

АНАЛИЗ ОПОЛЗНЕЙ¹

Профессор, доктор техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН²
и инженер-строитель А. Е. ТЕР-СТЕПАНЯН³

Реферат. При изучении механизма оползней большую помощь может оказать анализ средних скоростей смещения оползневых точек. Этот анализ основан на допущении установившейся ползучести. Для этого составляются графики,—годографы оползания, изображающие распределение векторов скоростей смещения. На примере оползня—земляного потока в Сочи—показан метод построения и анализа годографов оползания. Земляной поток был прегражден дорожной насыпью; в результате единый поток разбился на два земляных потока; на участках, примыкающих к насыпи, оползание видоизменилось и сделалось вращательным.

В подготовительной фазе глубинной ползучести на склонах происходят медленные движения земляных масс, изучение которых может помочь при анализе механизма оползания. Эти движения масс целесообразно изучать по смещениям оползневых точек—специальных знаков, устанавливаемых на поверхности склона. Путем систематических геодезических наблюдений определяется вектор смещения за определенный интервал времени; он обычно выражается через три компоненты смещения Δx , Δy и Δz .

Для анализа механизма оползания особый интерес представляет распределение мгновенных скоростей смещения; практически для этой цели может служить распределение средних скоростей смещения за короткий промежуток времени. Для установления длительности этого промежутка времени решающее значение имеет соотношение между скоростью смещения оползневых точек и точностью геодезических измерений. При большой скорости смещения, измеряемой, например, дециметрами в месяц, и небольшой абсолютной погрешности измерения, составляющей примерно 2—3 мм, вполне допустимо средние скорости смещения, основанные на результатах еженедельных наблюдений, рассматривать как мгновенные. Так обстоит дело при исследовании механизма земляных потоков в активной стадии оползания. Наоборот, если скорость смещения невелика и измеряется, например, сантиметрами в

¹ Доклад, представленный IV Будапештской и III Дунайско-Европейской конференции по механике грунтов и фундаментостроению в Будапеште, октябрь 1971 г. (G. Ter-Stepanian and A. Ter-Stepanian. Analysis of landslides. Proceedings, 4th Budapest Conf. Soil Mech. Found. Engg. (3rd Danube-European Confer.) Budapest 1971, p. 499—504).

² Зав. Лабораторией геомеханики Академии наук Арм. ССР.

³ Старший инженер Лаборатории геомеханики Академии наук Арм. ССР.

в год, а наблюдения ведутся грубо, то погрешность измерения делается соизмеримой с измеряемой величиной и даже результаты ежегодных наблюдений не позволяют составить ясного представления о распределении скоростей смещения.

К сожалению, на практике обычно встречаются случаи, когда оползание происходит медленно, а применяемые геодезические методы содержат ошибку, достигающую одного сантиметра. В таких случаях не может быть речи об анализе мгновенных скоростей смещения.

Уместность анализа средних скоростей зависит от того, насколько распределение средних скоростей отражает распределение действительных скоростей смещения для какого-либо момента времени. С этой точки зрения простым и доступным для анализа является случай установившейся ползучести, когда оползнеобразующие факторы на склоне действуют с постоянной интенсивностью в течение длительного времени. Установившееся оползание характеризуется постоянным распределением эффективных напряжений в теле склона и деформативных свойств грунтов, что влечет за собой постоянное распределение значений коэффициента мобилизованного сопротивления сдвигу и неизменное очертание зоны глубинной ползучести (Тер-Степанян, 1969, 1970). Учитывая, однако, зависимость вязкости грунта от времени, даже в этих условиях скорость ползучести не может быть постоянной; она будет убывать со временем вместе с возрастанием вязкости грунта. Поэтому состояние установившейся ползучести не означает еще постоянства скорости деформации. Практически установившаяся ползучесть и постоянная скорость деформации могут иметь место лишь в глубоко расположенных зонах вековой ползучести, когда, вследствие неизменности природных условий и отдаленности момента начала процесса, скорость изменения вязкости грунта за конечный отрезок времени является пренебрежимо малой.

В неглубоко расположенных зонах ползучести, а в особенности в приповерхностных зонах, где параметры, характеризующие оползневой процесс, подвержены сезонным изменениям, и во всех случаях, когда длительность процесса ползучести соизмерима с длительностью изучения, налицо неустановившаяся ползучесть склона.

Изучение неустановившейся ползучести представляет большой теоретический и практический интерес, поскольку этот вид деформации широко распространен в природе; однако его изучение связано с большими методическими трудностями. На данном этапе приходится прибегать к приближенному анализу оползания, основанному на допущении об установившейся ползучести с постоянной скоростью, равной средней скорости смещения по многолетним наблюдениям. Даже при этих сильно упрощающих допущениях удается выявлять важные особенности механизма оползания.

Компоненты векторов средних скоростей смещения v_x , v_y и v_z определяются обычным путем

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad \text{и} \quad v_z = \frac{\Delta z}{\Delta t}, \quad (1)$$

где Δt — промежуток времени между использованными наблюдениями, и вычисляется величина горизонтальной проекции v_h вектора средней скорости смещения v

$$v_h = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \quad (2)$$

По этим данным составляется два графика, один из которых изображает горизонтальную плоскость (с осями координат v_x и v_y), другой—вертикальную плоскость, проходящую через полный вектор скорости смещения (с осями координат v_h и v_z). Эти графики представляют собой годографы скоростей смещения оползня, если принять, что процесс протекает непрерывно.

В другом месте (Тер-Степанян, 1969, 1970) были показаны различные виды годографов скоростей смещения для разных случаев оползания. Ниже на примере двух небольших оползней горы Бытхи в Сочи будет практически показан метод анализа оползания.

На рис. 1,а показано размещение оползневых точек в районе Института курортологии. Земляной поток P располагается в ложбине с крутыми склонами, сложенными делювиально-коллювиальными накоплениями. Ложбину несколько наискось пересекает неглубокая дренажная канава. На склонах ложбины протекает интенсивная солифлюкация, и поэтому оползневые трещины в грунте не наблюдаются. Однако в верхней части склона на сооружениях (дороги, канавы, лотки) хорошо видны оползневые деформации, что позволяет здесь уверенно оконтурить оползень. Ниже автомобильной дороги располагается другой земляной поток Q . Разрез оползня по оси AB показан на рис. 1, б.

На рис. 2 приведены годографы скоростей смещения, построенные по результатам определения среднегодовых скоростей смещения v_x , v_y и v_z по данным полигонометрических съемок, проведенных в октябре 1957 и сентябре 1964 годов, т. е. почти за семилетний интервал времени.

На этих графиках обращает внимание группа точек, расположенных у начала координат (точки № 7, 8, 63, 64, 145, 2193); они отвечают вполне неподвижным точкам на склоне⁴, и их разброс находится в пределах ошибки измерений. Эти точки располагаются внутри небольших эллипсов погрешности: их центры имеют координаты $v_x = 0$; $v_y = -5$ мм/год; $v_h = +5$ мм/год; $v_z = +1$ мм/год (показаны на рис. 2,а и б крестиками).

На графиках (рис. 2) выделяется несколько групп топографически близко расположенных точек, показывающих различный режим оползания на разных участках склона. Оползневые точки № 37, 36, 35, расположенные на склоне по одной линии (рис. 1,а), имеют почти прямолинейные годографы с той же последовательностью точек (рис. 2а и в). Они свидетельствуют об отступательном вращательном оползании. Оползневые точки № 3, 4, 4а и 5 расположены поперек оси земляного потока (рис. 1); годографы показывают веерообразное в плане размещение векторов скорости (рис. 2), т. е. земляные массы стекаются к оси потока; оползание вращательное. Здесь, у дорожной насыпи, происходит накопление земляных масс. Оползневые точки № 12, 27, 10, 9 и 26 расположены на низовом откосе дорожной насыпи. Движение веерообразное, со стеканием к оси оползня; оползание вращательное. Оползневые точки № 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 25 расположены на склоне под насыпью; смещение остается веерообразным, но скорости примерно вдвое меньше.

На карте (рис. 1,а) показано местоположение открытого деформационного колодца № 3, описанного в другом месте (Тер-Степанян, 1965). Положение поверхности скольжения было установлено на глубине 3,5 м.

Механизм оползня представляется следующим образом. На склоне $ACDB$ со средней крутизной 12° длительное время действовал неглу-

⁴ Точки № 8, 63, 64, 145 и 2193 находятся вблизи оползня, вне границ карты.

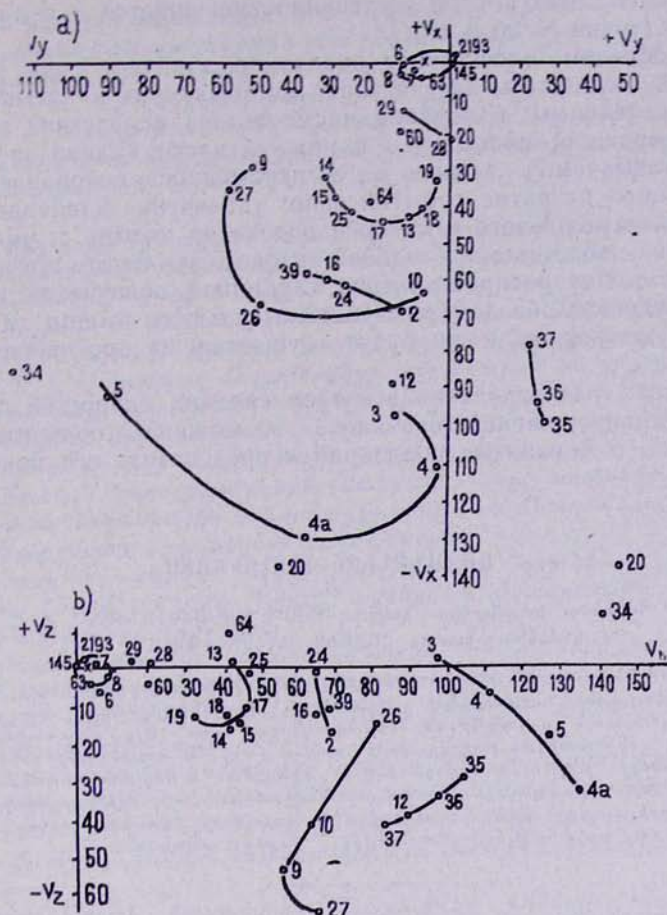


Рис. 2. Годографы оползания; а) горизонтальная плоскость; б) вертикальная плоскость. Градуировка координатных осей в миллиметрах в год.

Նկ. 2. Սողունության հոդոգրաֆներ. ա) հորիզոնական հարթություն: б) ուղղահիգ հարթություն: Կոորդինատային առանցքների աստիճանափորումը միլիմետրերով մեկ տարում:

Fig. 2. Hodographs of sliding. a) horizontal plane; b) vertical plane. Graduation of coordinate axes in millimetres per annum.

бокий земляной поток с поверхностью скольжения $EFGH$ (рис. 1,б). Средняя скорость смещения составляла около 50 мм/год. Вследствие интенсивной почвенной солифлюкции трещины в грунте не обнаруживались.

В 1934 г. была построена автомобильная дорога, и над земляным потоком была устроена насыпь CKL высотой до 9 м. Насыпь преградила земляной поток; в результате единый земляной поток оказался разбитым на два отдельных земляных потока. Это вызвало накопление земляных масс на верховом участке LD и образование нового участка оползания насыпи на участке CK , с образованием нового участка поверхности скольжения FK . Векторы скорости смещения в верховой части второго земляного потока (точки № 10 и 27, рис. 1,б) имеют

большой наклон. Этот наклон постепенно уменьшается к языку земляного потока (точки № 26 и 25).

Таким образом, плоскостное оползание, типичное для земляных потоков, видоизменилось на участках, примыкающих к насыпи, и сделалось вращательным: в верхней части склона вследствие преграды, созданной дорожной насыпью, а в нижней части склона—вследствие нагрузки, оказываемой насыпью на ее неустойчивое основание.

Дальнейшее развитие событий ясно: увеличение давления, оказываемого языком верхового земляного потока на насыпь, и уменьшение сопротивления, оказываемого головой низового земляного потока, будут иметь результатом распространение глубинной ползучести на самую насыпь; в будущем оба земляных потока сольются в один и насыпь станет разрушаться, если не будут осуществлены противооползневые меры.

Анализируя распределение векторов средних скоростей смещения и деформации сооружений, оказалось возможным получить ясное представление о механизме оползания и предсказать его поведение в будущем.

ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒՄ

Պրոֆեսոր տեխն. գիտ. դոկտոր ԳԵՐՈՐԳ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ¹
և ինժեներ-շինարար ՀԱՍՄԻԿ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ²

Ի Ե Ֆ Ե ր ա տ. Սողանքային կետերի տեղաշարժման միջին արագությունների վերլուծումը կարող է մեծապես օգնել սողանքների մեխանիզմի ուսումնասիրմանը: Այդ վերլուծումը հիմնվում է կայունացած սողունության ենթադրության վրա: Այդ նպատակով կառուցվում են զծագրեր՝ սողունության հողդրաֆներ. դրանք ցույց են տալիս տեղաշարժման արագության վեկտորների բաշխումը: Հողդրաֆների զծագրման և վերլուծման մեթոդը ցույց է տրված մի հողահորի օրինակի վրա՝ Սոչիում, Սև Սովի ափին: Հողահորը պատվարվել էր ճառագայթային լիցքի կողմից. դրա հետևանքով մեկ հողահորը բաժանվեց երկու հողահորի: Լիցքին կից մասերում սողունությունը ձևափոխվեց և դարձավ պտտական:

Լանջերի վրա հողային զանգվածների դանդաղ տեղաշարժը կատարվում է խորքային սողքի նախապատրաստական փուլում, դրա ուսումնասիրությունը մեծ օգնություն է սողունության մեխանիզմի վերլուծման համար: Տեղաշարժի Δx , Δy և Δz երեք բաղադրիչները տվյալ Δt ժամանակամիջոցի համար որոշվում են սխեմանատիկ ղեղղեղիական դիտումների շնորհիվ: Բնական լանջերի խորքային սողքը մեծ մասամբ չկայունացած է. չկայունացած սողքի հետազոտությունը ունի մեծ տեսական և գործնական նշանակություն: Սակայն դրա ուսումնասիրությունը կապված է մեծ դժվարությունների հետ: Այդ իսկ պատճառով ներկա փուլում սողունության միայն մոտավոր վերլուծումը կարող է կիրառվել: Այդ վերլուծումը հիմնված է կայունացած սողունության ենթադրության վրա, երբ արագությունը հաստատուն է և հավասար է բազմամյա դիտումների վրա հիմնված տեղաշարժի միջին արագությանը: Չնայած դրան այդ հասարակացնող ենթադրության պահին կարելի է ստանալ սողանքի մեխանիզմի մասին կարևոր ընդլայնված տեղեկություններ:

Տեղաշարժի միջին արագության վեկտորի v_x , v_y և v_z բաղադրիչները

¹ Բուդապեշտում 1971 թ. կայացած Գրունտների մեխանիկայի և հիմքաշինության չորրորդ Բուդապեշտյան (Երրորդ Դանուբյան-Եվրոպական) կոնֆերանսին ներկայացված գեկուցման շարադրություն: Զեկուցումը հրատարակվել է կոնֆերանսի աշխատանքներում. (G. Ter-Stepanian and H. Ter-Stepanian. Analysis of landslides. Proceedings, 4th Budapest Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering (3rd Danube-European Conference) Budapest 1971, p. 499—504).

² ՀԱՍՄԻԿ ԳՆ Գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի վարիչ:

³ ՀԱՍՄԻԿ ԳՆ Գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի ավագ ինժեներ:

որոշվում են ըստ (1) բանաձևերի⁴ և Ս տեղաշարժի միջին արագության վեկտորի $v_{\text{կ}}$ հորիզոնական պրոյեկցիան ըստ (2) բանաձևի:
Կառուցվում է երկու դժագիր. մեկը ցույց է տալիս հորիզոնական հարթությունը (v_x ու v_y կոորդինատային առանցքներով) և մյուսը՝ ընդհանուր տեղաշարժի Ս արագության վեկտորի ուղղությամբ ուղղաձիգ հարթությունը ($v_{\text{կ}}$ ու v_z կոորդինատային առանցքներով): Այդ դժագրերը սողունության տեղաշարժի արագության հոդոգրաֆներն են, ընդունելով, որ ընթացքն անընդհատական է:

Ուրիշ տեղ ցույց էին տրված սողունության զանազան դեպքերի համար տեղաշարժի արագության հոդոգրաֆների տարբեր տիպերը (Տեր-Ստեփանյան և ուր., 1969): Ստորև ցույց է տրվում երկու փոքր սողանքների գործնական օրինակը՝ Սոչիում Սև ծովի ափին Քիտիա սարի վրա: Սողանքների պլանը և ըստ АБ գծի երկայնակի պրոֆիլը ցույց են տված նկ. 1-ի վրա:
Երկու Р և Q դանդաղ հողահոսքերը տեղակայված են դիր լանջերով գոյացվորության մեջ, որը ծածկված է գելլուվիալ և կոլլուվիալ նստվածքներով. այդ հողահոսքերի միջև գտնվում է ավտոմոբիլային ճանապարհի լիցքը: Դիր լանջերի վրա տեղի ունի ուժգին սոլիֆլուիդացիա, որը թաքցնում է սողանքային ճեղքերը: Սակայն կառուցվածքների (ճանապարհներ, առուներ, վաքեր) վրա լավ երևում են սողանքային դեֆորմացիաները. դա հնարավորություն է տալիս վստահ ուրվագծել սողանքների սահմանները:

Ուրիշ տեղ նկարագրված բաց խորքային սողքի հորի դիրքը ցույց է տրված պլանի վրա (Тер-Степанян, 1965). սահեցման մակերևույթի խորությունը գտնվում է 3,5 մ խորության վրա:

Սողանքային կետերի պոլիգոնումետրիկ դիտումները կատարվել էին 1957 թ. հոկտեմբերին և 1964 թ. սեպտեմբերին: Սողունության հոդոգրաֆները ցույց են տրված նկ. 2-ի վրա: Դրանց վերլուծումը բացահայտեց սողունության մեխանիզմը հետևյալ կերպ:

Մոտավորապես 12° թեքություն ունեցող АВDC լանջի վրա երկար ժամանակ ընդհատվում էր ծանծաղ դանդաղ հողահոսքը. սահեցման մակերևույթը EFGH -ն էր (նկ. 1, б): Տեղաշարժի միջին արագությունը մեկ տարում մոտ 50 մմ էր, Ուժգին սոլիֆլուիդացիայի հետևանքով գետնի վրա ճեղքերը չէին դիտվում:

Ավտոմոբիլային ճանապարհը կառուցվեց 1934 թ.: Հողահոսքի վրա պատրաստվեց 9 մետր բարձրություն ունեցող լիցք: Հողահոսքը պատվարվեց լիցքով. դրա հետևանքով մեկ հողահոսքը բաժանվեց երկու Р և Q առանձին հողահոսքերի: Այդ առաջացրեց հողային զանգվածների կուտակումը զառիվեր LD տեղամասում և նոր LG սահեցման մակերևույթ:

Լանջի զառիվայր մասում կատարվեց լիցքի սահեցում CK գծով և առաջացավ մի նոր FK սահեցման մակերևույթ:

Երկրորդ Q հողահոսքի վերին մասում տեղաշարժի արագության վեկտորը (կետեր № 10 և 27, նկ. 1 б) ուներ մեծ թեքություն: Այդ թեքությունը աստիճանաբար նվազում է դեպի հողահոսքի լեզուն (կետեր № 26 և 25):

Այդպիսով, հարթային սողունությունը, որը յուրահատուկ է դանդաղ հողահոսքերի համար, ձևափոխվեց լիցքին հարող մասերում և զարգացավ պտտական սողունությունը, զառիվեր մասում՝ ավտոմոբիլային ճանապարհի լիցքի կողմից առաջացած արգելակի շնորհիվ, իսկ զառիվայր մասում՝ լիցքի կողմից անկայուն հիմքի վրա առաջացած բեռնվածքի հետևանքով:

Իրադարձությունների ապագա զարգացումը պարզ է՝ զառիվեր հողահոսքի լեզվի կողմից լիցքի վրա առաջացած ճնշման աճման և զառիվայր հողահոսքի գլխամասի կողմից ցույց տրված դիմադրության նվազման հետևանքով խորքային սողքը կտարածվի լիցքի վրա. ապագայում երկու հողահոսքերը կմիանան և լիցքը կբանդվի, եթե ոչ մի հակասողանքային միջոցառում չձեռնարկվի:

⁴ Բանաձևերը և նկարները տե՛ս էջ 113—118:

Վերլուծելով տեղաշարժման միջին արագությունների վեկտորների բաշխումը և կառուցվածքների դեֆորմացիաները, հնարավոր եղավ պարզ պատկերացում ստանալ սողանքի մեխանիզմի մասին և կանխագուշակել դրա ապագա վարքը:

ANALYSIS OF LANDSLIDES¹

GEORGE TER-STEPANIAN, Prof., Dr. Tech. Sc.² and
HASMİK TER-STEPANIAN, C. E.³

SYNOPSIS. Analysis of average displacement rates of bench marks in landslide areas may give a great help in the study of landslide mechanism. This analysis is based on the assumption of steady sliding. Diagrams—hodographs of sliding are plotted for this purpose; they show the distribution of displacement rate vectors. The method of drawing and analysis of hodographs is shown on an example of an earthflow in Sochi, on the Black Sea coast. The earthflow was blocked up by a highway fill; as a result a single earthflow was divided into two earthflows; the sliding in the parts adjoining to the fill was modified and took a rotational form.

Slow movement of earth masses on slopes occurs in the preliminary phase of depth creep; its study may help in analysis of the mechanism of sliding. Three components of displacement Δx , Δy , and Δz for the given time interval Δt are determined as a result of systematic geodetic observations. The depth creep of natural slopes in most cases is unsteady; the investigation of unsteady creep is of great theoretical and practical importance. However its study is connected with many difficulties. Therefore only an approximate analysis of sliding may be carried out on this stage. This analysis is based on the assumption of steady creep with a constant rate equal to the average displacement velocity derived from perennial observations. Nevertheless important features of landslide mechanism may be found even with such simplifying assumption.

Components v_x , v_y and v_z of vectors of the average displacement rates are determined according to Eqs. (1)¹ and the horizontal projection v_h of the average displacement rate vector v according to Eq. (2).

Two diagrams are drawn, one showing the horizontal plane (with coordinate axes v_x and v_y) and the other—the vertical plane along the total displacement rate vector v (with coordinate axes v_h and v_z). These diagrams are hodographs of the displacement rates of sliding assuming that the process is continuous.

Different types of hodographs of displacement rates for various cases of sliding were shown elsewhere (Ter-Stepanian and Goldstein,

¹ Abridgment of a paper, presented to the Fourth Budapest Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering (III Danube-European Conference) held in 1971 in Budapest. The paper was published in the Proceedings of the Conference, p. 499–504.

² Head, Laboratory of Geomechanics, Armenian Academy of Sciences.

³ Senior Engineer, Laboratory of Geomechanics, Armenian Academy of Sciences.

⁴ Formulas and figures see pp. 111–118.

(1969). A practical example will be shown below for two small landslides on Bytkha mountain in Sochi on the Black Sea coast. Plan of landslides and longitudinal profile along the line *AB* are shown on Fig. 1. Two earthflows *P* and *Q* are located in hollows with steep slopes covered by talus and colluvial deposits; a highway fill is found between these earthflows. Intensive solifluction takes place on steep slopes camouflaging thus landslide fissures. However landslide deformation are well seen on constructions (roads, ditches, shoots); this makes it possible to outline the landslide boundaries reliably. The location of an open depth creep well described elsewhere is shown on the plan (Ter-Stepanian, 1965); the sliding surface was found to be in a depth of 3.5 metres.

Polygonometric measurements on bench marks were carried out in October 1957 and in September 1964. Hodographs of sliding are shown on Fig. 2. Their analysis has displayed the mechanism of sliding in the following manner.

A shallow earthflow was in progress for a long time on slope *ACDB* having an average inclination of about 12° ; *EFGH* was the surface of sliding (Fig. 1,b). The average displacement rate was about 50 mm/year. Due to the intensive soil solifluction fissures in the ground have not been observed.

A highway was built in 1934; the fill *CKL* with height up to 9 metres was made above the earthflow. The earthflow was blocked by the fill; as a result the single earthflow was divided into two separate ones, *P* and *Q*. This has caused accumulation of earth masses on the uphill lot *LD* and formation of a new part *LG* of the sliding surface.

The sliding of the fill on the lot *CK* takes place on the downhill part of the slope, and a new part *FK* of the sliding surface is formed. Vectors of displacement rate in the upper part of the second earthflow *Q* (points Nos. 10 and 27, Fig. 1,b) have greater inclination. This inclination decreases gradually toward the earth flow tongue (points Nos. 26 and 25).

Thus the planar sliding which is typical for earthflows has modified in lots adjoining to the fill and developed into the rotational one: in the uphill part of the slope due to the barrier formed by the highway fill, and in the downhill part due to the load exerted by the fill on the unstable foundation.

The further evolution of events is clear: increase of pressure exerted on the fill by tongue of the uphill earthflow and decrease of resistance offered by head of the downhill earthflow will result in extension of depth creep on the fill itself; both earthflows will be united in the future and the fill may fail if no landslide control will be carried out.

Analyzing the distribution of the average displacement rate vectors and deformation of buildings it was possible to obtain a clear picture on the mechanism of sliding and to predict its future behaviour.

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- ՏԼԵ-Ստեփանյան Գ., Գոլդշտեյն Մ., Տուրովսկայա Ա. և Բաբիցկայա Ս., 1970. Բազմաշարժ սողանքներ և ժափուկ կավերի դիմադրությունը. Գեոմեխանիկայի պրոբլեմներ, Երևան, 5: 16—48.
- Тер-Степанян Г. И., 1965. Определение реологических характеристик на склонах in-situ. Доклады к VI Международному конгрессу о механике грунтов и фундаментостроению. Москва, Стройиздат, 174—178.
- Тер-Степанян Г. И., 1969. О механизме многоярусных оползней. Труды к VII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. Москва, Стройиздат, 190—199.
- Тер-Степанян, Г. И., Гольдштейн М. Н., Туровская А. Я. и Бабицкая С. С., 1970. Многоярусные оползни и прочность мягких глин. Проблемы геомеханики, Ереван, 5: 16—48.
- Ter-Stepanian G., 1965. In-situ determination of the rheological characteristics of soils on slopes. Proceedings, Sixth Internat. Confer. Soil Mech. Found. Engg., Montreal, 2:575—577.
- Ter-Stepanian G. and Goldstein M., 1969. Multistoried landslides and strength of soft clays. Proceedings, Seventh Internat. Conf. Soil Mech. Found. Engg., Mexico, 2:693—700; Problems of Geomechanics, Yerevan 1970, 5:16—48.