

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Г. И. Тер-Степанян

О классификации оползневых трещин*

Если правильна аналогия между геотехникой и медициной (1), то при изучении различных инженерно-геологических вопросов внешний осмотр участка должен играть не меньшую роль, чем объективное исследование в постановке диагноза больного. Поэтому задачам отыскания отчетливых морфологических признаков и дифференциации внешних симптомов, равно как и установлению их объективных критериев исследователь-геотехник должен уделять не меньшее внимание, чем врач-клиницист. Часто случается, что опытный инженер-геолог, посвятивший тщательному осмотру какого-либо сложного случая, например, оползня, один или два дня составляет более правильное представление о физических причинах, вызвавших данное явление и о его современном состоянии, чем менее наблюдательный специалист на основании длительных и дорогостоящих разведочных работ.

Одним из наиболее ярких симптомов, с которыми приходится сталкиваться при осмотре оползня, несомненно, являются оползневые трещины. Глубокие и широкие трещины, бороздящие во всех направлениях поверхность оползня, со следами штриховки и истирания, с нависающими и перемятыми боками, с обнаженными и вывернутыми корнями растений, эти мрачные зияющие шрамы создают незабываемую картину разрушения и опустошения.

При описании оползней неизменно упоминаются трещины, но кажется еще никем не указана возможность их анализа для решения вопроса о характере и направлении сил, действующих на оползневой массив. Между тем, эта возможность, несомненно, имеется, так как поведением оползня и появлением трещин управляют те же общие закономерности, которые достаточно известны в результате исследования других физических тел. Правда, сейчас является уже недопустимым непосредственно прилагать выводы сопротивления материалов для получения углов между направлением главных напряжений и положением трещин в грунте, однако, убедительно показано, что эта задача может быть решена методами механики грунтов (2,3).

Поэтому, при изучении оползня одним из существенных элементов исследования должно являться тщательное картирование главнейших трещин и основанный на нем анализе вывод о направлении действующих на оползневой массив сил. Между тем, обычно указывается наличие трещиноватости и, в лучшем случае, упоминаются

* Доложено на II Всесоюзном противооползневом совещании в Москве, в мае 1946 г.

размеры наиболее крупных трещин и их расположение. Конечно, этих данных совершенно недостаточно для установления внутренней механики данного оползня. Для того, чтобы роль подобных сведений не сводилась к простой иллюстрации отчета, необходимо, чтобы сообщались ясные, и по возможности объективные данные, о характере и размерах трещин. Обязательным условием для этого является наличие удовлетворительной и общепринятой классификации оползневых трещин. Как это ни странно, но до сих пор не имеется еще какой либо классификационной схемы. Даже шведская геотехническая комиссия (4), труды которой в области изучения оползней считаются классическими, не разработала подобной схемы. В отчетах, правда, называются трещины отрыва, смятые складки, надвинувшиеся массы, но отсутствует четкая схема, которой можно было бы руководствоваться при геотехнических исследованиях.

Автору пришлось в 1941—1944 г.г. руководить систематическими исследованиями, проведенными трестом Фундаментстрой на одном из крупных оползней Закавказья. Оползневые явления развиваются на склоне, сложенном зеленовато-серыми глинистыми мергелями олигоцена, с поверхности подвергшихся выветриванию и образовавших покров желтых, сланцеватых глинистых мергелей. В нижней по склону части косогора покровные желтые мергели смыты древней речной эрозией. При этом последовательно образовались галечные террасы: две рисского и одна вюрмского времени, создавшими более или менее широкие площадки. Рельеф коренных пород усложнен тремя депрессиями, врезающимися в склон и открывающимися приблизительно на отметках рисских террас. Описанные отложения—коренные мергели и аллювиальные террасы прикрыты мощным слоем делювия, представленного пылеватыми карбонатными, иногда гумусированными, глинами и образовавшимися в результате выветривания и переноса местных пород—глинистых мергелей. Упомянутые депрессии явились ареной эрозионной деятельности овражного типа, которые заполнились отложениями пролювиального характера, чередующимися с образованием оползней склонов; оползневым процессам содействовали организованные водные потоки, собираемые водосборными бассейнами и направляемые вдоль депрессии по водоупорным ломам.

Наибольшую активность в настоящее время проявляет оползень, развивающийся в средней депрессии—так называемый Центральный оползень. Здесь к оси древней депрессии приурочена полоса пролювиальных отложений мощного временного водного потока, частично размывшего рисскую аллювиальную террасу, встреченную им по пути и образовавшую местный базис эрозии этого потока. Позже, когда эта депрессия заполнилась делювиальными отложениями и в них стали развиваться оползневые процессы, та же рисская терраса стала служить местным базисом оползания.

Спускающиеся по склону земляные массы стали переползать

через край погребенной жесткой террасы, испытывая, при этом, изменение направления движения. Естественно, что этот порог на дневной поверхности обнаруживается не строго над краем террасы, а несколько ниже по склону. Он обнаруживается рядом характерных трещин раскола, к которым сверху и снизу по склону примыкают смятые участки.

В довершение описанной картины останцы террас, по обе стороны от оси оползня, имеют разную ширину, и сползающие массы встречают неравномерное сопротивление ложа. Вследствие этого траектория оползня в плане криволинейна, загибаясь вправо в виде широкой пологой дуги. Как показали точные инструментальные наблюдения*, в верховьях Центрального оползня векторы почти строго направлены на юг, тогда как в области оползневого языка они имеют юго-восточное направление.

Как видно из изложенной краткой геологической характеристики участка, налицо типичный случай оползня глинистого делювия склонов, осложненный необычной пластикой оползневого ложа, приуроченностью к древней депрессии, изогнутостью в плане и пересечением с погребенной аллювиальной террасой, вследствие чего ложе имеет ступенчатый вид (рис. 3). В виду разнообразных и сложных условий оползания, исследованный участок позволил собрать весьма интересные данные, в частности по затронутому вопросу о характере и направлении трещин. Однако, в самом же начале работ пришлось столкнуться с существенным пробелом — отсутствием классификации трещин.

Общепринятые характеристики — размеры трещин и их направление, или такие понятия, как открытые, засыпанные или раздробленные трещины, не могли быть признаны удовлетворительными, т. к. ощущалась необходимость в технически более четких определениях. Вследствие этого была сделана попытка создания классификации оползневых трещин, изложенная ниже.

Прежде всего надлежало решить вопрос о признаке или принципе, который следовало положить в основу классификации. Этим признаком не могли являться такие морфологически важные явления, как размеры (ширина, глубина и длина трещины), или характер линии разрыва (прямолинейная или рванная), или взаимное положение бортов (борт опущен, на одном уровне или взброшен), или положение по отношению к оползню (краевые, средние, косые, поперечные и т. д.). Нельзя отрицать, что все эти признаки очень существенные, но классификация, основанная на каком нибудь из них, будет страдать тем несовершенством, что две трещины, играющие одинаковую роль в механике оползания, могут быть отнесены к разным группам, и, наоборот, к одной группе могут быть причислены трещины, весьма различные с точки зрения факторов, определяющих устойчивость оползня.

* Отчет об этих работах будет дан в следующей статье.

В основу предлагаемой классификации был положен *характер напряжений, действовавших в плоскости трещины* и вызвавших данную деформацию. Этот признак—характер напряженного состояния—выявляет внутренние усилия, господствующие в движущихся массах и позволяет представить себе внутреннюю механику оползня.

Оказалось, что, приняв в основу классификации этот логический принцип, отдельные типы трещин, установленные по характеру деформации, можно объединить в несколько больших групп по признаку места проявления трещин, т. е. в оползне; как и во всяком теле, находящемся под действием определенной системы внешних усилий, напряженное состояние в различных пунктах подчиняется известным закономерностям. Так, в оползне у верхнего края оползневого цирка развиваются, главным образом, растягивающие напряжения, тогда как вдоль бортов его, в основном, действуют силы трения и т. д.

Переходим к изложению классификационной схемы.

Трещиной мы называем линию шва вдоль каждого нарушения сплошности земляного массива. Таким образом, к трещинам были отнесены, как те линии, по которым произошло разделение и разъединение земляного тела, так и те швы, по которым разделившиеся земляные массы позже сомкнулись, и даже те швы, по которым надвигающиеся оползневые массы соприкасаются с ненарушенным грунтом.

Обращенные друг к другу бровки земляного массива, разделенного трещиной, называются плечами трещины.

Все оползневые трещины, прежде всего, разделяются на поверхностные, выступающие на дневную поверхность и внутренние, которые теряются в глубине. Автору удалось изучить только первую группу трещин.

Оползневые поверхностные трещины делятся на следующие четыре большие группы (рис. 1), приуроченные к различным частям оползня:

- I. Трещины верхние, или трещины растяжения.
- II. Трещины боковые, или трещины трения.
- III. Трещины центральные, или трещины сжатия.
- IV. Трещины нижние, или трещины надвигания.

В свою очередь эти группы трещин распадаются на следующие типы:

1. Трещины верхние, или трещины растяжения (рис. 2 а и б) развиваются у верхнего края оползня и отделяют быстро оползающие массы от медленнодвигающихся или неподвижных; образуются под действием растягивающих усилий. Эти трещины сверху открыты, иногда зияют, более или менее отвесны. Края трещин не смяты. Встречаются две последовательные стадии развития этих трещин:

1) *трещины отрыва* (рис. 2а)—недлинная трещина, по концам сходящая на-нет, наиболее раскрытая по середине; плечи трещин на одном уровне; и

2) *трещины сброса* (рис. 2 б)—сильное раскрытие трещины, сопровождающееся опусканием низового плеча часто со значительным обнажением стенки отрыва; иногда трещина маскируется при осыпании верхового плеча и заполнении трещины рыхлым материалом.

II. Боковые трещины, или трещины трения (рис. 2с—f).

Общее название большой группы боковых или внутренних продольных трещин, возникающих у бортов оползня между движущимися и неподвижными участками или внутри оползня между частями, двигающимися с различной скоростью. Трещины трения развиваются, в основном, под действием скалывающих усилий. В начальной стадии развития плечи трещин находятся на одном уровне, в развитой стадии—на разных уровнях, но это смещение является не результатом относительной осадки, а следствием взаимного горизонтального перемещения, когда против более высокого плеча оказывается стоящим более низкое (рис. 2с).

Поэтому превышение плеч подвижной и неподвижной частей оползня вдоль трещины чередуются: иногда выше стоит подвижное плечо, в других случаях неподвижное. Однако, в весьма развитой стадии оползания можно обнаружить тенденцию опускания внутреннего или подвижного плеча в верхних частях оползня и поднятие его—в нижних отделах, по сравнению с внешним или неподвижным плечом. Это связано с эрозионной деятельностью оползня

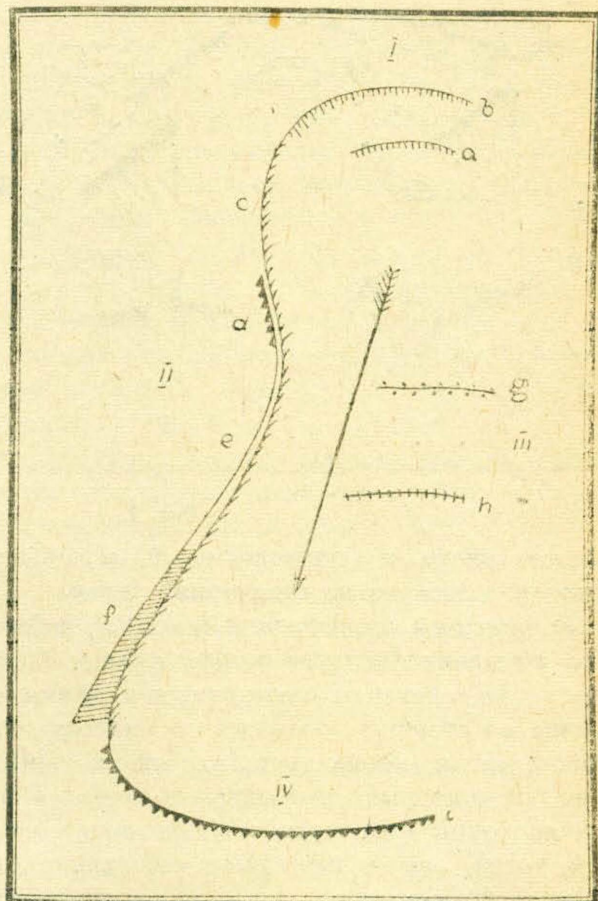


Рис. 1

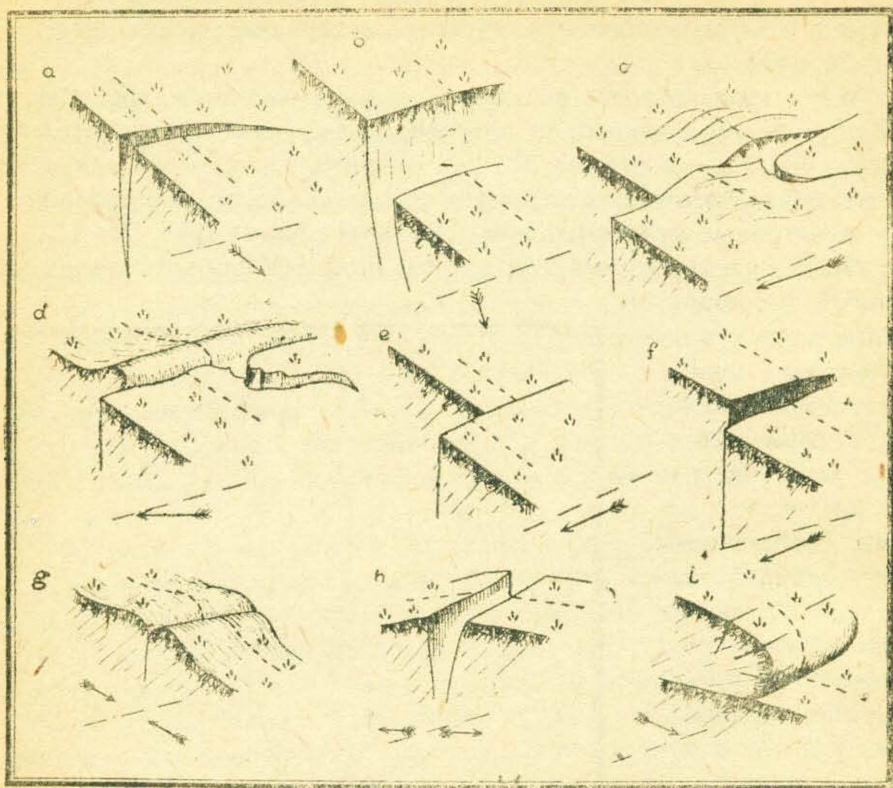


Рис. 2

в области цирка и аккумулятивной—в области языка. Эта группа трещин распадается на следующие типы:

3) *трещины придвигания* (рис. 2с); наблюдаются, когда направление движения образует острый угол с бортом оползня; они возникают под действием сдвигающих и сжимающих усилий. Основная трещина со стороны подвижного массива сопровождается серией второстепенных косых трещин, криволинейных и не симметричных в плане, обращенных выпуклостью вниз. Направленные к основной трещине концы второстепенных трещин, загнуты резко и сливаются с ней, тогда как обращенные к середине оползня концы более плавно загибаются назад, постепенно утоняются и расходятся.

4) *Трещины придавливания* (рис. 2d); возникают при сильном развитии сжимающих и скалывающих усилий, когда угол между направлением движения оползня и линией его борта больше, чем в предыдущем случае. Трещины придавливания со стороны неподвижного грунта сопровождаются валом из напользшего ранее и припаявшегося к устойчивой зоне смятого грунта; со стороны оползня трещины придавливания аналогичны трещинам придвигания, но сильнее развиты.

5) *Трещины скольжения* (рис. 2e); возникают, когда направле-

ние движения, параллельно борту оползня. Образуются под действием сдвигающих усилий; в плане трещины скольжения прямолинейны, стенки трещин несут следы штриховки и истирания.

6) *Трещины отставания* (рис. 2 f); наблюдаются, когда направление движения отклоняется от борта оползня. Возникают под действием сдвигающих и растягивающих усилий. В грубом приближении имеют в плане прямолинейный вид, плечи часто рваные. Они не несут никаких следов штриховки и истирания.

III. **Центральные трещины, или трещины сжатия** (рис. 2 g и h); образуются в средней части оползня под действием сжимающих и растягивающих напряжений. Они названы трещинами сжатия вследствие того, что сжатие, кажется, является основным фактором в средней части оползня. К этой группе трещин относятся следующие:

7) *трещины смятия* (рис. 2g); внутренние, поперечные трещины, возникающие в средней части оползневого тела в месте замедления движения, обусловленного каким либо препятствием (нагромождением земляных масс, подземным барьером или выступом ложа и т. д.). Возникают под действием сжимающих усилий. В сущности эти формы лишь условно могут быть названы трещинами, т. к. представляют собой сильно смятые валики, тянущиеся поперек движения оползня. Плечи трещин или валиков находятся приблизительно на одном уровне, сами трещины закрыты. Они часто группируются в виде серии параллельных валиков или цепей.

8) *Трещины раскрытия* (рис. 2h)—внутренние, поперечные трещины, образующиеся в средней, и в особенности нижней части движущегося тела, при переползании скопившихся внизу земляных масс или подземных препятствий,—выступающих на дне ложа более твердых коренных пород, краев останцев аллювиальных террас и т. д. Возникают под действием растягивающих напряжений. Трещины открыты, иногда зияют, отвесны, расположены более или менее перпендикулярно направлению движения оползня. Плечи этих трещин находятся на одном уровне.

IV. **Нижние трещины или трещины надвигания** (рис. 2 i); краевые поперечные трещины, образующиеся у нижнего края оползневого языка; представляют собой шов, соединяющий оползень с неподвижным грунтом, в который упирается оползневой язык. Возникают под действием сжимающих и отчасти сдвигающих усилий, связанных с надвиганием и опрокидыванием оползневых масс. Трещины закрыты, верхнее плечо сильно поднято, порой запрокинуто и даже перевернуто, нижнее плечо обычно неподвижно и часто скрывается под надвинувшимися массами. Нередко опрокинутое плечо трещины бывает иссечено серией второстепенных поперечных трещин, пронизывающих напольный вал в радиальном направлении.

Следует иметь в виду, что хотя общее направление движения оползня является обычно неизменным, отдельные участки его могут в известной степени менять направление своего перемещения. Это

связано с активизацией некоторых участков, неравномерной скоростью движения оползневого тела, местным ослаблением упора в случае размыва, увлажнения и т. д. Легко понять, что это явление имеет несравненно большее значение в случае регрессивного (деляпсивного по Павлову) оползня по сравнению с прогрессивным (или детрузивным). Роль многих поверхностных трещин, как линии наименьшего сопротивления в этом случае сохраняется, но они изменяют свое функциональное значение.

Так, при активизации одного из бортов оползня, противоположные боковые трещины расширяются, внутреннее плечо опускается, обнажается высокая стенка отрыва, сама трещина частично засыпается обвалившимся грунтом, т. е. налицо типичная картина трещины сброса. Если же описанная трещина до этого являлась трещиной придавливания, то исследователь должен будет обнаружить характерный вал припавшегося грунта на верхней бровке массива и косые трещины трения—на нижней. В другом случае, он может заметить на вертикальной стенке отрыва следы штриховки и истирания, которые так характерны для трещин скольжения.

Точно также при далеко зашедшем процессе смещения земляных масс некоторые центральные трещины могут обменяться ролями. Так, трещина смятия, оказавшись над жестким выступом оползневого ложа, может открыться, превратившись в трещину раскрытия. В этом случае наблюдатель будет в первую минуту озадачен наличием валиков смятого грунта по бортам зияющей трещины раскрытия. Это обстоятельство следует иметь в виду в сложных случаях.

Таким образом, предлагаемая классификация трещин может быть представлена нижеследующей схемой:

Классификация оползневых трещин по Тер-Степанян

Группа трещин	Тип трещины	Действующие напряжения	Открытые или закрытые	На одном ли уровне плечи	Дополнительные признаки
Верхние (растяжение)	1. Отрыва	Растяжение	Открыты	Да	—
	2. Сброса	"	"	Нет	—
Боковые (трения)	3. Придвигания	Сдвиг и сжатие	Закрыты	Приблизительно на одном уровне	Без вала
	4. Придавливания	Сдвиг "	"	"	С валом
	5. Скольжения	Сдвиг	"	"	—
Центральные (сжатия)	6. Отставания	Сдвиг и растяж	Открыты	—	—
	7. Смятия	Сжатие	Закрыты	Да	—
	8. Раскрытия	Растяжение	Открыты	"	—
Нижние (надвигания)	9. Надвигания	Сжатие и сдвиг	Закрыты	Нет	—

Внутренние не изучались

Пользуясь показанными на рис. 1 и 2 схемами, можно при картировании классифицировать оползневые трещины, как по местоположению, так и по характеру действующих сил и деформаций. Эти схемы являются дополнением к данному выше описанию типов оползневых трещин.

Интересно показать, что и предложенная классификация основана не только на визуальном определении характера оползневых трещин, но может найти объективную количественную оценку. С этой целью был исследован средний, наиболее поучительный участок Центрального оползня там, где он переползает через край аллювиальной террасы (рис. 3). Несомненно, что явления, сопровождающие подобное переползание земляных масс через подземный барьер имеют известный научный и практический интерес. Так, например, для осушения Восточного оползня, находящегося приблизительно в тех же геологических условиях, был сооружен дренаж, представляющий собой прорез с каменной наброской и бетонной коллекторной трубой под ней. При переползании земляных масс над краем аллювиальной террасы, аналогично описанному выше, жесткая бетонная труба раскололась, запрокинулась и в настоящее время служит источником увлажнения прилегающего грунта.

По оси Центрального оползня была выбрана полоса длиной в 40 м и шириной 2 м, на которой было разбито пять параллельных створов на расстоянии через 0,5 м друг от друга. По среднему створу была проведена точная нивелировка и построен топографический профиль с изображением вида встречающихся трещин. Под этим профилем дан соответствующий геологический разрез (рис. 3а). На каждом створе были измерены ширины и амплитуды всех пересекаемых оползневых трещин. Амплитудой была названа разность высот плеч трещины. В случае, если верховое по склону плечо расположено выше низового, то амплитуда положительна, в противном случае, когда низовое плечо приподнято или взброшено, амплитуда считается отрицательной.

Были подсчитаны средние значения ширины и амплитуд всех трещин, приходящихся на погонный метр изучаемого створа и, наконец, найдены средние значения по результатам подсчетов для всех пяти створов. Эти данные показаны под геологическим разрезом в виде кривых средних ширины и амплитуд (рис. 3б). Легко заметить, что вся исследованная полоса разбивается на несколько хорошо выраженных зон.

1) Зона, где кривая средних ширины образует резкие пики, измеряемые десятками сантиметров; иногда эта кривая падает до нуля. Кривая амплитуд также достигает высоких значений и имеет положительный знак. Это зона одиночных трещин сбросового типа. Очевидно, что в случае трещин отрыва кривая ширины измерялась бы меньшими величинами, а кривая амплитуд проходила бы с близкими

3) Зона, где кривая средних ширин измеряется десятками сантиметров, никогда не опускается до нуля. Кривая же амплитуд имеет весьма низкие значения с положительным или отрицательным знаком. Это зона трещин раскрытия, образующихся при встрече оползающих масс с каким либо подземным барьером (рис. 3б участок CD).

Таким образом, примененный метод количественной оценки основных характеристик позволил получить достаточно объективный критерий для отнесения трещин к тому или иному типу и, возможно, окажется полезным в аналогичных исследованиях. Однако, автор полагает, что описанная выше схема классификации достаточно пригодна для характеристики сползневых трещин, без применения трудоемкой процедуры, необходимой для построения кривых средних ширин и амплитуд.

В заключение необходимо повторить, что предложенная автором классификация трещин является первой попыткой, в которую впоследствии должны быть внесены изменения, основанные на более обширных работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Тер-Степанов—О роли второстепенных деталей в геотехнике. Труды НИИ Ленинград. Отд. Треста глубинных работ, вып. 2, стр. 43—48, 1941.
2. Ch. Terzaghi—The shearing resistance of saturated soils and the angle between the planes of shear. Proceedings, Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, held 22—26 June 1936, vol. I, paper D—7, Cambridge, Mass, USA, p 54—56.
3. K. Terzaghi—Die Coulombsche Gleichung für den Scherwiderstand bindiger Böden, Bautechnik 26. 16. 1938, s. 343—346.
4. Statens Järnvägars geotekniska kommission 1914—1922. Slutbetänkande 31. Mai 1922. Stockholm 1922.

Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան

ՍՈՂԱՆՔԱՅԻՆ ՃԵՂԲՎԱԾՔՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Երբ մենք վերլուծում ենք այն պատճառները, որոնք պայմանավորում են սողանքային երևույթները, ապա որոշ նշանակություն կարող է ունենալ ճեղքվածքների ուսումնասիրությունը: Իրանցով կարելի է եզրակացնել սողացող մարմնում գործող ուժերի ուղղության մասին: Սակայն այդ կարևոր գործոնի կիրառությանն արգելք է հանդիսանում ճեղքվածքների դասակարգման բացակայությունը: 1941—1944 ընթացքում ուսումնասիրելով Անդրկովկասի ամենամեծ սողանքներից մեկը, փորձ է արվում առլ դրանց դասակարգման մի սխեմա, որը և շարադրվում է ստորև:

Այդ սխեմայի հիմքում դրված է այն դեֆորմացիաների բնույթը, որ որոշվում է ճեղքվածքային հարթությունների վրա ազդող լարումներով: Պարզվել է, որ ճեղքվածքների տարբեր տիպերը երևան են գալիս սողացող զանգվածի մակերևույթի տարբեր հատվածներում:

Հողային զանգվածի ամբողջության խախտման երկարությունը մեծագույն լուրջ քննարկում կար մենք կոչում ենք ճեղքվածք: Հողային զանգվածի հանդիպական կողերը կոչվում են ճեղքվածքի ուսեր:

Բոլոր սողանքային ճեղքվածքները ստորաբաժանվում են՝ մակերևութայիններին և խորքայիններին: Սույն հոդվածում դիտարկվում են միայն առաջինները:

Մակերևութային ճեղքվածքները բաժանվում են հետևյալ չորս մեծ խմբերին՝

ա. վերին կամ ձգման ճեղքվածքներ (նկ. 1, I).

բ. կողային կամ շփման ճեղքվածքներ (նկ. 1, II).

գ. կենտրոնական կամ սեղմման ճեղքվածքներ (նկ. 1, III).

դ. Ստորին կամ վրաշարժման ճեղքվածքներ (նկ. 1, IV):

Այդ խմբերն իրենց հերթին արոչվում են հետևյալ տիպերին՝

ա. վերին կամ ձգման ճեղքվածքներ (նկ. 2, a և b). զարգանում են սողանքի վերին եզրում և բաժանում են սողանքի ավելի արագաշարժ մասերն ավելի դանդաղաշարժ կամ անշարժ մասերից: Նրանք ձևավորվում են ձգող ճիգերի ազդեցության տակ: Այդ ճեղքվածքները վերևից բաց են և զառիթափ, եզրերը ձվաված չեն: Հանդիսանում են դրանց զարգացման երկու հաջորդական շրջանները՝

1) պոկման ճեղքվածք (նկ. 2a). կարճ ճեղք է, որը գեպի ծայրերը ի չիք է դառնում. ուսերը մի մակարդակի վրա են.

2) խզման ճեղքվածք (նկ. 2b). ճեղքվածքը խիստ ընդլայնված է և հաճախ լցված հողով. ստորին ուսը իջած է:

բ) կողային կամ շփման ճեղքվածքներ (նկ. 2 c—f): Սրանք արագանում են սողանքի եզրամասում անշարժ և շարժվող մասերի և կամ տարբեր արագություն ունեցող մասերի միջև. նրանք ձևավորվում են կտրուկ ուժերի ազդեցության տակ. բաժանվում են հետևյալ տիպերին՝

3) Մերձեցման ճեղքվածքներ (նկ. 2c). առաջանում են, երբ սողանքի ուղղությունը եզրի հետ կազմում է սուր անկյուն. սղմող ուժերը մեծ չեն, հիմնական ճեղքվածքին ուղեկցում են մի շարք երկրորդական կորագիծ ճեղքեր:

4) Հսկման ճեղքվածքներ (նկ. 2d). առաջանում են այն դեպքում, երբ եզրի և սողանքի շարժման ուղղության միջև կազմված անկյունն ավելի մեծ է, քան նախորդ դեպքում: Այդ ճեղքվածքներն անշարժ գրունտի կողմից ուղեկցվում են հողակույտով, որը մինչ այդ միաձուլվել էր մեռյալ գրունտին:

5) Սահքի ճեղքվածքներ (նկ. 2e). առաջանում են, երբ շարժման ուղղությունը գուցահեռ է սողանքի եզրին՝ տեղաշարժող ճիգերի ազդեցության տակ: Ուղղագիծ են, պատերը կրում են տրորման հետքեր:

6) Խոտորման ճեղքվածքներ (նկ. 2 f). առաջանում են, երբ շարժման ուղղությունը չեղվում է սողանքի եզրից. հանդիսանում են տեղաշարժող և ձգող ճիգերի հետևանքը. նրանք մոտ են ուղղագիծին, բաց են և չեն կրում տրորման հետքեր:

գ. կենտրոնական կամ սեղմման ճեղքվածքներ (նկ. 2 g և h). առաջանում են սողանքի միջին մասերում սեղմող և ձգող լարվածությունների ազդեցության տակ: Սրանք ստորաբաժանվում են՝

7) Ճվման ճեղքվածքներ (նկ. 2 g). առաջանում են սեղմող ճիգերի ազդեցության տակ, և սողանքի շարժման ուղղության նկատմամբ պրավում են լայնական դիրք. փակ են, իսկ ուսերը մոտավորապես նույն մակարդակի վրա են:

8. Բացման ճեղքվածքներ (նկ. 2 h). առաջանում են ձգման լարվածությունների ազդեցության տակ, և ինչպես նախորդ դեպքում, լայնական դիրք ունեն, բաց են և ուղղաձիգ, ուսերը մի մակարդակի վրա են գտնվում:

դ. Ստորին կամ վրաշարժման ճեղքվածքներ (նկ. 2 i). եզրային լայնական ճեղքվածքներ են, որոնք առաջանում են սողանքային լեզվակի ստորին եզրամասում. առաջանում են սողանքային զանգվածների վրա շարժման և շրջման հետ կապված սեղմող և մասամբ տեղաշարժման ճիգերի ազդեցության տակ: Ճեղքվածքը փակ է, վերին ուսը բարձրացած, երբեմն շրջված:

Առաջադրվող դասակարգումը կարելի է արտահայտել հետևյալ աղյուսակով.

Աղյուսակ

Ճեղքվածքների խումբը	Տիպը	Գործող լարվածությունները	Բաց են թե փակ	Ուսերը մի դիրքում են թե ոչ	Լրացուցիչ հատկանիշ.
Վերին	1. Պոկման 2. Պղծման	Ձգում "	Բաց են "	Այո Ոչ	— —
Կողային	3. Մեքձեցման 4. Հպման 5. Սահքի 6. Պոտորման	Տեղաշարժ. և սեղմում " Տեղաշարժում Տեղաշարժում և սեղմում	Փակ են " "	Մոտ մի մակարդակի վրա են	Առանց հոդակալի Հոդակալով
Կենտրոնական	7. Ճվման 8. Բացման	Սեղմում Ձգում	Փակ են Բաց են	Այո Այո	— —
Ստորին	9. Վրաշարժման	Սեղմում և տեղաշարժում	Փակ են	Ոչ	—
Պոքային	Չեն հետազոտված				

Վերոհիշյալ սխեման այս ասպարեզում պետք է որ առաջին փորձք լինի և թերևս կարող էական փոփոխություններ:

G. Ter-Stepanian

On the landslide cracks classification

S u m m a r y

When analysing the causes of a landslide, the investigation of the character of cracks may be of interest for estimating the internal mechanics of this phenomenon. Yet the absence of the acceptable technical classification of the cracks prevented the author to make use of them during his investigations of a great landslide in Transcaucassia in 1941—1944 and forced him to make an attempt in this direction.

The proposed classification is based on the character of deformations, determined by stresses, which were acting on the planes of the crack before the rupture. It is proved that different types of cracks distribute in definite parts of the landslide.

A crack is a joint along each infraction of continuity of earth massif; both edges of the massif are called shoulders of the crack. Landslide cracks are divided into superficial and internal cracks. The present paper considers only the first ones.

Superficial cracks are divided into the following large groups (fig. 1), corresponding to different parts of the landslide:

- I. Upper or extension cracks;
- II. Side or friction cracks;
- III. Central or compression cracks;
- VI. Lower or creep-on cracks.

In their turn these groups are divided in the following types of landslide cracks:

I. Upper or extension cracks (fig. 2a and b) develop in the upper part of a landslide and separate the rapid moving parts from slow ones or from stables. They arise under the action of tensile forces. These cracks are opened and somewhat vertical, the shoulders are not tumbled. Two progressive types of extension cracks are discerned:

1. „Tear-off“ cracks (fig. 2a)—not long cracks, which dwindle to nothing towards the ends; the shoulders of these cracks are on the same level.

2. „Pick-down“ cracks (fig. 2b)—broad cracks with subsided downstream shoulders; often these cracks are filled with loose earth.

II. Side or friction cracks (fig. 2 c-f) which develop on both sides of the landslide between rapid moving parts and slow ones or stables. They arise under the influence of the shearing forces and sometimes under compressive and tensile forces as well. To these groups of cracks belong the following types:

3. „Move-near“ cracks (fig. 2c), when the direction of the movement of earth masses form a sharp angle with the border of the landslide. Compressive stresses are not great; the main crack is accompanied from the landslide side with a series of secondary curvilinear cracks.

4. „Press-aside“ cracks (fig. 2d), when the angle between the direction of earth movement is greater compared to the case mentioned above. These cracks from the stable side are accompanied by an earth bank formed of the material, which was slept before and soldered in to the undisturbed soil. From the internal side these cracks are like the ones described above.

5. Slip cracks (fig. 2e) arise, when the landslide moves parallel to the borders, under the action of shearing stresses only. They are rectilinear, their walls have traces of traits and grinds.

6. „Move-aside“ cracks (fig. 2f), when the earth masses stream

away from the border, develop under shearing and tensile forces. They are roughly rectilinear, have no traces of drinding.

III. Central or compressive cracks (fig. 2g and h) create in the middle part of the landslide under the influence of compressive and tensile forces. Two types are discerned:

7. „Crumpled“ cracks (fig. 2g) arise when the earth masses meet an underground obstruction; only the compressive forces are acting. These cracks are closed, the shoulders are on the same level. From both sides they have fillets, which extend across the landslide axis.

8. „Opened up“ cracks (fig. 2h) arise when sliding masses crawl over an underground obstruction. They develop according to the tensile forces. These cracks extend across the landslide. They are opened; their shoulders are on the same level.

IV. Lower or creep-on cracks (fig. 2i) are the lower marginal transversal lines, along which the sliding masses come into contact with stable ground. They arise owing to compressive and partly shearing forces. These cracks are closed, the upstream shoulder is lifted, and often reversed, while the down-stream one is immovable.

The proposed classification can be represented in the following table.

Groups of cracks	Types	Acting forces	Opened or closed	Are the shoulders on the same level	Supplementary symptoms
I. Upper or expansion	1. Tear-off	Tensile	Opened	Yes	—
	2. Pickdown	—	—	No	—
II. Side or friction	3. Move-near	Shearing and compressive	Closed	Roughly on the same level	Without bank
	4. Press-aside	—	—	—	With bank
	5. Slip	Shearing	—	—	—
	6. Move-aside	Shearing and tensile	Opened	—	—
III. Central or compressive	7. Crumpled	Compressive	Closed	Yes	—
	8. Opened-up	Tensile	Opened	Yes	—
IV. Lower	9. Creep-on	Compressive and Shearing	Closed	No	—

In conclusion the author hopes that his first attempt would be completed in the near future.