, 1963): Դեֆորմացիայի ընդհանուր պլանը որոշվում է, նախ տարբեր «էֆեկտիվ մասնակի շարժականություն» երկու վայրերի առկայությամբ «պոտենցիալ մասնակի շարժականություն» մեկ շրջանի ներքո: Երկրորդը՝ որոշվում է ղեկավարող լանջի վերնամասի վերնամասի և մեծությամբ, որը մենք կարող ենք դիտել որպես արագությունների վեկտորների, և թե ընդունենք թե ամբողջ մարմինը ենթարկվել է ղեկավարող լանջի աղբյուր-

ցությանը միաժամանակ (մեկ փուլային ձևափոխում): Այդ իսկ պատճառով նկ. 7, ձ-ում այդ վեկտորները ներկայացված են հոսքի գծերով և արագությունների բաշխման գրաֆիկի ուղղագիծ գծերի ներկայությամբ:

4. ՄԵՆԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄԵԿՆԱՐԱՆՈՒՄ

Կարելի է ենթադրել, որ այս դեֆորմացիաները առաջացել են մնացորդային լարումներից, երկրաշարժերից և ծանրության ուժից: Ես չէի կարող դրսևել մնացորդային լարումների և երկրաշարժերի ներգործության որևէ բանակի: Այդ պատճառով ծանրության ուժը մնում է միակ իրական էֆեկտիվ ուժ:

Սառցադաշտային ծածկույթի համար Հեֆելիի ենթադրության համաձայն ընդունենք, որ արդյունքային շոշափող լարումն աճում է գծայնորեն՝ խորության հետ միասին (Haefeli, 1961): Այդ թույլ է տալիս վերաբնութային «ժայռապարի» նյութի հատկությունները:

Հարկ է անտեսել, որ դեֆորմացիան «լանջի մասշտաբով» մասնակի ընդհատվում է, դրա համար պետք էր դիտել մեծ շրջան: Այս դեպքում ամենապարզ մոդել պետք է հանդիսանա նյութոսության հեղուկը, որը ցույց է տալիս գծային հարաբերությունը դեֆորմացիայի ε արագության և սահքի τ լարման

միջև $\varepsilon = \frac{1}{\mu} \tau$ (μ — մածուցիկությունն է, նկ. 8): Բայց այդ մոդելը չի բավարարում մեր շարժման պատկերին: Այն չի բացատրում ներքին փոքր դեֆորմացիայի մակերեսը զանգվածի վերին մասում: Այդ հատվածը անվանելով կարծր, մենք գտնում են Բինգամյան մարմինը լիովին համապատասխան $\tau = \tau_0 + \mu \varepsilon$ (τ_0 — ողքի դիմադրությանը այն խորության վրա, որտեղ սկսվում է դեֆորմացիան $\varepsilon = \tau$ շերտատման վերին ոլորքի մոտ Մատրայում և Ռադենտայնում upper bending of foliation): Բայց եթե ենթադրենք, որ դեֆորմացիան կատարվել է և լանջի այս հատվածում նույնպես, այն ժամանակ մենք պետք է կապենք τ և ε աստիճանական ֆունկցիայով $\varepsilon = a\tau^b$. սա «անկատար մածուցիկ հեղուկ» է ըստ Հեֆելիի (Haefeli, 1961) կամ «ստրուկտուրային մածուցիկ հեղուկ» ըստ Կյոռնեի (Körner, 1964): Այս հավասարումը, հավանաբար հանդիսանում է պարզագույն մի մոդել, որը կիրառելի է ժայռապարների վերաբերյալ: Այն կարծես նույնպես լավ է ներկայացնում ընդհանուր իմաստով մի շարք ուրիշ ռեալ մարմինների մածուցիկ վարքը: Այսպես, օրինակ, ձյունը և սառույցը ենթարկվում են Հեֆելիի հավասարմանը (Haefeli, 1939, 1961): Այդ նյութերը ցույց են տվել a և b պարամետրերի որոշ նշանակությունները նույնպես: Պարամետր a հանդիսանում է ջերմաստիճանի ֆունկցիա, b — լարման ընդհանուր գրության, մեխանիկական պատմության և այլնի ֆունկցիա է: Որպեսզի բացատրենք հոսքի արագության կորագիծը իր ներքին մասում (նկ. 7, a), ավելի գերադասելի է փոխել սահքի լարման գծային դասավորման մասին ենթադրությունը, քան դուրս բերել մեկ ուրիշ ռեոլոգիական մոդել:

ՇԱՐՃՄԱՆ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Բոլոր այդ դրույթները կարող էին դուրս բերվել անցյալում տեղի ունեցած շարժումների պատկերի երկրաբանական բարտեզագրման հիման վրա: Այդ պատճառով էլ դրանք ամբողջությամբ առած իրենցից ներկայացնում են

արարեցողական պայմաններ և հավանական է վերաբերում են մեկ մոմենտի։ Սակայն այդ ոչինչ չի ասում շարժման և արագությունների ժամանակի միջազգային բաշխման մասին։ Ի նկատի ունենալով այս հարցի կարևորությունը, Եղորձ է արվել ստանալու գոնե տեսական պատասխան։ Վերը քննարկված տեսությունների վերաբերյալ եղած ժայռապարների վարքը, հավանորեն մասնաշխատանքում է մածուցիկ հեղուկի վարք։ Այդ պատճառով կարելի է ժայռապարին վերագրել մածուցիկ հեղուկի նաև այլ հատկանիշները։ Գործածելով այս հիպոթեզը հնարավոր է կիրառել ժայռապարի հանդեպ ուրիշ «կարծր» պարմիներին սողի դիագրամներ (ժամանակ-դեֆորմացիայի դիագրամ) (Höfer, 1958)։ Կ. Հյոֆերը տարբերում է երկու հնարավորություններ (նկ. 9)։ Երաշխանքը տեղի է ունենում ցածր լարումների տակ։ Այստեղ սկզբում դիտվում էր դեֆորմացիայի բարձր արագություն (սկզբնական հոսք), որը ասիմպտոտիկորեն մոտենում է զրոյի։ Բայց եթե լարումը գերազանցում է մի ուրիշ մածուցիկ, կարելի է դիտել երկրորդային և երրորդային սողը, այսինքն ստացիոնար հոսք և «բալթայիչ հոսք» (breaking flow, Bruchfließen), որը վերջնականապես բերում է դեպի ջարդումը։

Այլ կերպ ասած, մարմինը կբալթայվի կախված լինելով միայն ժամանակից, մի լարման տակ, որը կարող է առավել ցածր լինել քան նրա սահմանադրությունը։ Այս դրույթները համապատասխանում են երկրաբանական պրոցեսներին. լանջի շարժումը չպետք է գերազանցի «նստեցման» շրջանին (Sackung)։ այս ճանապարհով լանջը կարող է գտնել մի կայուն ձև, որը կընթացի դեֆորմացիայի հետևանքով տեղի ունեցող լարման նվազեցման հետևանքով։ Մյուս կողմից «նստեցումը» կարող է վերածվել «սահեցման» (Gleitung, տե՛ս հավելվածը), որը հանդիսանում է լանջի քայքայում (Pacher, 1966)։ Շարժումը դեռ էլի կարող է լինել դանդաղ, սակայն այն կարող է արագանալ՝ մինչև աղետալի արագությունների։ (Müller, 1964)։ «Սահեցման» տեսակետի տեսական դեպքում աղետալի արագությունների հարցը կախված է արձան դարգացած սահեցման մակերևույթի հատկություններից, որի հաշվարկման համար հավանական է կարող են գործածվել գրունտների մեխանիկայի իրավունքները։ Գործնականում աղետալի արագությունների հարցը շատ հաճախ կախված է լանջի ստորոտում գտնվող հարաբերականորեն փոքր գոտուց, որը դեռևս ենթարկվում է պլաստիկ դեֆորմացիայի։

Հ Ա Վ Ե Լ Վ Ա Մ

Զարկվայր շարժումների սահմանումը

«Նստեցում» (Sackung) չընդհատվող* դեֆորմացիայի մեծությունը (չընդհատվող ձևախախտված զանգվածի մասշտաբում) մեծ է համեմատ սահեցման լանջային մակերևույթի երկայնությամբ տեղաշարժման հետ։ «Դանդաղ» արագություններ։

«Սահեցում» (Gleitung)։ Շարժման գլխավոր մասը կենտրոնանում է սահեցման հիմնային հարթությունում և կարող է հասնել տեղաշարժվող զանգվածների չափի մեծության։ Հնարավոր են ճարձր արագություններ։

* Այստեղ ի նկատի է առնվում աղճատումը սողի փուլում (ծան. խմբ.)։

Սահմանային դեպքեր (օրինակ Ֆլիս-նիդեռ Գալմիգ, Պֆորշվինկել): Պարզորոշ հարթությունով դանդաղ սողեր մեծ տարածությունների վրա, այսինքն երկարատև է: Այն հարկ էր անվանել «նստեցում», երբ լրացուցիչ առկա է մեծ պլաստիկ դեֆորմացիա, հակառակ դեպքում գերադասելի է գործածել «սահեցում» տերմինը:

Այս որոշումները տիպիկ դեպքերում համապատասխանում են Տերցագիի «սողը» և «սողանք» տերմիններին (Терцаги, 1958): Տերցագին տարբերում է նրանց ըստ արագության հատկանիշի:

Սակայն արագությունը կարելի է դիտել միայն առկայիս շարժումների մեջ և նույնիսկ այդ ժամանակ էլ արագությունը շունի բնորոշ մեծություն ուրովհետև այն պետք է դիտվի շարժվող զանգվածների շափերի վերաբերմամբ, իսկ աղետալի արագությունների պրոբլեմի կապակցությամբ նաև պլաստիկության ձևախախտված գոտու շափերի վերաբերմամբ: Այդ պատճառով գերադասելի են վերը նշված բնորոշումները, որոնք հիմնված են շարժման պատկերի վրա:

О ДЕФОРМАЦИИ ВЫСОКИХ СКЛОНОВ*

Доктор У. ЦИШИНСКИ**

ПРЕДИСЛОВИЕ К АРМЯНСКОМУ И РУССКОМУ ПЕРЕВОДАМ

Мне доставляет большое удовольствие опубликование в настоящих трудах «Проблемы геомеханики» моей статьи для армянских коллег, хорошо известных своим высоким стилем работы.

Я полагаю, что для данной аудитории, помимо результатов наблюдений, интересны также концепция и принцип статьи.

В статье затрагиваются два основных положения. Оба являются предпосылками для будущего более точного технического контроля деформации скальных пород.

Первый заключается в изучении возможного реагирования естественных скальных пород путем исследования «картины движения» завершившихся деформаций. Это должно быть сделано чисто феноменологическим путем, т. е. в терминах и методами геологии.

Вторая проблема заключается в механической интерпретации этих геологических наблюдений: «перевод» геологических описаний терминами механики.

Вероятно интересно также упомянуть о происхождении этой работы и ее концепции.

С одной стороны, известно, что в альпийских странах подобные явления наблюдаются очень часто. Они представляют все больший интерес в гражданском строительстве и в некоторых случаях даже становятся проблемой региональной геологии.

* Перевод с английского Л. А. Аршакуни.

** Ассистент геологического института Университета в Вене (Австрия).

С другой стороны, со времени исследований Зандера и Шмидта в двадцатых годах настоящего столетия применение механической точки зрения на геологические проблемы представляет собой существенную часть геологических наук в Австрии (например Clar, 1965; Müller, 1963; Sander, 1930; Schmidt, 1932; Stini, 1929—1957).

В дополнение к вышесказанному понятие „структурная петрология“ (английский термин *structural petrology* является не совсем точным переводом немецкого *Gefügekunde*, непонимающим цели этой науки) Зандера и Шмидта общеизвестно австрийским геологам. Поэтому наука „*Gefügekunde*“ кажется наиболее подходящей формой структурной геологии, могущей подготовить геологические факты для механического анализа.

УЛЬФ ЦИШИНСКИ

Реферат. В течение последних лет было проведено геологическое исследование крупных оползней и ползучести скальных масс. Эти движения уподобляли склоны, которые сделались неустойчивыми при отступании долинных ледников. Приведено описание некоторых наиболее поучительных примеров; они показывают, что ползучесть скальных пород является очень важным фактором деформации высоких склонов и что существование поверхностей скольжения не обязательно. Картины их движения могут быть приведены к общему плану деформации, соответствующему идеальному склону. Этот общий план деформации определяется векторами скоростей и видом «частичной подвижности». Принимая линейное распределение сдвигающего напряжения в вертикальном направлении, происходящего от гравитации, можно сделать вывод о механических свойствах скальных масс:

1. Скальная масса обладает сопротивлением сдвигу, возрастающим с гидростатическим давлением и зависящим от рассматриваемой области.
2. Изучая достаточно большую область, можно описать движение с помощью реологической модели, называемой «несовершенной вязкой жидкостью» Хеффели $\dot{\epsilon} = a\tau^b$ ($\dot{\epsilon}$ — скорость деформации, τ — напряжение сдвига). В настоящее время значение параметров a и b может быть установлено только по сравнению с другими материалами; их точное определение является задачей будущих работ.

1. ВВЕДЕНИЕ

В 1962 г. К. Терцаги опубликовал статью «Устойчивость крутых склонов в твердых неветрелых скальных породах» (Терцаги, 1964). В последней главе этой статьи указывается, что «практически ничего не известно относительно механизма глубоко-расположенных крупных оползней». Он, Терцаги, по-видимому полагает, что все явления, носящие название *Bergzergeißung* — «горное раскалывание» О. Амфферера (Amperferer, 1939) и *Talzus Schub* — «сползание в долину» И. Штини (Stini, 1941) относятся к движениям вдоль глубоко расположенных поверхностей скольжения. Далее он указывает, что величина ползучести, предшествующей скольжению и воздействующей на движущуюся массу скальных пород, остается неизвестной. Эти вопросы важны для наших практических и теоретических знаний о механическом поведении скальных пород (Clar, 1959). Исходя из этого, проф. Э. Клар уже в 1960 г.

поручил мне общее исследование «склоновой тектоники» (Hangtektonik по Зандеру), и я постараюсь осветить их в этой статье.

Наиболее поразительным результатом проведенного картирования является то, что ползучесть (или течение) скальных пород играет такую важную роль в деформации высоких склонов, что наличие базальной плоскости скольжения не является существенно необходимым, по крайней мере в кристаллических сланцах, обладающих высокой «частичной подвижностью» (Teilbeweglichkeit по Зандеру), к которым относятся приведенные примеры (филлиты, слюдистые сланцы и парагнейсы).

2. ПРИМЕРЫ

Конечно, существует много случаев, в которых движение концентрируется в базальных плоскостях. Довольно обычны также случаи, показывающие как скольжение по отчетливой поверхности, так и ползучесть внутри сместившейся массы. Это иллюстрируется следующими двумя примерами.

Флис-Нидер Галмиг (Fließ-Nieder Gallmig) на юге Ландека, Тироль

Склон сложен свитой «восточно-альпийских кварцфиллитов» и «филлитгнейсов», падающих круто к северу (в направлении долины). С западной стороны сместившейся массы обнажение базальной поверхности скольжения может быть прослежено от вершины до подножья. Восточное обнажение не совсем ясно лишь в нижней части склона, что, возможно, связано с первичной морфологией (промонна, образованная на отметке около 1600 м, делит склон на западную и восточную части; рис. 1*). Нижняя часть массы, сместившейся вдоль этой плоскости, непрерывно изгибается с выпуклостью в направлении реки Инн, образуя террасу и крутой берег. Это означает, что в нижней части скользящей массы ползучесть имела место в значительной степени. Эта часть склона представляет зону избытка массы. Но она составляет лишь небольшую часть дефицита масс верхней части склона, где обнажения плоскости скольжения окаймляют большую нишу. Разность уже эродирована и унесена рекой. Оползни подрезанного берега вдоль реки Инн показывают, что и в настоящее время движение все еще является активным.

Пфортшвинкель (Pfortschwinkel) в Кёдництале (Калс, Восточный Тироль)

Крупная «раковина» этого амфитеатра, вероятно, в основном представляет собой поверхность скольжения (рис. 2). Строение (fabric) S-плоскостей (плоскости сланцеватости, термин Зандера) лучше всего

* Рисунки см. на стр. 151—156.

Оно может быть объяснено «склоновой тектоникой»; оно сходно со строением S-плоскостей в описанных ниже примерах Матрай и Радентайн и не может быть сомнения в том, что тело нижней части «раковины» является останцем оползневой массы. Исходя из некоторых морфологических обстоятельств, нельзя полагать, что недостающая масса была эродирована с поверхности; отсюда необходимо допустить, что масса соскользнула вниз по отчетливой плоскости и была размыта протекающим перед ней ручьем; аналогичный случай наблюдался в Флис-Нидер Галмиге. Таким путем было достигнуто динамическое равновесие.

Особый интерес следует проявить к тем примерам, которые показывают большие деформации без наличия базальной плоскости скольжения, рассекающей склон от вершины до подножья, иными словами, случай когда отсутствует разрушение в масштабе деформированного тела.

Матрай-Глунцерберг (Matrei-Glunzerberg) в восточном Тироле

Этот склон имеет высоту 1100—1200 м (С—Ю) и средний наклон 24° (рис. 3). Он сложен главным образом филлитами, известковыми филлитами и известковыми сланцами верхов «пеннинской зоны» и низов «зоны Матрай». Эти сланцы на протяжении нескольких километров имеют общее широтное простирание с весьма равномерным падением к югу под углом 50° — 60° . Только на этом склоне возможно наблюдать вращение S-плоскостей: внизу, на отметке около 1750 м, они падают на 30° — 60° к северу (внутри склона) и отклоняются обратно к региональному наклону (от склона) у основания на уровне ручья Бреттерванд и на западной стороне деформированного склона.

Такая деформация плоскости строения может быть названа «внутренним вращением» (Internrotation по Зандеру); она указывает, что смещения компонентов структуры были небольшими по сравнению с размерами всего тела. Другими словами эту деформацию можно назвать пластичной (в широком смысле) в масштабе деформированного тела. С этой деформацией строения S-плоскостей связаны некоторые плоскости сдвига в верхней части склона. Они развиваются очень ясно и закономерно вследствие малости компонентов строения (Teilkörper) и статистической однородности материала и структуры (Clag, 1963). Существенно, что эти плоскости не пересекают все тело, но заканчиваются в нем внизу. В этом можно удостовериться при морфологическом картировании их обнажений, а также по непосредственным наблюдениям строения в некоторых критических точках (вдоль ручья Бреттерванд). Поэтому эти плоскости сдвига указывают на разрушения внутри тела «видимые как раз в масштабе деформированной массы», но не указывают на разрушение всего тела. Следовательно, эту деформацию можно назвать непрерывной, а вследствие ее зависимости от времени—даже вязкой, совершенно в геологическом смысле. Такая ситуация характерна для движения, которое мы называем «оседанием» (Sackung, см. приложение).

Если обратить внимание на распределение плоскостей сдвига и вращение S-плоскостей (рис. 3), можно заметить, что эти два типа деформации (сдвигающая и вязкая) почти разделены. Поэтому необходимо принять, что поведение верхней части склона было более жестким, чем его нижней части. То же самое можно выразить терминами Зандера, говоря что «частичная подвижность» верхней части была меньше, чем нижней. С другой стороны все тело первоначально было однородной областью в отношении материала, т. е. по отношению к ее «потенциальной частичной подвижности» (*potentielle Teilbeweglichkeit*). Поэтому существование двух областей с различной «эффективной частичной подвижностью» (*effective Teilbeweglichkeit*) должно быть связано с особенностями распределения напряжений в теле склона и механических свойств материала «скальной породы» (различая скалу—rock и скальную породу—rock mass, по немецки Gestein и Fels или Gebirge, см. например, Müller, 1963).

Миллштеттер Альм (Millstätter Alm) в Раденштайне (Каринтия)

Картина этого движения очень похожа на картину движения Матрай (рис. 7): внутреннее вращение S-плоскостей ниже области твердого поведения и небольшая деформация, сконцентрированная вдоль отчетливых плоскостей, которые заканчиваются книзу. Хотя в этом случае нельзя непосредственно наблюдать поперечное сечение, как это можно видеть в случае Матрай, в этом утверждении можно убедиться по данным магнезитового рудника (рис. 6), заложенного в подножье склона (Angel et al., 1953; Clar и Weiss, 1965).

3. ПЛАН ДЕФОРМАЦИИ

Все эти движения происходили в послеледниковое время и в большинстве случаев в настоящее время прекратились; подробное описание всех исследованных движений опубликовано в другом месте (Zischinsky, 1966, 1969). На основании конкретных, геологически картированных «картин движения» можно сделать вывод об общем плане деформации, который должен выражать условия геометрически идеального склона на идеальном материале. Как функция формальной анизотропии, этот план должен изменяться только количественно. Это соответствует результатам исследования на моделях, опубликованных И. Шайблауэром (Scheiblaue, 1963). Общий план деформации определяется, во-первых, наличием двух областей с различной «эффективной частичной подвижностью» внутри одной области «потенциальной частичной подвижности». Во-вторых, он определяется направлением и величиной векторов деформации, которые мы можем рассматривать как векторы скоростей, если принять, что все тело деформировалось одновременно (однофазное деформирование). Поэтому на рис. 7,d эти векторы показаны в виде

линии течения и графика распределения скоростей вдоль вертикальных линий.

4. МЕХАНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Можно допустить, что эти деформации вызваны остаточными напряжениями, землетрясениями и силой тяжести. Я не мог подыскать какого-либо ключа к действию остаточных напряжений и землетрясений. Поэтому сила тяжести остается единственной реальной эффективной силой.

Согласно допущению, принятому Хефели для ледниковых покровов, примем, что результирующее касательное напряжение возрастает линейно с глубиной (Haefeli, 1961). Это позволяет воссоздать свойства материала «скальной породы».

Следует, во-первых, пренебречь тем, что деформация «в масштабе склона» является частично прерывной; поэтому необходимо наблюдать большую область. В этом случае простейшей моделью должна была быть Ньютонова жидкость, показывающая линейное отношение между скоростью деформации $\dot{\epsilon}$ и напряжением сдвига τ : $\dot{\epsilon} = \frac{1}{\mu} \tau$ (μ — вязкость; рис. 8). Но эта модель не удовлетворяет нашей картине движения. Она не объясняет площади малых внутренних деформаций в верхней части массы. Называя эту часть твердой, мы находим что адекватным является Бингамово тело $\tau = \tau_0 + \mu \dot{\epsilon}$ (τ_0 — сопротивлению ползучести на глубине, где начинается деформация $= \tau$ у верхнего изгиба расслоения в Матрае и Радентайне upper bending of foliation). Но если предположить, что деформация произошла также и в этой части склона, то тогда мы должны связать τ и $\dot{\epsilon}$ степенной функцией $\dot{\epsilon} = a \tau^b$; это «несовершенная вязкая жидкость» по Хефели (Haefeli, 1961) или «структурная вязкая жидкость» по Кернеру (Köper, 1964). Такое уравнение, вероятно, является простейшей моделью, применимой к скальным породам. Оно кажется также хорошо представляет, в общем смысле, вязкое поведение многих других реальных тел. Так, например, снег и лед подчиняются уравнению Хефели (Haefeli, 1939, 1961). Были также показаны некоторые значения параметров a и b этих материалов: параметр a является функцией температуры, b — функция общего состояния напряжения, механической истории и т. д. Чтобы объяснить нижнюю часть кривой скорости течения $\dot{\epsilon}$ (рис. 7,а), предпочтительнее изменить допущение о линейном распределении сдвигающего напряжения, чем выводить другую реологическую модель.

5. РАЗВИТИЕ ДВИЖЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ

Все эти положения могли быть выведены на основе геологического картирования картины движений имевших место в прошлом. Они поэтому представляют собой относительные условия в целом и, вероятно, относятся к одному моменту.

Но это ничего не говорит о распределении движения и скоростей во времени. Ввиду важности этого вопроса, была сделана попытка получить, по крайней мере, теоретический ответ. Поведение скальных пород по отношению к вышерассмотренным свойствам, очевидно, является поведением вязкой жидкости. Поэтому скальной породе можно приписывать также и другие свойства вязкой жидкости. Используя эту гипотезу, можно применить диаграмму ползучести (диаграмма время—деформация) других «твердых» тел к скальной породе (Höfer, 1958). К. Хефер различает две возможности (рис. 9); первая имеет место при низких напряжениях. Здесь вначале наблюдается высокая скорость деформации (первичное течение), асимптотически приближающаяся к нулю. Но если напряжение превышает определенную величину, можно наблюдать вторичную и третичную ползучесть, т. е. стационарное течение и «разрушающее течение» (breaking flow, Bruchfließen), окончательно ведущее к разлому.

Иначе говоря, тело будет разрушаться в зависимости только от времени, при напряжении, которое может быть намного меньше его сопротивления сдвигу. Эти положения соответствуют геологическому наблюдению: движение склона не должно превышать стадии «оседания» (Sackung); этим путем склон может приобрести устойчивую форму, которая будет сохраняться благодаря уменьшению напряжения, происходящему вследствие самой деформации. С другой стороны, «оседание» может перейти в «скольжение» (Gleitung, см. приложение), что является разрушением склона (Pacher, 1966). Движение может быть медленным, но оно может ускориться до катастрофических скоростей (Müller, 1964). В чисто теоретическом случае «скольжения» вопрос о катастрофических скоростях зависит от свойств уже развившейся поверхности скольжения, для вычисления которой вероятно могут быть использованы принципы механики грунтов. На практике вопрос о катастрофических скоростях очень часто зависит в большей степени от относительно малой зоны у подножья склона, которая все еще подвергается пластической деформации.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Определение движений вниз по склону

«Оседание» (Sackung). Величина непрерывной* деформации (непрерывной в масштабе деформированной массы) велика в сравнении с перемещением вдоль базальной поверхности скольжения. «Замедленные» скорости.

* Здесь имеется ввиду перекашивание в фазе глубокой ползучести (прим. редактора).

«Скольжение» (Gleitung). Главная часть движения концентрируется в базальной плоскости скольжения и может достичь величины размера смещающихся масс. Возможны «высокие» скорости.

Пограничные случаи (например Флис-Нидер Галмиг, Пфорчвинкель). Медленная ползучесть по отчетливой плоскости на большие расстояния, что означает за длительное время. Его следовало бы назвать «оседанием», когда вдобавок имеется большая пластическая деформации, в противном случае предпочтительнее употребить термин «скольжение».

Эти определения в типичных случаях соответствуют терминам «ползучесть» и «оползень» по Терцаги (1958). Терцаги различает их по признаку скорости. Однако скорость можно наблюдать только в современных движениях и даже тогда она не имеет характерной величины, так как она должна рассматриваться по отношению к размерам движущихся масс, а в связи с проблемой катастрофических скоростей—по отношению к размерам пластически деформированной зоны. Поэтому предпочтительны вышеуказанные определения, основанные на картине движения.

ON THE DEFORMATION OF HIGH SLOPES*

Dr. ULF ZISCHINSKY**

PREFACE TO THE ARMENIAN AND RUSSIAN TRANSLATIONS

It takes me great pleasure to publish in these Transactions for the Armenian colleagues wellknown for their high standard of work. What I expect to be of interest for this forum is, besides the data of observation, the concept and the point of view of this paper.

There are two main points this paper is concerned with. Both are presuppositions for future more accurate technical control of rock deformations.

The first is to learn about the possible reactions of natural rock masses by studying „movement pictures“ of finished deformations. This has to be done in a quite phenomenological way i.e. in terms and by methods of geology.

The second problem is the mechanical interpretation of these geological descriptions into terms of mechanics.

Perhaps it is also interesting to mention the background of this work and its concept.

* Published in Proceedings, First Congress, International Society for Rock Mechanics, Lisbon 1966, 2:179—185.

** Assistant at the Geological Institute of the University of Vienna.

On the one hand we have to quote that in an alpine country such phenomena are found very often. They more and more are of interest in civil engineering and in certain cases even become a problem of regional geology.

On the other hand since the investigations of Sander and Schmidt in the nineteenthcenties the application of the mechanical point of view on geological problems is a vivid part of geosciences in Austria (e.g. Clar, 1965; Müller, 1963; Sander, 1930; Schmidt, 1932; Stini, 1929—1957). In addition the ideas of „structural petrology“ (a translation of the German term „Gefügekunde“ not being adequate to the claim of this science) of Sander and Schmidt are common knowledge of Austrian geologists. And it is this science „Gefügekunde“ which seems to be the most suitable form of structural geology to prepare geological facts for mechanical analysis.

ULF ZISCHINSKY

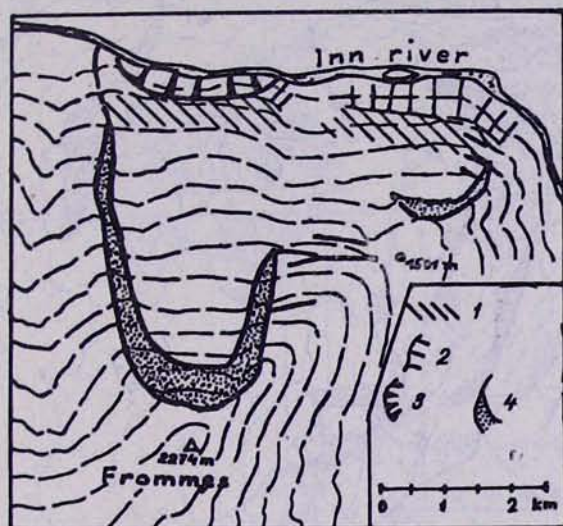
Հ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Ռ Յ Ո Ւ Ն — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

Շրժանագիր—Сокращения—Abbreviations

FI—Felsmechanik und Ingenieurgeologie, GB—Geologie und Bauwesen.

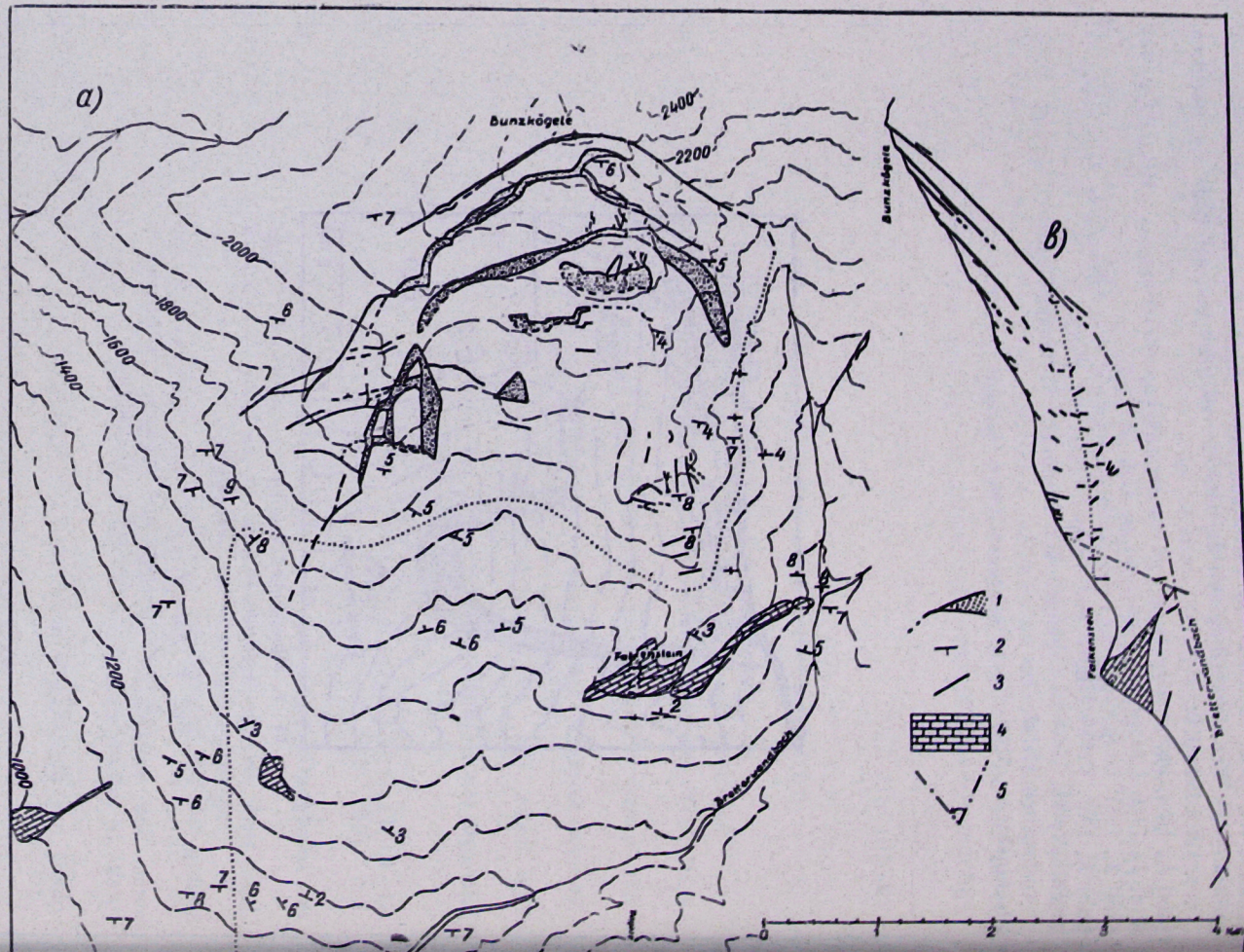
- Мюллер Л., 1967. Оползень в долине Вайонт. Проблемы инж. геологии, Изд. «Мир», Москва, 4: 74—141.
- Терцаги К., 1958. Механизм оползней. Проблемы инж. геологии, Изд. иностр. лит., Москва, 1: 174—219.
- Терцаги К., 1964. Устойчивость крутых склонов в невыветрелых скальных породах, Проблемы инж. геологии, Изд. «Мир» Москва, [3]: 345—371.
- Ampferer O., 1939. Über einige Formen der Bergzerreißung. Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, m-n. Kl., 148: 1—14.
- Angel F., Awerzger A. and Kuschinsky A., 1953. Die Magnesitlagerstätte Millstätter Alpe bei Radenthein. Carinthia 2(63): 98—118.
- Clar E., 1959. Gebirgsbau und Geomechanik. GB, 25: 186—190.
- Clar E., 1963. Gefüge und Verhalten von Felskörper in geologischer Sicht. FI, 1: 4—15.
- Clar E., 1965. Über den geologischen Gegensatz von Gestein und Fels. Mitt. Inst. Grundbau u. Bodenmechanik, Tech. Hochschule Wien, 6: 41—53.
- Clar E. and Weiss P., 1965. Erfahrungen im Talzuschub des Magnesit-Bergbaues auf der Millstätter Alpe. Berg- Hüttenm. Mh. 110: 447—460.
- Haefeli R., 1939. Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., 3 Lief. „Der Schnee und seine Metamorphose“.
- Haefeli R., 1961. Eine Parallele zwischen der Eiskalotte Jungfraujoch und den großen Eisschildern der Arktis und Antarktis. GB, 26: 191—213.
- Hofer K. H., 1958. Die Gesetzmässigkeit des Kriechens der Salzgesteine und deren allgemeine Bedeutung für den Bergbau. Abh. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Bergbau u.s.w., 2a: 29—35.
- Körner H., 1964. Schnee- und Eismechnik und einige ihrer Beziehungen zur Geologie, FI, 2: 47—67.
- Müller L., 1963. Der Felsbau, I. Bd., Stuttgart, Ferdinand Enke.
- Müller L., 1964. The rock slide in the Vajont valley. FI, 2: 148—212.
- Pacher F., 1966. Beitrag zur Mechanismus der Bruchbildung in geklüfteten Medien. Proceedings, First Congress, Intern. Soc. Rock Mechanics, Lisbon 1966, 1: 433—437.
- Sander B., 1930. Gefügekunde der Gesteine. Wien, Springer.

- Sander B., 1948. Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, I Bd. Wien, Springer.
- Scheiblaue J., 1963. Modellversuche zur Klärung des Spannungszustandes in steilen Böschungen. Fl, 1:72—77.
- Schmidt W., 1932. Tektonik und Verformungslehre. Berlin, Bornträger.
- Stini J., 1929. Richtungsbedingtheit der Gesteinsfestigkeit und der Bodeneigenschaften. GB, 1:120—122.
- Stini J., 1939. Ingenieurgeologie und Ingenieurgeologischer Unterricht. GB, 11:121—139.
- Stini J., 1941. Unsere Täler wachsen zu. GB, 13:71—79.
- Stini J., 1951. Baugelologische Fallwinkelmessungen und ihre Auswertung. GB, 18:65—82.
- Stini J., 1957. Verwerfungen und Talsperrenbau. GB 23:52—54.
- Zischinsky U., 1966. Bewegungsbilder instabiler Talflanken. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 17:127—168.
- Zischinsky U., 1969. Über Sackungen. Rock Mechanics. 1(1).



Նկ. 1. Ֆլիս-Նիդեր Գալմիգ: 1—դարաստափ. 2—գիբրափ. 3—ակտիվ օղանք. 4—սահեցման հարթավայրի մեղակացում:

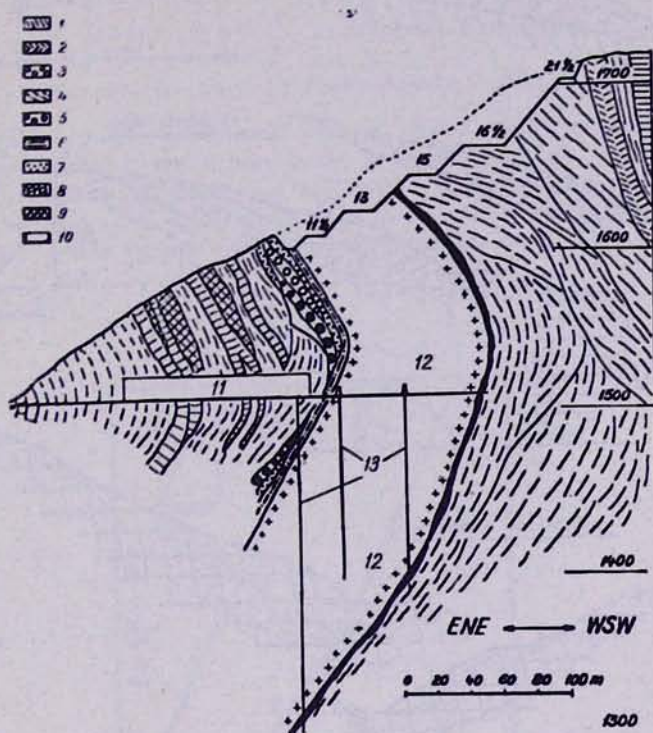
Рис. 1. Флис-Нидер Галмиг. 1—терраса; 2—крутой берег; 3—активный оползень; 4—обнажение плоскости скольжения.



Նկ. 3. Մատրայ Գլունցբերգի «ճտնեցում» (արևելյան Տիրոլ): *a*—հատակագիծ. *b*—I—I գծով կտրվածք: 1—մերկացում անհավասարաչափ շարժման հետևանքով. 2—տարածում և անկում (անկում 10° -ով). 3—թերթալուծված հարթությունների անկում լայնակի տրամադրված (տարածումը մոտավորապես կտրվածքին ուղղահայաց). 4—դոլոմիտ. 5—հարթություններ, որոնք ցույց են տալիս դոլոմիտի ուղղահայեց ներկա ժամանակ և մինչև շարժման սկիզբը:

Рис. 3. «Оседание» Матрай—Глунцбергер (восточный Тироль). *a*) план, *b*) разрез по линии I—I.

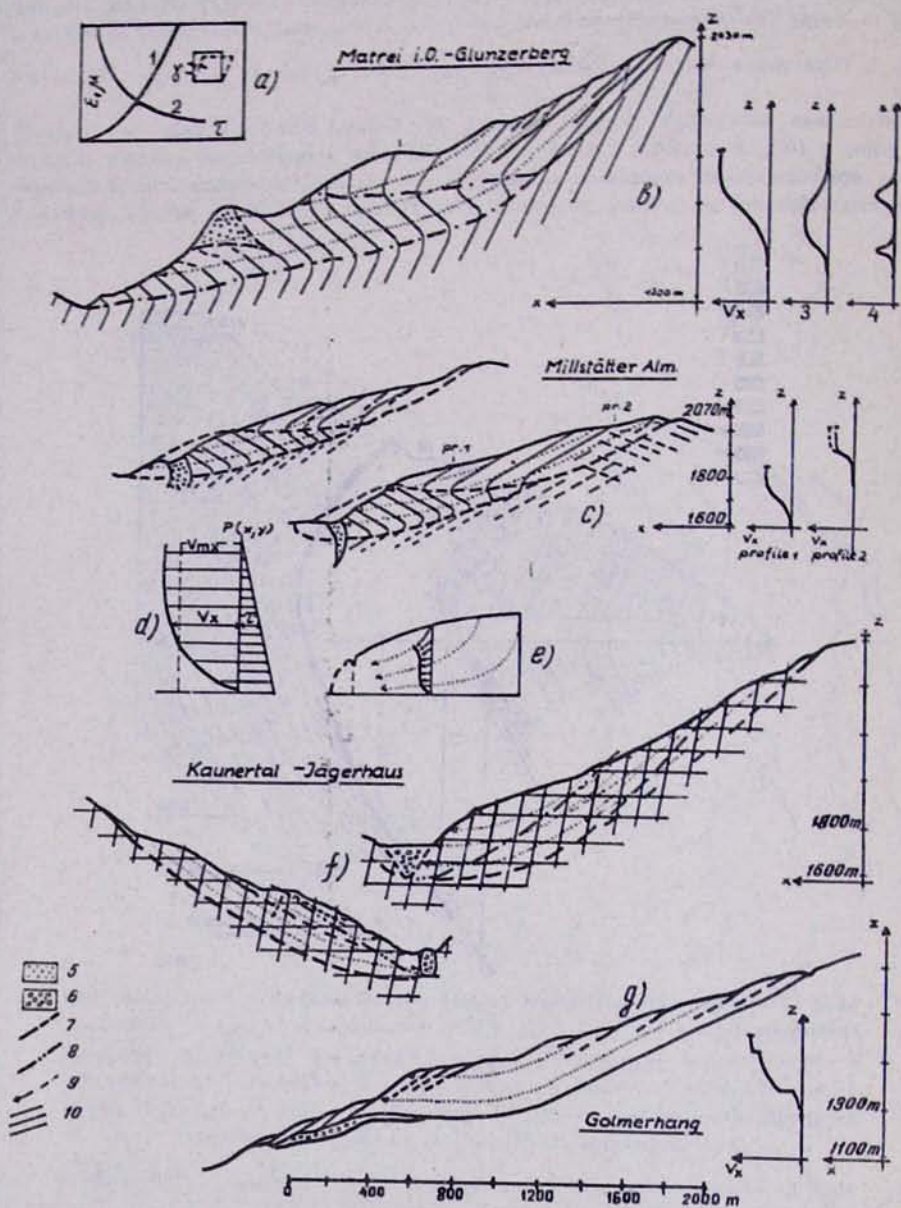
1—обнажение вследствие неравномерности движения; 2—простираание и падение (падение в 10°); 3—падение плоскостей сланцеватости в поперечном сечении (простираание приблизительно нормально к разрезу); 4—доломит; 5—плоскости, показывающие линзообразное включение доломита в настоящее время и до начала движения.



Նկ. 6. Մագնեզիտային հանքանքի երկրաբանական կտրվածք, Ռադենտայն կարիերի տարածքում (բնույթ F. Angel et al., 1953): 1—նոնաքարի փայլարոտ թերթաքար. 2—կղզյուրախարի փայլարոտ թերթաքար. 3—նոնաքարի բիոտիտային հերձարք. 4—գրաուվակային հերձարք. 5—ռադենտայնիտ. 6—ամֆիբոլիտ. 7—դիաֆորիտ. 8—կրալի ժամար. 9—դոլոմիտ. 10—կավային զալբանդ. 11—գլխավոր բացատար բովանցք. 12—մագնեզիտ. 13—խոր հորատանցքեր:

Рис. 6. Геологический разрез по магнетитовому руднику, Радентайн в Каринтии (по F. Angel et al., 1953).

1—гранатовый слюдястый сланец; 2—роговообманковый слюдястый сланец; 3—гранатовый биотитовый шифер; 4—граувакковый шифер; 5—радентайнит; 6—амфиболит; 7—диафорит; 8—известковый мрамор; 9—доломит; 10—глинистый зальбанд; 11—главная штольня; 12—магнетит; 13—глубокие буровые скважины.



7. Անճապարհների և սառույցի հոսքը: *ա)* Սառույցի ընթացքի օրենքը ըստ Գլենի. $1-k\tau^2$, $\varepsilon = k\tau^2$, $\mu = \frac{\tau}{t}$. *բ)* Մառալ-Գլունցերբերգ. $3-\frac{dv_x}{dz} = \varepsilon$

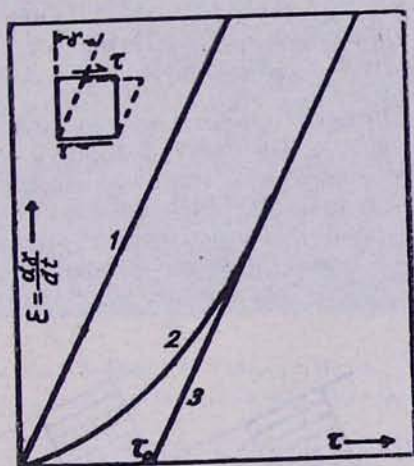
$\frac{d^2v_x}{dz^2} = \frac{d\varepsilon}{dz}$; *գ)* Միլշտեյնի Ալմ. *դ)* Սանիի լարումների և արագությունների բաշխում.

Գրենլանդյան սառցադաշտային վահան (ըստ Haefeli, 1961). Կետային պունկտիր-ստացիոնար վահանի հոսքի դժեք. դժագիրք տրված է մանր մասշտաբով. *բ)* Կաուներտալ-Կղերհաուս. Կոլմերհանգ. *5*—զանգվածային կարրոնատային ապարներ. *6*—հովտային բերուկներ և մորեն: *7*—պոտենցիալ և զարգացող սահեցման հարթություններ. *8*—զառամյալ հովտի պրոֆիլ. *9*—հոսքի դժեք. *10*—խախտումների մեխանիկական էֆեկտիվ սխեմա:

իս. 7. Течение горных пород и льда. *а)* Закон течения льда, по Глену; *1*—кривая $\varepsilon = k\tau^2$, где $\varepsilon = \frac{dv_x}{dz}$; *2*—кривая $\mu = \frac{\tau}{t}$. *б)* Матрай—Глуницберг; *3*— $\frac{dv_x}{dz} = \varepsilon$;

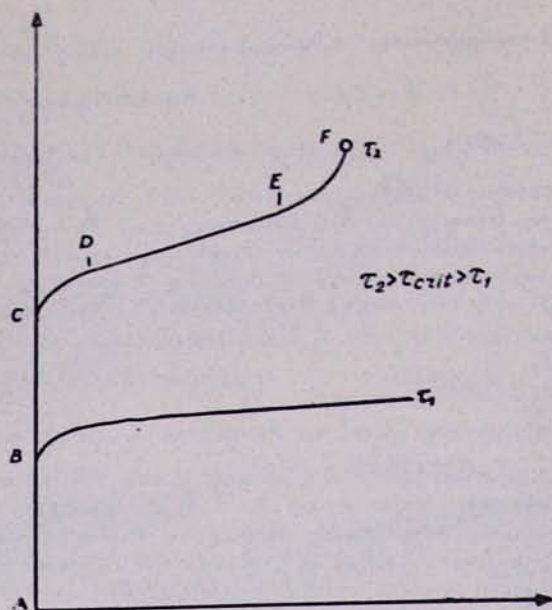
$\frac{d^2v_x}{dz^2} = \frac{d\varepsilon}{dz}$ *с)* Милштетер Альм. *д)* Распределение сдвигающих напряжений

и скоростей. *е)* Гренландский ледниковый щит (по Haefeli, 1961); точечный пунктир—линии течения стационарного щита; чертеж дан в мелком масштабе. *ф)* Каунерталь—Берхаус. *г)* Гольмерханг. *5*—массивные карбонатные породы; *6*—долинные наносы и морена; *7*—потенциальная и развивающаяся плоскости скольжения; *8*—профиль древней долины; *9*—линии течения; *10*—механическая эффективная система нарушений.



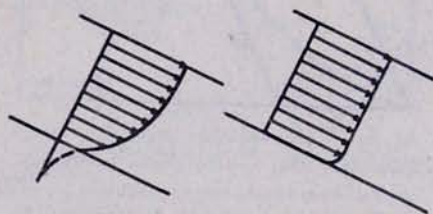
իկ. 8. Հոսքի տիպիկ կորագծեր (ըստ Haefeli, 1954). *1*—Նյուտոնյան հեղուկ. *2*—«անկատար մածուցիկ հեղուկ», $\varepsilon = a\tau^n$; *3*—Բինգամյան մարմին.

Рис. 8. Типичные кривые течения (по Haefeli, 1954). *1*—Ньютонова жидкость; *2*—«несовершенная вязкая жидкость», $\varepsilon = a\tau^n$; *3*—Бингамово тело.



Նկ. 9. Կարծր մարմնի սողքի ճառատառուն բնութագրի տակ (ըստ Höfer, 1958): Արտիստիկ-ժամանակ, օր-դինատներ-դեֆորմացիաներ: AB—համապատասխան-րեն AC—առաջնական դեֆորմացիա. CD—առաջնային հոսք. DE—երկրորդային (ստացիոնար) հոսք. EF—երրորդային հոսք (քայքայման հոսք). F—քայքայում:

Рис. 9. Ползучесть твердого тела под постоянной нагрузкой (по Höfer, 1958). Абсциссы—время, ординаты—деформации. AB, соответственно AC—упругая деформация; CD—первичное течение; DE—вторичное (установившееся) течение; ED—третичное течение (течение разрушения); F—разрушение.



Նկ. 10. Ափսոսությունների բնորոշ բաշխում: ա—«նստեցում», б—«սահեցում»:

Рис. 10. Характерное распределение скоростей

а) «Оседание»; б) «Скольжение»

G ↓

↓ P



← G
← P

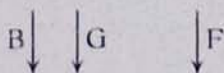
Նկ. 2. Քյոդնից գետի հովիտը: (P) Պֆորշլիսկել և (G) Գրոսգլոկներ 3797 մ լեռների տեսարանը հարավից:

Рис. 2. Долина р. Кедниц. Вид с юга на горы Пфоршвинкель (P) и Гросглокнер (G) 3797 м



նկ. 4. Դեֆորմացիա «լանջային տեկտոնիկայի» պահին: Թերթայնովյան հարթությանները սկզբնապես ընկնում էին ուղիղ գծով դեպի աջ:

Рис. 4. Деформация при «склоновой тектонике». Плоскости сланцеватости первоначально падали направо по прямой линии



նկ. 5. Մատրայ և (G) Դունցերբերգ, (B) Բունցկյոգել և (F) Ֆալկենշտայն:

Рис. 5. Матрай и Гаунцерберг (G), Бунцегеле (B) и Фалькенштайн (F).