

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ОПОЛЗНЕЙ ПРИ НЕРАЗУМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА¹

Член-корр. АН АрмССР, проф., докт. техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН²

Реферат. Большая часть оползней в развитых странах происходит вследствие неразумной технической и агрономической деятельности человека. В отличие от других неразумных действий, вызывающих разрушение природы, оползни после такой деятельности возникают сравнительно быстро и воздействуют именно на прямых виновников катастрофы. Приводятся примеры оползней, которые не произошли бы, если бы специалистами был своевременно произведен геоморфологический анализ природной обстановки. При существующем уровне развития оползневедения нельзя сослаться лишь на сложность, необъяснимость и неожиданность оползней; как правило, причина таится в недостаточном знании природы оползней и пренебрежении к динамике процесса. Поэтому обратная связь в случае оползней является достаточно жесткой и действует избирательно.

Общая и специальная литература последних лет насыщена многочисленными яркими примерами пагубного влияния неразумной деятельности человека на природу. Нарушение экологического равновесия происходит повсеместно и по самым различным причинам. Хотя выражение «покорение природы» уже практически исчезло и уступило место более гуманному призыву «беречь природу», однако даже при самых оптимистических предположениях сохранить природу в современном, уже существенно нарушенном состоянии не удастся и речь идет главным образом о замедлении процесса. С этой точки зрения интересно установить особенности возникновения оползней при неразумной деятельности и выявить мероприятия, могущие создать препятствия для образования и развития оползней. В инженерной геологии при неразумной деятельности реакция природы очень быстра и направлена непосредственно на прямого виновника, т. е. обратная связь проявляется достаточно жестко.

Действительно, практически при любом другом неразумном воздействии на природу обратная связь не жесткая, а порой просто отсутствует. Зверопромышленник, убивший в 1768 г. последнюю стеллерову корову у берегов Командорских островов, даже не подозревал, какой бесценный генетический фонд был им безвозвратно уничтожен. Череческий супертанкер с грузом иранской нефти, плывущий под либерийским флагом и терпящий бедствие у берегов Нормандии, уничтожает природу и причиняет убытки французским рыбакам, но поскольку и судно и груз были застрахованы, виновник ничего не теряет, а связь между виновником и пострадавшим оказывается совершенно не-

¹ Переработанный текст доклада, представленного Международному симпозиуму «Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека; инженерно-геологическая оценка и прогнозы», состоявшемуся в Польше в июне 1979 г. (Тер-Степанян, 1979).

² Зав. Лабораторией геомеханики ИГИС АН АрмССР.

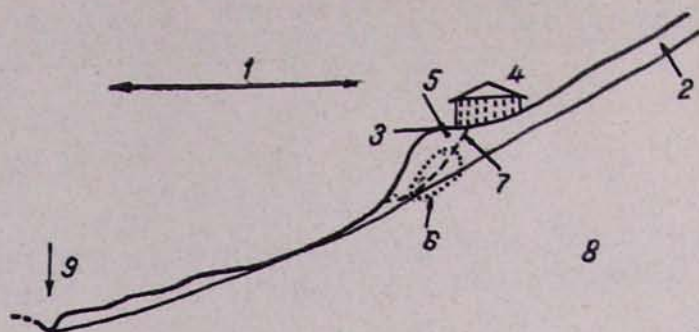


Рис. 1. Земляной поток накапливающегося типа. В земляных массах, скопляющихся у нижнего конца потока, неминуемо возникают вращательные оползни. 1—село; 2—земляной поток; 3—горизонтальная площадка у нижнего края земляного потока; 4—школа; 5—водопровод; 6—зона глубинной ползучести; 7—поверхность скольжения вращательного оползня; 8—коренные породы; 9—ручей.

Նկ. 1. Կուտակվող տիպի հողահոսք: Հողահոսքի ներքևի մասում կուտակվող հողային զանգվածներում անխուսափելիորեն առաջանում են պտտական սողանքներ: 1—գյուղ, 2—հողահոսք, 3—հողահոսքի ներքևի եզրում հորիզոնական հարթակ, 4—շուրջը, 5—ջրմուկ, 6—խորքային սողքի գոտին, 7—պտտական սողանքի սահեցման մակերևույթ, 8—մայրապարհներ, 9—գետակ:

Fig. 1. Accumulating type earthflow. The rotational landslides take place inevitably in earth masses, accumulated in the lower parts of earthflows. 1—village; 2—earthflow; 3—horizontal ground at lower part of the earthflow; 4—school; 5—water-line; 6—zone of depth creep; 7—sliding surface of the rotational landslide; 8—bedrocks; 9—brook.

жесткой, а юрисдикция в вопросе, затрагивающем ряд стран,—сомнительной. Другим примером может служить безжалостное истребление в наши дни китов, вероятно, наиболее полезных для наших потомков животных.

Совершенно иначе обстоит дело при возникновении оползней вследствие неразумной деятельности человека. Чем сильнее и ошибочнее воздействие, тем быстрее и катастрофичнее развиваются события, причем в первую очередь страдает виновник или его контрагент. Каждый из исследователей оползней может припомнить ряд примеров, иллюстрирующих это положение. Нижеследующие примеры относятся к последним годам и взяты из опыта автора.

Земляной поток накапливающегося типа

У подножья длинного склона расположено село; земляной поток спускается к селу и оканчивается у его окраины (рис. 1). Сползающие земляные массы скопляются у конца земляного потока. Известно, что в подобных случаях в низовой части земляного потока развиваются вращательные оползни (Тер-Степанян, 1973). В данном случае образовалась почти горизонтальная площадка, на которой, вероятно, развивалась глубинная ползучесть, но собственно оползня еще не было. При инженерно-геологических изысканиях природа этой площадки не была выявлена. На ней было сооружено здание школы, а вдоль переднего фасада проведен водопровод. Строительство школы сопровождалось утечками из водопровода, поврежденного в резуль-

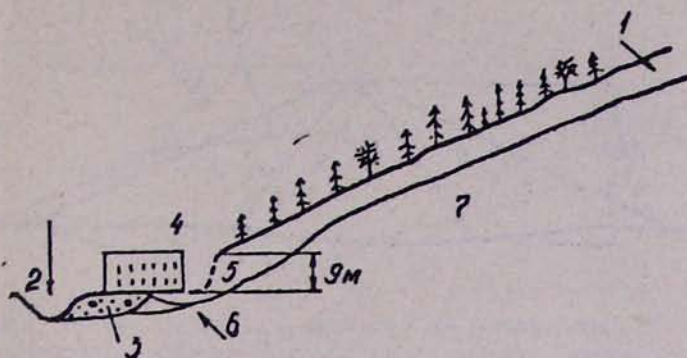


Рис. 2. Земляной поток расходуемого типа. Оползень происходит при подрезке нижнего края земляного потока. 1—земляной поток; 2—река; 3—аллювиальные отложения; 4—клуб; 5—отвесный склон; 6—поверхность скольжения; 7—коренные породы.

Նկ. 2. Մախավող տիպի հողահոսք: Հողահոսքի ներքևի մասի ենթահրաման պահին տեղի է ունենում սողանք: 1—հողահոսք, 2—գետ, 3—ջրարերուկ նստվածքներ, 4—ակումբ, 5—ուղղաբեր լանջ, 6—սահման մակերես, 7—մայրապարներ:

Fig. 2. Spending type earthflow. The landslide activation takes place through undercutting the lower part of the earthflow. 1—earthflow; 2—stream; 3—alluvial deposits; 4—club; 5—sheer slope; 6—sliding surface; 7—bedrocks.

тате глубинной ползучести, что привело к деформациям склона, со временем усиливающимся. Трехэтажное здание школы после завершения строительства функционировало не больше недели, затем школу пришлось закрыть. Разрушение здания продолжалось полным ходом; в грунте появились крупные трещины отрыва (опущенные трещины растяжения) и сформировалось оползневое тело.

Своевременно произведенная оползневая экспертиза на основании только геоморфологических данных показала бы опасность сооружения здания на горизонтальной площадке в области аккумуляции земляного потока ввиду неизбежности образования вращательного оползня.

Земляной поток расходующегося типа

Земляной поток спускается по длинному крутому склону к горной речке (рис. 2). Оползающие земляные массы отклоняют в сторону речку, которая образует в плане выступ, сложенный аллювиальными отложениями. Во время сильных паводков оползневые массы, накопившиеся в нижней части земляного потока, смываются; скопление аллювия у подножья земляного потока связано с падением скорости воды в реке на участке местного уширения. На аллювиальной площадке было решено построить здание клуба; для расширения площадки была сделана подрезка склона с образованием отвесного откоса высотой до 9 м. Это вызвало быструю активизацию земляного потока и разрушение недостроенного здания клуба; поверхность скольжения нового оползня вышла на поверхность в основании фундамента здания.

Своевременно произведенная оползневая экспертиза на основании только геоморфологических данных, в частности факта наличия

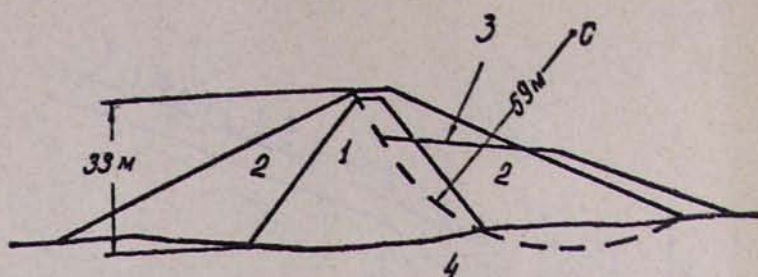


Рис. 3. Земляной поток, примыкающий к древнему оползню. Поверхность скольжения проходит через ядро из суглинка и коллювиальные отложения в основании плотины. 1—ядро плотины (суглинок); 2—призма плотины (супесь); 3—поверхность склона после оползания; 4—коллювиальные отложения (древний оползень).

Նկ. 3. Հեամենի սողաճիճի հարող հողահոսը: Սահեցման մակերևույթ անցնում է մերձակալից միջուկի և ամբարտակի հիմքում կոլլուվիալ նստվածքներով: 1—ամբարտակի միջուկ (մերձակալ), 2—ամբարտակի պրիզմա (մերձակալ), 3—լանքի մակերևույթը սահեցումից հետո, 4—կոլլուվիալ նստվածքներ (հեամենի սողաճիճ):

Fig. 3. Earthflow adjoining an old landslide. The sliding surface passes through the loam core and colluvium in the dam foundation. 1—loam core of the dam; 2—prism of the dam (sandy loam); 3—slope surface after sliding; 4—colluvium (old landslide).

земляного потока и местного изгиба русла реки у его подножья, показала бы недопустимость подрезки склона.

Земляная плотина, примыкающая к древнему оползню

Высокая земляная плотина сооружалась в долине горной реки. Створ плотины в целях сокращения расходов был выбран на участке долины, где со стороны правого берега наблюдалось ее небольшое местное сужение. Бурение у правого примыкания плотины показало наличие рыхло-обломочных отложений со следами скольжения, достигающих глубины 58 м; эти отложения были отнесены к делювию. Была построена земляная плотина с суглинистым ядром, на которой немедленно по окончании строительства и еще до заполнения водохранилища образовался крупный оползень (рис. 3). Исследователи не сумели выяснить природу местного сужения долины, не попытались понять историю развития рельефа и образования 58-метровой толщи делювия и выбрали для плотины именно это место. Между тем, сужение долины произошло в результате ее частичного запруживания древним оползнем и делювий оказался коллювием. Известно, что сопротивляемость грунтов старых оползней определяется не пиковым, а остаточным значением сопротивления сдвигу. Обратные расчеты показали, что вместо принятого в расчете коэффициента сдвига 0,21 следовало принять 0,14, поэтому разрушение плотины было неизбежно. Остается утешаться мыслью о том, что если бы разрушение плотины произошло после заполнения водохранилища, то ущерб был бы неизмеримо больше.

Своевременно произведенная оползневая экспертиза на основании геоморфологических данных и правильной оценки результатов бурения показала бы опасность примыкания плотины к древнему оползню.

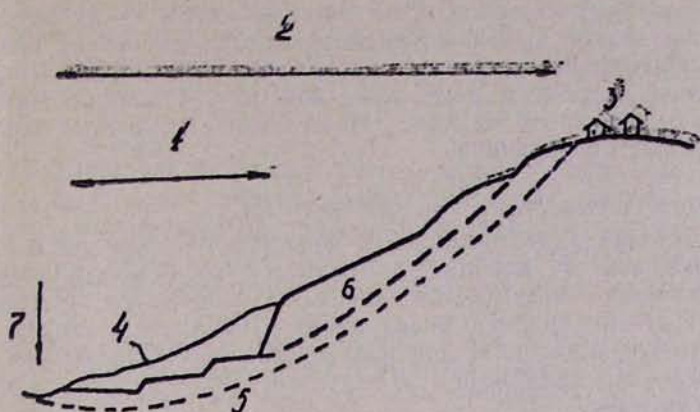


Рис. 4. Возобновление древнего оползня. Движение земляных масс возобновляется при подрезке контрфорсной части. 1—карьер; 2—древний оползень; 3—дома отдыха; 4—склон до начала разработки карьера; 5—поверхность скольжения древнего оползня; 6—поверхность скольжения возобновившегося оползня; 7—ручей.

Նկ. 4. Հնամենի սողանքի վերականգնում: Հողային զանգվածների շարժումը վերականգնվում է կոնտրֆորսային մասի ենթակտրման պահին: 1—կավահանը, 2—հնամենի սողանք, 3—հանգստի տուն, 4—լանջը մինչև կավահանի մշակման սկիզբը, 5—հնամենի սողանքի սահնգման մակերևույթ, 6—վերականգնված սողանքի սահնգման մակերևույթ, 7—գետակ:

Fig. 4. Renewal of an old landslide. The movement of earth masses renewed after undercutting of the counterfort part. 1—quarry; 2—old landslide; 3—resort complex; 4—slope before operation of the quarry; 5—sliding surface of the old landslide; 6—sliding surface of the renewed landslide; 7—brook.

Возобновление древнего оползня вследствие уборки контрфорсной части

Карьер суглинков разрабатывался в низовой части крупного, вполне стабилизированного древнего оползня; на вершине склона над этим оползнем строился курортный комплекс (рис. 4). В результате уборки суглинков из контрфорсной части оползня произошла активизация земляных масс, были разрушены дорога к курортному комплексу и мост на ней.

Своевременно произведенная оползневая экспертиза на основании инженерно-геологических данных и установления истории развития рельефа показала бы опасность ослабления низовой части склона при разработке карьера.

Смысл сказанного заключается в том, что необходимо в корне изменить отношение к подобным явлениям; их ни в коей мере нельзя считать случайностями, а надо квалифицировать как печальный результат неразумной деятельности. Между тем, во всех перечисленных случаях были найдены подходящие объективные причины, вызвавшие оползание,—выпадение осадков, низкое качество строительства, промачивание грунта и т. д. Принципиально нет большого различия между подобными ссылками на внешние причины и ситуацией, наблюдавшейся в начале нашего века, когда аварии оснований сооружений обычно приписывались «божьему деянию» (Терцаги, 1973).

Следует отметить, что в геологической литературе, в особенности литературе старых лет, приводится множество примеров внезапного

развития оползней на склонах, на которых якобы не наблюдалось каких-либо признаков приближающейся катастрофы. Такие указания не соответствуют действительному ходу развития процесса, и надо выявить мотивы подобного искажения событий. Тенденция представить оползень как внезапное явление может иметь различные причины, из которых укажем следующие.

Снятие ответственности за непринятие мер

Утверждение о неожиданности оползневого процесса в отдельных случаях оказывается удобным для лиц, «коммуну вести надлежит», так как оно снимает с них ответственность за непринятие предупредительных мер. Поэтому нужно с подозрением относиться к любым документам, в которых подчеркивается внезапность оползня, так как они, как правило, служат прикрытием неразумной деятельности и защите виновника бедствия.

Умышленное скрывание признаков оползней

В условиях частной собственности владельцы земельных участков умышленно скрывают признаки оползней—оползневые трещины и др., чтобы это не отразилось на стоимости земли и не помешало ее вовремя сбыть; такой случай отмечен до наступления оползня Соколовой горы в Саратове 27 сентября 1884 г. (Мушкетов, 1888). В капиталистических условиях является настолько естественным утаивать данные об оползнях, что в одном случае автор считает себя обязанным благодарить некоего Х. Эткина за сообщение ему данных о движении оползня около гор. Дуранго в шт. Колорадо, хотя «передача этих сведений и шла вразрез с его интересами» (Vanderwilt, 1934). Естественно, что эти мотивы отпадают в условиях социалистической системы.

Драматизация оползневого процесса

Неожиданность и катастрофичность процесса оползания придает большую драматичность описанию бедствия. Среди многочисленных примеров ограничимся случаем оползня 2 сентября 1806 г. на склоне горы Россберг у Гольдау в кантоне Швиц (Швейцария), который начал проявляться еще за 30 лет до катастрофы; признаки усилились за несколько месяцев, и в особенности за несколько дней и часов. Очень жизненное описание этих признаков дает очевидец события К. Цай; он говорит, что еще за 20 лет до обрушения склона жители были уверены в неминуемости оползня. Признаки оползня увеличивались во влажные годы—1799, 1804 и 1805; такими же влажными были начало 1806 г. и вторая половина августа того же года. «Было видно, что гора Россберг находится в полной деятельности и оползень явился только последней фазой» (Zay, 1807). 1 сентября шел сильный дождь, 2 сентября трещины увеличились, появились новые, валились деревья, сыпались камни. К полудню грохот от падающих камней напоминал канонаду. К 4 часам дня появилась угрожающая поперечная трещина, отделяющая оползающую массу, а около половины пятого дня произошел оползень. Погибло 457 человек. Гейм отмечает, что очень немногим жителям удалось спастись, хотя времени и было достаточно (Heim, 1932). Так же трактуют это явление Терцаги (1958) и Штин (Stiny, 1952). Швейцарский же геолог Бальцер, описывая эти события через 69 лет, извлекает из данных К. Цая только относящиеся к заключительному этапу оползания и излагает их совершенно по-иному: «Вся катастрофа, считая от начала обвала, длилась всего 3—4 мин, отсюда следует, что скорость смещения составляла 20 м в секунду».

ду. Это явилось причиной того, почему в Гольдау почти никто не смог выжить. Даже многие птицы различных пород погибли, и их находили среди обломков» (Baltzer, 1875). Позже это искаженное описание было повторено Неймайром (1897).

Теоретический базис

Вопрос о природе оползней далеко не так неясен, как лет тридцать назад. Благодаря усилиям ученых сделались понятными многие стороны оползневого процесса. Мы располагаем достаточным теоретическим базисом для возможности анализа оползневой обстановки и обоснованных заключений о поведении склонов при тех или иных воздействиях.

Теперь уже известно, что оползни почти никогда не возникают внезапно—им предшествует более или менее длительный период глубинной ползучести склонов, когда в зоне, приуроченной к потенциальной поверхности скольжения под действием напряжений, превосходящих предел ползучести, но меньших, чем предельное сопротивление сдвигу грунта, развиваются медленные деформации грунта или ползучесть. Изучение динамики этих деформаций может служить для определения механизма оползания, для предсказания хода процесса и для контроля эффективности противооползневых мер. Имеется достаточно разработанный аппарат как для производства измерений глубинной ползучести, так и для интерпретации результатов. Поэтому ссылки на неизученность вопроса неуместны, и мы можем требовать определенного уровня компетентности как от инженер-геологов, так и от проектировщиков и строителей.

Между тем, до последнего времени появляются научные труды по оползням и учебники по инженерной геологии, в которых не уделяется достаточного внимания подготовительному периоду глубинной ползучести склонов. Оползневой процесс если и не называется, но представляется читателю неожиданным, не подававшим никаких сигналов о своем предстоящем развитии. Видимо, вопрос о динамике оползания для ряда инженер-геологов не представляет специального интереса и их внимание привлекают другие стороны явления—геологическая и гидрогеологическая обстановка, размеры оползней и причины, их вызвавшие, меры борьбы и т. д.

Такое пренебрежение к динамике процесса и особенностям механизма оползней в фазе глубинной ползучести в отдельных случаях имеет своим следствием недостаточную теоретическую подготовку инженер-геологов, работающих в оползневых районах, и их неумение принимать правильные решения. Этому способствует также и тенденция рассматривать инженерную геологию как прикладную науку. Это, конечно, ошибочное мнение, но оно имеет своих приверженцев. Сторонники этих взглядов считают, что любой, даже второразрядный геолог может быть вполне удовлетворительным инженер-геологом, и действительно, в ряде случаев геологи-неудачники занимаются инженерной геологией. Между тем, инженерная геология—наука комплексная и сложная, требующая широкого кругозора и знаний во многих областях—геологии, механики, строительства, физики, математики, грунтоведения, гидравлики, реологии, геодезии, которыми обычно геологи не обладают. Повышение требований к уровню знаний сделает невозможными случаи, когда малокомпетентные в инженерной геологии лица будут давать неправильные рекомендации и тем вызывать оползни.

Из изложенного видно, что приходится выбирать: либо мы должны мириться с оползнями, возникающими вследствие неразумной дея-

тельности человека,—а такие оползни имеют тенденцию распространяться все шире—и тем самым губить природу, либо мы должны создать прочный заслон таким действиям и выявлять конкретных виновников, чтобы уменьшить ущерб и сберечь природу. Приписывать все оползни естественному ходу событий в развитых странах или на обжитых территориях нет оснований. Автору практически не приходилось встречать в обжитых районах оползни, возникшие по естественным причинам; почти всегда можно указать вид неразумной деятельности человека и даже время, когда она началась.

В связи с этим стоит подумать и о следующем. Оползни, вызванные воздействием человека, многие называют антропогенными. Но этот эфемеристический термин противоречив, так как греческое «антропос» (человек) соответствует латинскому «*Homo sapiens*» (человек разумный), следовательно, антропогенными в принципе должны называться только разумные действия. Следует отказаться от услаждающего термина «антропогенные процессы» и прямо называть их «процессами, вызванными неразумной деятельностью».

Выводы

1. В развитых странах и обжитых районах оползни происходят главным образом вследствие неразумной деятельности человека. В отличие от других видов ущерба, причиняемого природе, обычно оползни происходят сразу после воздействия человека, и внимательный анализ позволяет достаточно ясно понять причины бедствия.

2. Современное состояние учения об оползнях, хотя оно еще нуждается в дальнейшей разработке, уже во многих случаях позволяет специалистам определять оползневую обстановку, устанавливать степень риска возникновения новых оползней, прогнозировать ход развития событий.

3. Важной мерой, затрудняющей распространение оползней вследствие неразумной деятельности, может быть гласность. Необходимо, чтобы каждый случай оползания подвергался тщательному разбору и делался известными имена лиц, вызвавших оползание. Это затруднит повторение ошибок.

4. Необходимо всячески стимулировать организацию экспертизы оползней специалистами и, наоборот, создавать препятствия для решения подобных вопросов лицами, в них не сведущими.

5. Необходимо содействовать распространению передовых взглядов на природу оползней, популяризировать достижения науки и сделать их достоянием инженер-геологов, занимающихся практической деятельностью, проектировщиков и строителей.

В заключение предлагается рисунок, символизирующий ситуацию, возникающую при неразумном строительстве на склонах. На нем изображено дерево, на стволе которого закреплен улей, а под ним подвешена тяжелая колода (рис. 5). Медведь лезет за медом, но колода ему мешает, и он лапой легонько отталкивает ее в сторону. Колода возвращается и так же легонько ударяет медведя по голове. Медведь отталкивает ее сильнее и получает такой же сильный удар. Рассвирепев, медведь со всей силой отбрасывает в сторону колоду, и она возвращает ему удар в полной силе. Эмблема изображает момент, когда медведь летит вниз. Ситуация предельно ясна, и дополнения в духе «who is who» или «кто есть кто» не требуются.

Рис. 5. Эмблема, изображающая обратную связь между неразумной деятельностью человека на склонах и оползнями.

Նկ. 5. Լանդերի վրա մարդու անգիտա-
լիքի գործունեության և սողանքների միջև
հակադարձ կապը ցերեկայացնող խորհրդանիշ:

Fig. 5. Emblem showing the feedback between the unreasonable human activity on slopes and the landslides.



ՄԱՐԴՈՒ ՈՉ ԽՆԼԱՄԻՏ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՅՄԱՆ ՀԵՏԱԴԱՐՉ ԿԱՊԸ¹

ՀՍՍՀ ԴԱ թղթ. անդամ, պրոֆ., տեխն. գիտ. դոկտոր Գեորգ Տեր-Ստեփանյան²

Ռեֆերատ—Ջարդացած երկրներում սողանքների մեծ մասը տեղի է ունենում մարդու տեխնիկական ոչ խելամիտ գործունեության հետևանքով: Ի տարբերություն բնությանը ավերող ու ոչ խելամիտ գործունեությունների, սողանքները ներգործում են հենց աղետի անմիջական մեղավորների վրա: Բերվում են այն սողանքների օրինակներ, որոնք չէին առաջանա, եթե մասնագետները ժամանակին կատարեին բնական միջավայրի գեոմորֆոլոգիական վերլուծությունը: Սողանքագիտության զարգացման ժամանակակից մակարդակի առկայության դեպքում չի կարելի վկայակոչել միայն սողանքի բարդությունը, անբացատրելիությունը և հանկարծակիությունը: Ինչպես օրենք, պատճառը թարնված է անմիջական կատարողների անբավարար ղեկավարների և ընթացքի ղեկավարի անտեսման մեջ: Ուստի սողանքների դեպքում հակադարձ կապը բավականին կոշտ է և գործում է դիպուկ:

¹ Հեռատվում 1979 թ. հունիսին կայացած «Երկրաբանական միջավայրի փոփոխությունները մարդու գործունեության ազդեցության տակ. ինժեներա-երկրաբանական գեոհատում և նախիմացություն» ներկայացրած վերամշակված զեկուցում (Тер-Степанян, 1979).

² ՀՍՍՀ ԳԻՄԻ գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի վարիչ:

FEED-BACK IN ORIGIN OF LANDSLIDES CAUSED BY UNREASONABLE HUMAN ACTIVITY¹

GEORGE TER-STEPANIAN², Prof., Dr. Sc. (Eng.), Corr. Mem. Armen. Ac. Sc.

Synopsis. The majority of landslides in inhabited areas are caused by unreasonable human activity. The man-induced landslides increase with construction and land use together. Being stemmed from different causes these landslides are actually the concluding phase of the long-term processes of depth creep of slopes. Detailed geomorphological study may reveal forerunners of sliding or hazard in early stages of development; examples are given. There is a trend to represent the landslides as sudden events; its causes are shown. It is intolerable at the present state of science to consider landslides as complicated, inexplicable and sudden phenomena; as a rule the reason is the insufficient knowing of the landslide mechanism and neglect of the process dynamics.

ՊՐԱԿԱՆԻՔԻՆ—ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

- Мушкетов И. Н. 1888. Физическая геология, ч. 2. Денудационные процессы, СПб.
 Неймайр М. 1897. История Земли, т. 1. СПб, Просвещение.
 Тер-Степанян Г. И. 1973. Некоторые особенности механизма земляных потоков.—В кн.: Инженерно-геологические свойства глинистых пород и процессы в них. Труды Междунар. симпозиума, Москва, 1971, вып. 2, Изд. Моск. ун-та, с. 117—132.
 Тер-Степанян Г. И. 1979. Пропорциональность обратной связи в возникновении оползней при неразумной деятельности.—Materiały posympozjalne „Zmiany środowiska geologicznego pod wpływem działalności człowieka; inżyniersko-geologiczna ocena i prognoza”. Międzynarodowa asocjacja geologów inżynierskiej, sekcja polska, Warszawa 1979, tom III, str. 223—230.
 Терцаги К. 1958. Механизм оползней.—Проблемы инженерной геологии, М., ИЛ, вып. 1, с. 174—218.
 Терцаги К. 1973. Прошлое и будущее прикладной механики грунтов.—Проблемы геомеханики, Ереван, № 6, с. 1—25.
 Baltzer A. 1875. Ueber Bergstürze in den Alpen. C. Schmidt, Zürich.
 Heim A. 1932. Bergsturz und Menschenleben.—Beibl. z. Vierteljahrssch. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich, Jg. 77, H. 3/4, No. 20, Geol. Nachlese No. 30.
 Stiny J. 1952. Neuere Ansichten über „Bodenbewegungen“ und über ihre Beherrschung durch den Ingenieur.—Geol. u. Bauwesen, Jg. 19, H. 1, S. 31—54.
 Vanderwilt J. W. 1934. A recent rockslide near Durango in La Plata county. Colorado.—Journ. Geol., vol. XLII, No. 2, p. 163—173.
 Zay K. 1807. Goldau und seine Gegend, wie sie war und was sie geworden. Orell, Füssli & Co., Zürich.

¹ Revised paper, presented to the International Symposium on change of geological environment influenced by human activity: an estimation and prognoses, held in Poland in June 1979 (Тер-Степанян, 1979).

² Head, Laboratory of Geomechanics IGES Armen. Ac. Sc.