

ПРИНЦИПЫ ОБСЕРВАЦИОННОГО МЕТОДА БОРЬБЫ С ОПОЛЗНЯМИ

Профессор, доктор техн. наук, Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН¹

Реферат. Во многих случаях борьба с оползнями сложна и упорна, обходится дорого и, несмотря на это, малоэффективна. Основные причины—недостаточное знание механизма оползания и неточная оценка роли различных противооползневых сооружений. Для рационализации противооползневой деятельности на крупных и упорных оползнях рекомендуется осуществлять наблюдационный метод борьбы, заключающийся в последовательном применении мер, начиная с наиболее существенных, с одновременными наблюдениями за интенсивностью действия основных оползнеобразующих факторов и за динамикой склона, для суждения об эффективности противооползневых сооружений. Указываются случаи, когда применение наблюдационного метода борьбы с оползнями нецелесообразно.

ВВЕДЕНИЕ

В своей докторской диссертации автор выдвинул идею стадийной борьбы с оползнями, заключающуюся в последовательном осуществлении намечаемых противооползневых мер, начиная с общеоздоровительных и более существенных, с одновременным ведением наблюдений за деформациями склона для установления необходимости перехода к последующим мероприятиям и сроков их проведения (Тер-Степанян, 1955). Более полно этот метод был изложен позднее (Тер-Степанян, 1957), однако по независимым от автора причинам в статье не были помещены многочисленные примеры из противооползневой деятельности в различных странах мира и библиографический указатель к ним, необходимые для иллюстрации и доказательства высказанных в статье положений. Сама идея стадийной борьбы шла вразрез с существовавшими и продолжающими существовать представлениями на этот счет (Постановление..., 1949), и потому, естественно, статья никого не убедила (см. напр., Дранников, 1964). Систематическая стадийная борьба с оползнями никогда не велась, и лишь случайно оказывалось, что на отдельных оползнях фактически осуществлялся не весь запроектированный комплекс мероприятий и тем не менее достигался определенный успех². Это имело место в тех случаях, когда работы начинались

¹ Зав. Лабораторией геомеханики Академии наук Армянской ССР.

² Осенью 1966 г. в Армении было начато сооружение перехватывающего дренажа в Мец-Тала для сбора и отвода грунтовых вод, поступающих на крупный оползень в центральной части Дилиджана; эта работа не была доведена до конца, тем не менее дренаж оказал оздоравливающее действие. Скорость глубинной ползучести склона в 1966 г. до сооружения дренажа колебалась в пределах 120—140 мм/мес.; к концу года она стала снижаться. Общее годовое количество выпавших в 1966 г. осадков составило 547,3 мм. В 1967 г. при значительно большем количестве годовых осадков (719,2 мм) скорость глубинной ползучести не превышала 20 мм/мес. В 1968 г. по мере засорения незаконченного дренажа его оздоравливающее влияние стало затухать и поэтому скорость ползучести стала постепенно увеличиваться и к началу осени составила 150 мм/мес. (Тер-Степанян и др., 1970).

с более эффективных мер, и таким образом, достижение стабилизации склона не требовало полного устранения всех оползнеобразующих факторов.

Основы обсервационного метода с примерами его применения были изложены в 1961 г. проф. Карлом Терцаги (1973). Важным событием, происшедшим за истекшее время, явилась Девятая Ренкиновская лекция³, прочтенная проф. Р. Пеком (1971) перед Британским геотехническим обществом в 1969 г. Ее тема—преимущества и ограничения обсервационного метода в прикладной механике грунтов имеет прямое отношение к рассматриваемому вопросу, поскольку стадийная борьба с оползнями представляет собой один из видов обсервационного метода и неразрывно связана с ведением наблюдений за эффективностью противооползневой деятельности. Задача предстоящей статьи—привлечь внимание специалистов к тем важным преимуществам, которые дает обсервационный метод борьбы с оползнями, и обрисовать те ограничения, которые связаны с применением этого метода.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Следующие положения могут считаться бесспорными:

1. Оползневые явления широко распространены во многих странах мира⁴; область распространения оползней, обвалов и земляных потоков поразительно совпадает с областями наибольшего развития человеческой деятельности. Лишь немногие густонаселенные районы мира не охвачены оползнями и еще меньше областей развития оползней и обвалов с редким в них населением. Неравномерность расселения людей в отдельных странах почти неизбежно связана с такой же неравномерностью распространения оползней. Последние особенно часты по

³ Перевод этой лекции на русский язык был опубликован в «Проблемах геомеханики», № 5 за 1971 г.

⁴ За последние 100 лет в Альпах погибло от оползней более 5000 человек (Heim, 1932). Только за 1931—1934 гг. вследствие оползней имели место свыше 3000 смертных случаев и большие материальные потери, в том числе не менее 13 железнодорожных катастроф, девять из которых произошли в США; при этих катастрофах погибло 227 человек (Ladd, 1934). В 1955 г. было сообщено о 12 заживо погребенных оползнем в пров. Кагаан на о. Минданао в Филиппинах (Durch Erdrutsch, 1955). Исследование причин разрушений 102 плотин в США показало, что в 15,5% случаев они произошли вследствие оползней; третью часть этих разрушений вызвало переустройство плотин или изменение конструкции (Джастин, 1936). Хорошо известны случаи оползания низового откоса и обрушения земляных плотин у Танка Ашати (Индия) в 1883, Ненасха (Мексика) в 1908, у Шарма (Франция) в 1909, плотин Александер на о. Кауэ (Гавай) в 1930 гг. и др. (Гельфер, 1936). Крупный оползень 1584 г. у Тур д'Э в долине Рейна вызвал разрушение в общине Ивори и гибель свыше 300 людей, а оползень 1806 г. горы Россберг в Швейцарии разрушил дер. Гольдау и унес 457 жизней (Heim, 1932). Убытки от оползней в США достигают сотен миллионов долларов в год (Эккель, под ред., 1960). Количество оползней, приходящихся на 50.000 км дорог в шт. Западная Виргиния достигает одной тысячи (Backer, 1952). В Волгограде большая часть города на протяжении 60 км проходит в оползневой зоне, в г. Одессе—более 22 км, в г. Киеве—до 10 км (Дранников, 1964). 18% всей площади Южного берега Крыма занято оползнями, из которых 1/6 постоянно движутся (Мушкетов, 1935). Свыше 1000 человек погибло совсем недавно в результате крупного оползня, происшедшего 29. VII 1971 и вызвавшего высокую волну, смывшую деревню в горном проходе Хенджан в горах Гиндукуш, Афганистан (Spirek and Lukešova, 1972). Только в долине р. Колумбии в сев.-вост. части шт. Вашингтон было изучено свыше 300 оползней (Jones, 1954). Общая площадь, занятая оползнями в Японии, достигает 300 км²; большая часть оползней приурочена в сбросовой зоне Великого рва в средней части острова Хонсю (Фукиока, 1953). В Чехословакии в 1961—1962 гг. обследованием было установлено наличие 9164 оползней с общей площадью 59400 га (Zaruba and Mencl, 1969).

берегам рек и морей, на склонах гор и возвышенностей. В нашей стране оползнями охвачены многие промышленные районы и наиболее живописные курортные области.

2. Во многих случаях оползни и обвалы связаны с человеческой деятельностью. В последние десятилетия стали известны многочисленные примеры разрушительного действия человека на природу, которые некоторые учтиво называют антропогенными⁵ процессами. Повсеместное усиление оползневых явлений в развитых и развивающихся странах представляет собой один из наиболее губительных результатов неразумной технической (строительной, горнодобывающей, промышленной) и агрономической деятельности⁶. Стремление строить быстро и дешево иногда имеет отдаленные последствия в виде понижения устойчивости склонов и усиления эрозии.

3. Обвалы и оползни имеют тенденцию усиляться по мере дальнейшего технического прогресса. В промышленном и жилищном строительстве увеличиваются этажность и нагрузки, усиливаются вибрации; в дорожном строительстве уменьшение уклонов, выпрямление трасс и уширение дорог ведет к увеличению высоты насыпей и глубины выемок. В горной промышленности все большее распространение получают открытые работы; устраиваются глубокие карьеры и отсыпается высокие отвалы. Гидротехническое строительство во многих случаях вызывает переработку берегов крупных водохранилищ, развитие оползней на деривационных каналах и изменение гидрогеологических условий в зоне подпора; оно часто сопровождается возведением высоких земляных плотин. Ирригационное строительство ведет к обводнению склонов и возникновению оползней и земляных потоков. В сельском хозяйстве усиливается полив земель на склонах и интенсивнее используются приусадебные участки. Все это факторы внутреннего порядка. Но есть еще один фактор внешнего порядка, который существенно изменил экономику строительства; это высокая механизация земляных работ, которая сделала доступным перемещение больших объемов пород и следовательно, возможным значительное изменение статических условий склона.

4. В условиях, когда стоимость земли недостаточно учитывается (или даже вовсе не принимается в расчет), риск вызвать оползень оплачивается только стоимостью переноса сооружения. Если сооружение сравнительно недорогое и занимает большую территорию, например, станционная площадка, село, то в ряде случаев уничтожение земли в результате оползня не принимается в расчет, и вместо лечения оползня считается более «хозяйственным» перенести сооружения на новое место, оставив опустошенную территорию на произвол судьбы⁷.

⁵ От греческого *antropos* (человек) и *genos* (происхождение); если *antropos* соответствует латинскому *Homo sapiens* (человек разумный), то термин антропогенный в данном случае противоречив, так как деятельность разумного существа также должна быть разумной.

⁶ К концу 1962 г. на Южном берегу Крыма зарегистрировано 357 активных оползней; количество их возрастает, чему часто способствует и бесхозяйственная деятельность человека. Суммарная площадь всех активных оползней составляла: в 1960 г. — 8,5, в 1961 г. — 9 и в 1962 г. — 13,76 км²; процент пораженности территории оползнями составлял соответственно 2,12, 2,25 и 3,44 (Корженевский и др., 1964).

⁷ Вследствие оползней был заброшен деривационный канал Рион ГЭСа (Саатчан, 1935). Грозные обвалы горы Демарджи, к востоку от Алушты в Крыму, заставили перенести одноименную деревню на другое место (Катастрофа..., 1894). Село Ринд в Армении было перенесено на другое место вследствие практической невозможности бороться с крупным земляным потоком. По той же причине были перенесены село Иеремант-Кари в Душетском районе Грузии (Ренгартен, 1931) и три деревни (Санкт-Арканджело, Алиано и Алианелло) в долине р. Агри в Лукании, Италия (Cotecchia,

Если обвалы или сели представляют собой дискретные (прерывные) явления (т. е. они либо произошли, либо не произошли), то оползни и земляные потоки должны рассматриваться как непрерывные, поскольку между абсолютно неподвижными и быстро смещающимися земляными массами на склонах существует непрерывный ряд состояний, характеризующихся различной и изменяющейся во времени скоростью смещения. Глубинная ползучесть склонов представляет собой широко распространенное явление в горных странах, и многие даже вполне устойчивые склоны обнаруживают весьма медленные деформации. Вследствие этого, полное устранение деформации склонов достигается с большим трудом, и борьба с оползнями во многих случаях бывает длительной и упорной⁸.

Одна из причин этого — недостаточная изученность механизма оползания. Обширный опыт исследований оползневых явлений и борьбы с ними остается еще не вполне проанализированным, что затрудняет использование накопленного опыта. Нуждается в дальнейшей разработке теория оползневого процесса. В ряде случаев недостаточное знание механизма оползания затрудняет выявление основных оползнеобразующих факторов и приводит к переоценке значения несущественных особенностей или даже случайных совпадений⁹.

1957). Начатое строительство железнодорожной станции Предзаводская у Разданского горно-химического комбината в Армении, было перенесено ввиду крупных оползней, вызванных устройством станционной площадки. Вследствие больших разрушений, вызванных оползнями, четыре раза на новую трассу переносилась железнодорожная линия на участке между станциями Дворцовый и Киян, главной Кавказской магистральной линии Ростов — Баку; после безуспешной борьбы с оползнями были заброшены линии Армавир — Ставрополь и Ставрополь — Старо-Марьевская со всеми многочисленными путевыми и станционными сооружениями (Клевцов, 1964).

⁸ Борьба с оползнями Батракского косогора (ныне г. Октябрьск) началась с первого дня постройки дороги в 1873 г. и не прекращалась в течение 90 лет; Н. Ф. Погребов (1935) сообщает, что «здесь осуществлен ряд самых сложных и разнообразных мероприятий, включая постройку обходной ветви с туннелями длиной свыше 3 км, затрачены миллионы рублей денег, создавалась обширная литература по борьбе с этими оползнями, но оползни продолжают двигаться и снова организуются новые исследовательские работы по выяснению необходимых мер борьбы с оползнями». Множество новых противооползневых сооружений было построено в последующие годы, но и среди них оказались неэффективными (Рогозин и Киселева, 1965). Такое же положение существовало и на австрийских железных дорогах (Pollack, 1925). В железнодорожной выемке глубиной 15 м у Садовой, на главной линии Варшава — Краков, в 1934 г. начался оползень, который еще в 1947 г. обнаруживал непрерывное медленное смещение (Sokolowski, 1947). Значительными оказались затраты на борьбу с оползнями на линии Туансе — Адлер (Туроверов, 1933) и на южных железных дорогах (Минасян, 1933). Одна старая насыпь, сооруженная в 1863 г., обследовалась начиная с 1933 г. почти ежегодно, было пробурено несколько тысяч погонных метров буровых скважин, произведено значительное количество анализов, составлено более 20 различных актов, заключений, докладных и пояснительных записок и пять проектов оздоровления, были осуществлены четыре поперечные штольни, несколько прорезей и девять шахтных колодцев; тем не менее деформации продолжают (Шабров, 1947). Для борьбы с оползнями горы Чаусу на о. Хонсю в Японии за двадцать лет было составлено и осуществлено столько проектов оздоровления, что «уже можно проследить историю борьбы с этим оползнем» (Fukuoka, 1953). На борьбу с деформациями откосов одной из железнодорожных выемок в Сибири, непрерывно продолжавшуюся со дня постройки дороги в 1897 — 1899 гг., было затрачено столько денег, что ее стали называть «золотой» (Клевцов, 1940).

⁹ Оползень у Черри-хилла в шт. Виргиния, вызвавший крушение двух поездов, произошел 6. IX 1933 г. вследствие сильной засухи, вызвавшей образование глубоких усадочных трещин, отделивших оползневой массив; вскоре после оползня выпал сильный дождь (Ladd, 1934). Следовательно, если бы оползень произошел на несколько часов позднее, в стадии развитой глубинной ползучести, то он был бы приписан действительно причине, диаметрально противоположной той, которая вызвала катастрофу. Такая же ситуация сложилась при крупном оползне 31. X 1935 г. на Уевекском ко-
со-

В ряде случаев неумение выделить существенные факторы из второстепенных и недостаточно ясное представление о роли каждого из них сводит изучение оползней к обнаружению возможных причин оползания, а борьбу с ними — к устранению влияния всех этих факторов. В таких случаях предусматриваются не одна, а несколько противооползневых мер — штольни, канавы, дренажи, уположение откоса, перегрузка и т. д. Каждая из этих мер оправдывается наличием действительной или предполагаемой причины оползней. Немаловажное значение имеет и психологический фактор — от автора требуют «остановить оползень», и поскольку в таких случаях с экономическими соображениями не считаются, то в целях самостраховки осуществляются бесполезные противооползневые меры¹⁰. В результате проекты борьбы с оползнями получаются сложными, а работы — дорогостоящими и трудоемкими. Поэтому практически противооползневая деятельность осуществляется только в отношении ответственных сооружений, как-то: порты, железные дороги, гидростанции, мосты, нефтяные промыслы, крупные заводы, санатории и т. д., в остальных же случаях ограничиваются паллиативными мерами или даже просто констатацией факта.

В этих условиях успешная борьба с оползнями при осуществлении коренных мероприятий и затрате нескольких миллионов рублей рассматривается как техническая удача. Это бывает в тех случаях, когда удается правильно установить механизм оползня и целеустремленно направить усилия на борьбу с этим явлением. Установление причинной связи между оползнеобразующими факторами и оползневыми явлениями в одних случаях производится довольно легко, в особенности в

горе; катастрофе «предшествовала исключительно сухая погода летом и осенью» (Саваренский, 1939), и вполне вероятный в это время года дождь мог бы направить внимание исследователей по ложному пути.

¹⁰ Подтверждением этого тезиса служит опыт неудачного строительства противооползневых сооружений; из немногих случаев, проникших в литературу, можно отметить водосборные галереи на Кучуккойском оползне в Крыму (Бакиров, 1935), водоотводящие штольни и дренажные колодцы в Киеве (Погребов, 1934); не дающие воды старые штольни, пройденные для перехвата вод, поступающих в оползни мыса Большой Фонтан и Ланжерон в Одессе (Мушкетов и Погребов, 1924); штольни, прорезы и поглощающие колодцы, пройденные для осушения одной старой насыпи (Шабров, 1947); штольни, пройденные для осушения Батракского косогора (Рогозин, и Киселева, 1965). Г. М. Шахуняц (1944) указывал, что проводимые мероприятия по оздоровлению земельного полотна «часто оказываются мало эффективными, а порой и неэффективными. Лишь незначительное количество мероприятий давало ожидаемый эффект». В. К. Дмоховский (1947) находит для этого более суровые формулировки: «бесполезное осуществление во многих случаях противодеформационных мероприятий объясняется тем, что постановка работ по обследованию больных мест лишена должной целеустремленности и здравого смысла». Ни один из оползней Южного берега Крыма, борьба с которыми сводилась лишь к дренированию подземных вод и регулировке поверхностного стока, до настоящего времени не стабилизировался или стабилизировался после деформации дренажной галереи; не дали положительных результатов и щелевые дренажи (Корженевский, 1964). Во время строительства одного из участков Северокавказской железной дороги протяженностью около 100 км подрезки склонов активизировали существовавшие оползни в 26 местах общим протяжением 12% от длины всего участка; активность оползней возросла в 7 местах, где произведена отсыпка насыпей (Федоровский и Нечаев, 1964). В 1948 г. на одном крупном земляном потоке у железнодорожной линии с помощью гидросмыва была произведена уборка 74 тыс. м³ сплывающего грунта для создания с нагорной стороны запасной полки; это вызвало активизацию оползня, и в 1949 г. пришли в движение древние оползневые грунты, залегающие выше по склону, в результате чего на участке протяженностью вдоль пути до 500 м на путь обрушилось около 20 тыс. м³ насыщенного водой оползневого грунта; в 1953 г. там же была построена галерея туннельного типа, а весь сползший грунт ниже пути убран, т. е. фактически снова произведена срезка грунта, однако уже в 1956 г. оползневой грунт переползал через галерею (Гольдштейн и др., 1962).

отношении перворазных оползней, хотя и здесь не всегда четко проводится различие между фактором оползания и его непосредственным поводом¹¹. При исследовании крупных старых оползней установление их причины часто ведет к столкновению противоречивых взглядов¹². В ряде случаев действительные оползнеобразующие факторы могут быть весьма разнообразными и иногда такими неожиданными, как, например, промерзание грунта¹³, сифонная фильтрация¹⁴, сильная засуха¹⁵ или таяние ископаемого льда¹⁶. Особенно сложно установление механизма многоярусных или унаследованных оползней¹⁷, где необходимы также и палеогеографические построения.

Вторая немаловажная причина — механическое перенесение в противооползневую борьбу приемов, применяемых в других областях строительной деятельности. Проекты этой борьбы, как и любые другие проекты, составляются в два этапа: инженерно-геологическая разведка с составлением проектного задания и детальные инженерно-геологические исследования с составлением технического проекта. Исследования и проектирование ведутся неспециализированными проектными институтами¹⁸.

Только после окончания этих подготовительных работ, их утверждения и выделения средств приступают к осуществлению всего комплекса противооползневых сооружений; как правило, ход и последовательность строительства не предрешаются проектом, но определяются в зависимости от ассигнований и поступления материалов, механизмов

¹¹ Важное различие между причиной оползней и поводом к их образованию отмечается в работах ряда крупных ученых (Саваренский, 1935; Попов, 1951; Терцаги, 1958; Емельянова, 1953).

¹² Хорошо известна различная трактовка причин оползня 1902 г. на Смоленском (ныне Первомайском) спуске в Ульяновске. П. И. Кротов считал его следствием проведения железнодорожной выемки с крутыми откосами и гидростатического давления, а А. П. Павлов (1903) приписывал его размывающему действию Волги и полагал, что смещение происходит по глубоким криволинейным поверхностям. Позже принималось, что здесь развивается двухступенчатый оползень, разделенный аптской плитой, и что оползни глубокие и движутся отдельными участками (Милановский и Семенов, под ред. 1935). Г. С. Золотарев (1959) полагает, что на склоне в средне- и верхнечетвертичное время развивались оползни-блоки, на выветрелой поверхности которых в настоящее время имеют место оползни-потоки. И. С. Рогозин (1961) считает, что произошло смещение неглубокого оползня под действием гидростатического давления.

¹³ Оползень в Нидер-Тенцеле к востоку от Литомерице в Чехословакии произошел при оттаивании сильноувлажненных мергелей мелового возраста, промерзших на значительную глубину во время сильных морозов зимой 1939 — 1940 гг. (Keil, 1954).

¹⁴ Капиллярное сифонирование может в известных условиях происходить и через крупнообломочные безводные прослои (Тер-Степанин, 1953, 1970б).

¹⁵ См. примечание 8.

¹⁶ Оползень на морском берегу Крестовой губы (Новая Земля) произошел вследствие таяния ископаемого льда (Киселев, 1941).

¹⁷ Первый ярус крупного трехъярусного оползня горы Бытха в Сочи образовался во время послекарангатской трансгрессии, т. е. около 70 тыс. лет назад (Витман, 1971), и продолжает смещаться вниз по склону до настоящего времени (Тер-Степанин, 1969). Первый ярус сложного трехъярусного оползня города Балчика в Болгарии образован крупными блоками, которые начали отрываться от края Добруджанского плато, вероятно, около 12 тыс. лет назад и с тех пор смещаются к морю с увеличивающейся скоростью (Каменов и др., 1971). На формировании современных оползней ущелья р. Раздан в Ереване сказываются некоторые особенности, связанные с погребенными оползнями верхнеплиоценового времени.

¹⁸ Вчера — отстойник на химическом заводе, сегодня — оползень на обогатительной фабрике, завтра — литейный цех на механическом заводе — вот обычная практика таких институтов. Ведомственная разобщенность и «честь мундира» не позволяют привлекать к работе специалистов по оползням, работающих в других учреждениях, и они обычно встречаются с изыскателями и проектировщиками только в комиссиях по установлению причин оползня, т. е. у постели умирающего.

и рабочей силы. Процесс изысканий, проектирования и строительства иногда растягивается на несколько лет, в течение которых оползень продолжает развиваться. Поэтому нередко к началу строительства оползень далеко не тот, каким он был при установлении принципиальной схемы борьбы с ним¹⁹.

Противооползневые работы выполняются неспециализированными строительными организациями, иногда без авторского надзора и без наблюдений за ходом стабилизации оползня. По окончании этих работ оползень со всеми сооружениями передается хозяйственной организации для дальнейшей эксплуатации²⁰. Последняя не всегда правильно осуществляется, и тогда противооползневые сооружения разрушаются вследствие отсутствия надзора и текущего ремонта и могут даже превращаться в возбудителей оползневой деятельности²¹.

ПРИНЦИПЫ ОБСЕРВАЦИОННОГО МЕТОДА БОРЬБЫ С ОПОЛЗНЯМИ

Теоретическая основа обсервационного метода борьбы с оползнями — понятие о глубинной ползучести склонов; эта теория изложена в нескольких публикациях (Тер-Степанян, 1955, 1961; 1970а). Ее геологические и реологические предпосылки хорошо известны (Терцаги, 1958; Heim, 1932; Stini, 1952; Маслов, 1955; Шахунянц, 1944; Haefeli, 1953; Müller, 1955).

Тело склонов характеризуется особым напряженным состоянием; во многих случаях в них возникает зона, внутри которой напряжения недостаточны для быстрого разрушения (срез по поверхности скольжения), но достаточны для медленной деформации ползучести (перекатывание зоны ползучести). Интенсивность перекашивания, или глубинной ползучести, зависит от степени мобилизации сопротивления сдвигу. Решающее значение имеет оползневой баланс, т. е. соотношение сил, вызывающих оползание и ему сопротивляющихся. При изменении природной обстановки, любом техническом воздействии, осуществлении противооползневых мер и т. д. изменяется в ту или иную сторону и оползневой баланс. Ухудшение оползневого баланса, связанное с увеличением мобилизации сопротивления сдвигу, ведет к усилению глу-

¹⁹ Это очень важная специфическая особенность оползней. В большинстве других случаев строительной деятельности длительность перерыва между окончанием проектирования и началом строительства не играет роли.

²⁰ В решении Северо-Кавказского семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними, состоявшегося в мае 1960 г. в г. Ставрополе, среди недостатков борьбы с оползнями указываются: растягивание сроков строительства противооползневых сооружений на десятки лет, несоблюдение последовательности в осуществлении комплексов запроектированных противооползневых мероприятий, проектирование и осуществление противооползневых мероприятий без достаточных обоснований данными инженерно-геологических обследований, отсутствие авторского надзора со стороны проектных организаций и стационарных наблюдений во время изысканий, строительства и первых лет эксплуатации и, наконец, отсутствие надлежащего надзора и текущего содержания за противооползневыми сооружениями (Решение..., 1964а).

²¹ В резолюции Второго всесоюзного оползневого совещания в 1949 г. говорится, что противооползневые сооружения, вследствие отсутствия ухода, часто выходят из строя и вместо пользы причиняют лишь вред (Постановление..., 1949). За последующие 15 лет положение не изменилось и в решении Киевского совещания 1964 г. указывается, что «с оползнями борются только в аварийных случаях, часто без достаточного исследования и научного обоснования; следствием этого является во многих случаях малая эффективность противооползневых мероприятий и, в результате, разрушение территории, сооружений, нарушение нормальной эксплуатации железных и автомобильных дорог и осложнения при производстве строительных работ» (Решение..., 1964б). См. также у Родионова (1935) и Седельщикова (1936).

бинной ползучести склона; внешне это отражается на увеличении скорости деформации склона. Поэтому точные инструментальные наблюдения за смещением оползневых точек на поверхности склона и глубинные наблюдения в выработках дают объективное представление о состоянии оползневого баланса. Этим косвенным путем можно устанавливать влияние интенсивности различных оползнеобразующих факторов или оценивать эффективность противооползневых мер. Таким образом, изучение динамики склонов служит наиболее объективным методом для суждения о состоянии склона. Его использование лежит в основе обсервационного метода борьбы с оползнями.

Нет надобности, да и просто невозможно устранить действие всех оползнеобразующих причин; для стабилизации склонов достаточно изменить оползневой баланс таким образом, чтобы прекратилась глубинная ползучесть склона. Поэтому вопрос о «дозировании» противооползневых мер имеет решающее значение.

Во многих случаях целесообразно не возводить одновременно весь комплекс возможных противооползневых сооружений²², но осуществлять последовательную борьбу с оползнями. Она заключается в установлении механизма оползня, выделении основных причин его возникновения и последовательном осуществлении противооползневых мер, начиная с наиболее эффективных, включая оздоровительные меры²³ регулирующего и запретительного характера, с параллельным изучением хода затухания оползневого процесса. Конкретно обсервационный метод борьбы с оползнями состоит из следующих этапов.

1. Организация наблюдательной сети на оползне и ведение наблюдений с самого начала исследования оползня, для возможного увеличения длительности наблюдений за динамикой склона, и установление ее в состоянии «до начала борьбы с оползнем».

2. Детальные геологические, геоморфологические, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования на склоне, с акцентом на историю развития рельефа, формирование инженерно-геологических свойств грунтов и историю напряжений.

3. Изучение и картирование оползневых деформаций грунта, зданий и инженерных сооружений и анализ оползания путем построения годографов для определения механизма оползня; выявление основной причины оползания.

4. Установление содержания первоочередных противооползневых мер, типа и конструкции сооружений и оценка ожидаемого результата осуществления этих мер.

²² Нельзя всякое, затянувшееся во времени строительство противооползневых сооружений называть стадийной борьбой с оползнями. Н. Н. Федоровский и В. А. Нечаев (1964) отмечают, что «на одном участке Северокавказской железной дороги строительство противооползневых сооружений с большим разрывом во времени (2 — 3 года) резко снижало эффект борьбы с оползнями и нередко приводило к разрушению отдельных сооружений».

²³ Часто сравнительно дешевое, но своевременно осуществленное мероприятие, как например, ремонт водопровода или вывод застоявшихся вод, может оказать оздоровляющее действие, значительно превосходящее эффективность более дорогих мер, произведенных с опозданием. Так, простые канавы, устроенные на Ульяновском косогоре, оказались достаточными для защиты от оползней весной 1931 г.; там же, где не было канав, начались новые оползни (Рогозин, 1934). Защита трещин оползня плотина Эль-Капитан в шт. Калифорния канавами от попадания воды приостановила движение (Sill, 1947). Срочные меры по удалению дождевых вод во время сильного ливня 10 — 13 июня 1876 г. позволили спасти деревню Хердерн (кант. Тургау в Швейцарии) после того, как движение грунта уже началось и часть домов была разрушена (Heim, 1932).

5. Определение доступных пунктов на оползне, в которых ожидается изменение интенсивности того или иного оползнеобразующего фактора в результате проектируемых противооползневых мер; установление в этих пунктах измерительных устройств для ведения наблюдений и произведения измерений для установления состояния «до начала борьбы с оползнем».

6. Осуществление первоочередных противооползневых мер и параллельное ведение наблюдений за изменением интенсивности основного оползнеобразующего фактора (п. 5) и наблюдений за динамикой склона; цель наблюдений — выявить изменения, происходящие в результате борьбы с оползнем.

Если наблюдения покажут, что вскоре после начала осуществления первой очереди противооползневых мер действие предполагаемой причины оползня, например, давление в поровой воде, ослабевает и одновременно уменьшается скорость деформации склона, то естественно, что решение было правильным и его нужно довести до конца. Если действие предполагаемой причины удалось устранить, но скорость деформации не изменилась, то решение было недостаточным и следует пересмотреть содержание проекта противооползневых мер.

Для иллюстрации этих рассуждений рассмотрим следующий гипотетический случай.

1. *Предполагаемый механизм оползня.* Глубинная ползучесть склона вызывается чрезмерным повышением порового давления в оползневом теле.

2. *Противооползневые меры.* Для снятия гидравлического напора запроектирована сеть разгрузочных скважин, с помощью которых подземные воды спускаются в нижележащие террасовые отложения, имеющие свободный выход.

3. *Содержание наблюдений на склоне.* Гидрогеологические наблюдения на склоне во время изысканий проводились по сети гидравлических датчиков, заложенных в оползневое тело на различных глубинах для определения пьезометрического уровня в грунте. Одновременно велись инструментальные наблюдения за динамикой склона по сети поверхностных реперов.

4. *Результаты наблюдений во время изысканий.* Наблюдения за динамикой склона показали усиление глубинной ползучести склона в периоды поднятия пьезометрического уровня, объясняемое уменьшением эффективных напряжений в грунте.

5. *Результаты гидрогеологических наблюдений после осуществления противооползневых мер.* После устройства разгрузочных скважин пьезометрический уровень в оползневом теле резко снизился.

6. *Результаты наблюдений за динамикой склона и выводы об эффективности противооползневых сооружений.* Рассмотрим два случая:

а) скорость глубинной ползучести склона резко снизилась; отсюда следует, что механизм оползня установлен правильно и противооползневые меры соответствуют назначению; следует продолжать наблюдения за работой разгрузочных скважин и за динамикой склона, чтобы убедиться в его стабилизации. Если на склоне останутся небольшие участки, которые породолжают деформироваться, принять локальные меры борьбы, например, уположение склона.

б) скорость глубинной ползучести уменьшилась недостаточно и не замечается тенденции к ее существенному снижению; отсюда можно заключить, что механизм оползня установлен неправильно и остался невыявленным основной оползнеобразующий фактор, например, ста-

тическая неустойчивость вследствие подмыва берега рекой. Требуется дополнительное изучение оползня и пересмотр проектного решения.

Из вышеприведенного легко видеть те случаи, когда обсервационный метод борьбы с оползнями не должен применяться. Первый случай — когда оползень небольшого размера и механизм его однозначно и легко устанавливается; тогда можно сразу запроектировать и осуществить единственное решение. Второй случай — когда объект настолько важен в хозяйственном отношении или оползневая обстановка настолько опасна, что нельзя терять времени на поиски экономического решения и целесообразно сразу запроектировать и осуществить большой комплекс противооползневых сооружений, с риском, что некоторые из них окажутся излишними.

Специфическая область применения обсервационного метода борьбы с оползнями — крупные и упорные оползни, систематически находящиеся в фазе глубоинной ползучести, а временами и в катастрофической фазе, и даже целые оползневые районы, в которых осуществление комплексной одновременной борьбы с оползнями требует больших затрат времени и средств.

Обязательная предпосылка к осуществлению обсервационного метода борьбы с оползнями — систематическое, планомерное и целеустремленное руководство работами по исследованиям, проектированию, строительству и наблюдениям, выполняемое вполне квалифицированным лицом. Отсутствие такого руководителя приведет к дискредитированию идей обсервационного метода борьбы с оползнями.

Несомненно, что будущее в противооползневой деятельности именно в обсервационном методе борьбы с оползнями. От нас самих зависит приблизить это будущее.

ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ԴԵՄ ՊԱՅՔԱՐԻ ԴԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՍԿԶՐՈՒՆՔՆԵՐԸ

Պրոֆ. տեխն. գիտ. դոկտոր Գեորգ Տեր-Ստեփանյան

Ռեֆերատ. Համախոսողանքների դեմ պայքարը բարդ է համառ է, շատ թանկ է նստում և չնայած դրան, այնքան էլ արդյունավետ չէ: Հիմնական պատճառները սողանքների մեխանիզմի դիտելիքների անբավարար լինելն է և տարրեր հակասողանքային կառուցվածքների ոչ միշտ զնահատումը: Խոշոր և համառ սողանքների վրա նպատակաուղաց հակասողանքային գործունեության համար խորհուրդ է տրվում իրագործել պայքարի դիտական մեթոդը: Այդ կայանում է հաջորդական միջոցառումների կիրառման մեջ, սկսած ավելի էականներից և հիմնական սողանքադրացնող գործունեության գործունեության ինտենսիվության ու լանջի դինամիկայի գույքային գիտումներից, որը թույլ կտա զնահատել հակասողանքային միջոցառումների արդյունավետությունը: Նշվում են դեպքեր, երբ սողանքների դեմ պայքարը դիտական մեթոդով նպատակահարմար չէ:

Ն ա խ ա ր ա ճ

Սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդը կայանում է հակասողանքային միջոցառումների հաջորդական կիրառման մեջ, սկսած առողջարարական և ամենաէականներից և հիմնական սողանքադրացնող գործունեության ինտենսիվության ու լանջի դինամիկայի գույքնային գիտումներից, որի նպատակն է որոշել հաջորդ միջոցառումների անցման անհրաժեշտությունը և դրանց կիրառման ժամանակը (Тер-Степанян, 1955, 1957):

Այդ գաղափարը հակասում է ընդունված պատկերացումներին և այս մեթոդը երբեք չէր օգտագործվել. միայն պատահականորեն, առանձին սողանքների վրա կիրառվում էր ոչ լրիվ միջոցառումների կոմպլեքսը և, այնուամենայնիվ, այն որոշակի հաջողություն էր բերում: Այս այն դեպքն էր, երբ աշխատանքները սկսվում էին ավելի էական միջոցառումներից և լանջի կայու-

նությունն ապահովելու համար շէր պահանջվում բոլոր սողանքագոյացնող գործոնների լրիվ վերացում:

Դիտական մեթոդի հիմունքները, նրա կիրառման օրինակների հետ, շարադրվել են պրոֆ. Կարլ Տերցագիի կողմից 1961 թ. (Терцаги, 1973):

Վերջին տարիների ընթացքում կարևոր իրադարձություն էր պրոֆ. Ռալֆ Պեկի 1969 թ. Բրիտանական Գեոտեխնիկական ընկերության առջև կարդացված Ռենկինյան իններորդ դասախոսությունը (Пек, 1971): Այդ դասախոսության թեման՝ կիրառական գրունտների մեխանիկայում դիտական մեթոդի առավելությունները և սահմանափակումները ուղղակի առնչվելու են ընկերության մեթոդի մի ձևը և անխզելիորեն կապված է հակասողանքային պայքարի էֆեկտիվության դիտումների հետ: Հոգնվածի նպատակն է մասնագետների ուշադրությունը հրավիրել այն կարևոր առավելությունների վրա, որն ընձեռում է սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդը և ուրվագծել այն սահմանափակումները, որոնք կապված են այս մեթոդի կիրառման հետ: Պրոֆ. Պեկի գալուստյունն ունեցող վիճակը

Հետևյալ դրույթները կարող են համարվել անվիճելի:

1. Սողանքային երևույթները լայնորեն տարածված են աշխարհի բազմաթիվ երկրներում. սողանքների տարածման վայրը զարմանալիորեն համընկնում է մարդկային գործունեության զարգացման շրջանների հետ: Բազմաթիվ արդյունաբերական շրջաններ և գեղատեսիլ հանգստավայրեր ընկած են սողանքային վայրերում:

2. Շատ դեպքերում սողանքները և փլվածքներն առաջանում են մարդկային գործունեության հետևանքով: Բազմաթիվ օրինակներ են հայտնի, որոնք ցույց են տալիս մարդու կործանարար ներգործությունը բնության վրա: Սողանքային երևույթների ընդհանուր ուժեղացումը զարգացած երկրներում տեխնիկայի և գյուղատնտեսական գործունեության անգիտակից կիրառման կործանարար հետևանքն է:

3. Սողանքները և փլվածքները ավելանում են տեխնիկայի հետագա առաջադիմությանը զուգընթաց: Դա ակնհայտ է շինարարության բոլոր ասպարեզներում՝ արդյունաբերական, ճանապարհային, քաղաքացիական, հիդրոտեխնիկական և այլն: Հողային աշխատանքների մեքենայացումը մատչելի է դարձնում ապարների հսկա զանգվածների տեղաշարժումը, որը նպաստում է ստատիկական պայմանների փոփոխությանը:

4. Երբ հողի գինը թերագնահատվում է (կամ բոլորովին հաշվի չի առնվում) սողանքներ առաջացնելու ռիսկը վճարվում է միայն կառուցվածքների փոխադրման ծախսով:

Փլվածքները և սելավային հոսքերն իրենցից ներկայացնում են դիսկրետ երևույթներ, իսկ հողահոսքերը և սողանքները պետք է համարվեն անընդմեջ երևույթներ, քանի որ լրիվ անշարժ և արագորեն տեղաշարժվող հողային զանգվածների միջև գոյություն ունի վիճակների անընդմեջ շարք, որը բնութագրվում է սողունության տարբեր և ժամանակավոր փոփոխվող արագություններով, լանջերի խորքային սողը լայնորեն տարածված է լեռնային երկրներում, որտեղ բոլորովին կայուն բազմաթիվ լանջեր ենթարկվում են շատ դանդաղ ձևափոխությունների: Ահա թե ինչու լանջի ձևափոխության վերացմանը կարելի է հասնել շատ դժվարություններով, և սողանքների դեմ պայքարը շատ դեպքերում երկարատև ու համառ է:

Սողանքների մեխանիզմի անբավարար գիտելիքն այդ անարդյունավետության հիմնական պատճառներից մեկն է: Սողանքային հետազոտությունների և նրանց դեմ պայքարի փորձը մնում է դեռևս ոչ լրիվ վերլուծված: Սողունության պրոցեսի տեսությունը կարիք ունի հետագա զարգացման: Սողանքների մեխանիզմի անբավարար գիտելիքն դժվարացնում է ի հայտ բերել հիմնական սողանքագոյացնող գործոնների բնույթը և ստիպում է գերազանահատել ոչ հիմնական հատկանիշների այլև, նույնիսկ, պատահական համընկնումների նշանակությունը: Էական գործոնները երկրորդականից բաժա-

ներ չկարողանալը և նրանցից ամեն մեկի դերի ոչ բավարար պատ-
ցումը, սողանքի հետազոտության փոխարեն տանում է դեպի սողուն-
հնարավոր պատճառների հայտնաբերում, իսկ սողանքների դեմ պա-
բոլոր գործոնների ազդեցության վերացում: Այդ իսկ պատճառով սողան-
քն պայքարի նախադեմը սովորաբար խճճված են, իսկ աշխատան-
քանկ և բրտնաջան:

Սողանքների դեմ բարենհաջող պայքարը այս պայմաններում, մի-
միլիոն ուրբու ծախսումով, համարվում է տեխնիկական հաջողություն
այն դեպքում, երբ սողանքի մեխանիզմը ճիշտ է գնահատվում: Սողա-
նաբանությունը գործոնների և սողանքային երևույթների միջև եղած կապը
դեպքերում հեշտ է հայտնաբերվում հատկապես սկզբնական սողան-
նկատմամբ: Խոշոր և հին սողանքների ուսումնասիրության ժամանակ
դեպքերում հակադիր հայացքներ իրար են բախվում: Իրական սողանք-
յացությունը գործոնները կարող են բոլորովին տարբեր լինել և որոշ դեպք-
այնքան անսպասելի, ինչպես, օրինակ՝ գրունտի սառցակալումը, սիֆոն
ծծանցումը, ուժեղ երաշտը կամ թաղված սառույցի հալումը: Առանձին
դժվար է ի հայտ բերել բաղմահարկ կամ ժառանգված սողանքների մե-
խիզմը, որտեղ պարեռաշխարհագրական վերակառուցումները նույնպես
հրաժեշտ են:

Երկրորդ կարևոր պատճառն է շինարարության այլ ոլորտում օգտա-
վող մեթոդների մեխանիկական փոխանցումը հակասողանքային պայ-
մեջ: Հակասողանքային պայքարի նախագծերը սովորաբար կազմվում են
կու փուլով՝ ինժեներա-երկրաբանական ուսումնասիրության սխեմայի
մոմով և մանրամասն ինժեներա-երկրաբանական հետազոտության տե-
կական նախագծի հիման վրա: Հետազոտությունները և նախագծումները
տարվում են ոչ-մասնագիտական հիմնարկների կողմից: Այս նախա-
րատական աշխատանքները ավարտելուց, նախագծի հաստատումից և
ջոցներ հատկացնելուց հետո միայն անցնում են նախագծի իրագործման
Այս պրոցեսը կարող է ձգձգվել մի քանի տարով: Սողանքը շարունակու-
ղարգանալ այդ ժամանակամիջոցում և շինարարական աշխատանք-
սկզբին սողանքը բոլորովին փոխված է լինում: Հակասողանքային աշ-
խատանքների կատարվում են ոչ-մասնագիտական շինարարական կազմա-
և առանց սողանքի կայունացման ընթացքի դիտումների: Այս աշխատա-
ներն ավարտելուց հետո սողանքն իր բոլոր կառույցներով հանձնվում է տ-
տեսական կազմակերպություններին հետագա գործողությունների համ-
որը հաճախ ճիշտ չի կատարվում:

Սողանքների դեմ պայքարի դիաական մեթոդի սկզբունքները

Լանջերի խորքային սողը հասկացությունը կազմում է սողանքների
պայքարի դիտական մեթոդի տեսական հիմքը: Այս տեսությունը և նրա ե-
րաբանական ու ռեզոգիական նախադրյալները հանրահայտ են (He-
1932; Терцаги, 1958; Stini, 1952; Шахунянц, 1944; Haefili, 1953; Müll-
1955; Маслов, 1955; Тер-Степанян, 1955, 1961; Տեր-Ստեփանյան, 1961):
Լանջերի մարմինը բնութագրվում է հատուկ լարվածային վիճակով, շատ դե-
քերում մի գոտի է ստեղծվում, որտեղ լարումները բավարար չեն արագ փ-
զում առաջացնելու համար (սահբ սահեցման մակերևույթի երկարությամբ
բայց բավական են դանդաղ ձևափոխությունների կամ սողի առաջացմ-
համար (սողքային գոտու աղճատում): Խորքային սողի արձատման ինտե-
սիվությունը կախված է սահբի դիմադրության մոբիլիզացման աստիճանի
Սողունության բալանսը փոխվում է բնական պայմաններից կամ տեխնիկա-
կան միջամտությունից կախված: Սողունության բալանսի վատթարացմա-
արդյունքն է սահբի դիմադրության մոբիլիզացիայի աճը և խորքային սող-
ուժեղացումը: Այն տանում է դեպի ձևափոխության արագության աճ: Այդ իս-
պատճառով սողունության բալանսի ճիշտ հասկացության կարևոր է հասն-

ստողանքային կետերի տեղաշարժման ճշգրիտ ուսումնասիրությունից հետո
ամիսը: Այսպիսով լանջի դինամիկայի ուսումնասիրությունը լանջի վիճակի
ընթացքի դատողության օբյեկտիվ միջոց է: Նրա օգտագործումը կազմում է սո-
ղանքանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդի հիմքը:

Բոլոր սողանքագոյացնող գործոնների ազդեցության վերացումը անհրա-
ժեշտ չէ և պարզապես անկարելի է: Լանջի կայունացման համար բավական
էն/է փոխել սողունության բաղանդը այն չափով, որը բավական կլինի կանգնեց-
նելու խորքային սողքը:

Սողանքների դեմ պայքարը դիտական մեթոդով կազմված է հետևյալ
աշտարիերից:

1. Սողանքների վրա դիտական ցանցի կազմակերպում և լանջի դինամի-
կայի սխեմատիկ դիտումներ «սողանքների դեմ պայքարից առաջ» վիճակի
հաստատման համար:

2. Մանրամասն երկրաբանական, գեոմորֆոլոգիական, հիդրոերկրաբա-
նական և ինժեներա-երկրաբանական դիտումներ լանջի վրա, շեշտը դնելով
ոսկիների զարգացման պատմության, գրունտների ինժեներա-երկրաբանական
հատկությունների կաղավաղման և լարումների պատմության վրա:

3. Գրունտների և կառուցվածքների ձևափոխությունների ուսումնասիրու-
թյուն ու քարտեզագրում և սողունության հողագործների վերլուծում՝ սողանք-
ների մեխանիզմի որոշման համար. սողունության հիմնական պատճառի բա-
ցահայտում:

4. Սողանքների դեմ պայքարի ամենաարդյունավետ միջոցների ընտրու-
թյուն, շինությունների տիպի և կոնստրուկցիայի որոշում և սպասվող ար-
դյունքների գուշակում:

5. Սողանքների վրա մատչելի կետերի որոշում, որտեղ սպասվում է այս
կամ այն սողանքագոյացնող գործոնի ինտենսիվության փոփոխություն, որ-
պես հակասողանքային միջոցառումների արդյունք. այս կետերում չափիչ
գործիքների տեղադրում «սողանքների դեմ պայքարից առաջ» վիճակի որոշ-
ման և չափումների համար:

6. Առաջնահերթ հակասողանքային միջոցառումների իրականացում և
միաժամանակ հիմնական սողանքագոյացնող գործոնի ինտենսիվության և
լանջի դինամիկայի դիտումներ: Ձևափոխության արագության իջեցումը ցույց
կտա, որ հակասողանքային միջոցառումները ճիշտ էր ընտրված և այն պետք
է շարունակել, եթե ոչ՝ նշանակում է, որ հակասողանքային միջոցառումները
բավարար չեն և նախագիծը պետք է վերանայվի:

Վերահիշյալ դատողությունների լուսաբանման համար քննարկենք հետե-
յալ ենթադրական դեպքերը:

1. Սողանքի ենթադրվող մեխանիզմը: Լանջի խորքային սողքը առաջա-
նում է սողանքի մարմնում ծակոտկենային ճնշման չափազանց բարձրացման
հետևանքով:

2. Հակասողանքային միջոցառումներ: Նախագծվում է ճնշաչափ ջրհոր-
ների ցանց, որպեսզի ստորերկրյա ջրերը հնարավորություն ունենան իջնելու
դեպի ալելի ներքև գտնվող դարատափային կուտակումները, որոնք ունեն
ազատ ելք:

3. Լանջերի դիտումների բովանդակությունը: Դիտումները կատարվում
էին սողանքի մարմնում տարբեր խորությունների վրա տեղադրված հիդրավ-
լիկ պլեդոմետրների ցանցի վրա: Գետնում պլեդոմետրիկ մակարդակի որոշ-
ման համար լանջի դինամիկայի դիտումներ էին կատարվում՝ օգտագործելով
սողանքային կետերի ցանցը:

4. Դիտումների արդյունքները հետազոտությունների ընթացքում: Պլեդո-
մետրիկ մակարդակի բարձրացման ժամանակաշրջանում լանջի դինամիկայի
դիտումները ցույց տվեցին լանջի խորքային սողքի աճ, որը բացատրվում էր
գրունտում էֆեկտիվ լարումների նվազեցմամբ:

5. Հիդրոերկրաբանական դիտումների արդյունքները հակասողանքային

ներ չկարողանալը և նրանցից ամեն մեկի դերի ոչ բավարար պատկերացումը, սողանքի հետազոտության փոխարեն տանում է դեպի սողունության հնարավոր պատճառների հայտնաբերում, իսկ սողանքների դեմ պայքարը՝ բոլոր գործոնների ազդեցության վերացում: Այդ իսկ պատճառով սողանքների դեմ պայքարի նախադժեբը սովորաբար խճճված են, իսկ աշխատանքները՝ քանկ և քրտնաջան:

Սողանքների դեմ բարենհաջող պայքարը այս պայմաններում, մի քանի միլիոն ուրբու ծախսումով, համարվում է տեխնիկական հաջողություն: Այսպիսի դեպքում, երբ սողանքի մեխանիզմը ճիշտ է գնահատվում: Սողանքագոյացնող գործոնների և սողանքային երևույթների միջև եղած կապը որոշ դեպքերում հեշտ է հայտնաբերվում հատկապես սկզբնական սողանքների նկատմամբ. խոշոր և հին սողանքների ուսումնասիրության ժամանակ որոշ դեպքերում հակադիր հայացքներ իրար են բխվում: Իրական սողանքագոյացնող գործոնները կարող են բոլորովին տարբեր լինել և որոշ դեպքերում այնքան անսպասելի, ինչպես, օրինակ՝ գրունտի սառցակալումը, սիֆոնային ծծանցումը, ուժեղ երաշտը. կամ թաղված սառույցի հալումը: Առանձնապես դժվար է ի հայտ բերել բազմահարկ կամ ժառանգված սողանքների մեխանիզմը, որտեղ պալեոաշխարհագրական վերակառուցումները նույնպես անհրաժեշտ են:

Երկրորդ կարևոր պատճառն է շինարարության այլ ոլորտում օգտագործվող մեթոդների մեխանիկական փոխանցումը հակասողանքային պայքարի մեջ: Հակասողանքային պայքարի նախագծերը սովորաբար կազմվում են երկու փուլով՝ ինժեներա-երկրաբանական ուսումնասիրության սխեմայի կազմումով և մանրամասն ինժեներա-երկրաբանական հետազոտության տեխնիկական նախագծի հիման վրա: Հետազոտությունները և նախագծումները կատարվում են ոչ-մասնագիտական հիմնարկների կողմից: Այս նախադասությունն աշխատանքները ավարտելուց, նախագծի հաստատումից և միջոցներ հատկացնելուց հետո միայն անցնում են նախագծի իրագործմանը: Այս պրոցեսը կարող է ձգձգվել մի քանի տարով: Սողանքը շարունակում է զարգանալ այդ ժամանակամիջոցում և շինարարական աշխատանքների սկզբին սողանքը բոլորովին փոխված է լինում: Հակասողանքային աշխատանքները կատարվում են ոչ-մասնագիտական շինարարական կազմակերպությունների կողմից, որոշ դեպքերում առանց հեղինակային հսկողության և առանց սողանքի կայունացման ընթացքի դիտումների: Այս աշխատանքներն ավարտելուց հետո սողանքն իր բոլոր կառույցներով հանձնվում է տրետեսական կազմակերպություններին հետագա գործողությունների համար, որը հաճախ ճիշտ չի կատարվում:

Սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդի սկզբունքներ

Լանջերի խորքային սողք հասկացությունը կազմում է սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդի տեսական հիմքը: Այս տեսությունը և նրա երկրաբանական ու ռեոլոգիական նախադրյալները հանրահայտ են (Heim, 1932; Терцаги, 1958; Stini, 1952; Шахунянц, 1944; Haefili, 1953; Müller, 1955; Маслов, 1955; Тер-Степанян, 1955, 1961; Տեր-Ստեփանյան, 1965), Լանջերի մարմինը բնութագրվում է հատուկ լարվածային վիճակով, շատ դեպքերում մի գոտի է ստեղծվում, որտեղ լարումները բավարար չեն արագ փլուզում առաջացնելու համար (սահք սահեցման մակերևութի երկարությամբ), բայց բավական են դանդաղ ձևափոխությունների կամ սողքի առաջացման համար (սողքային գոտու աղճատում): Խորքային սողքի աղճատման ինտենսիվությունը կախված է սահքի դիմադրության մոբիլիզացման աստիճանից: Սողունության բալանսը փոխվում է բնական պայմաններից կամ տեխնիկական միջամտությունից կախված: Սողունության բալանսի վատթարացման արդյունքն է սահքի դիմադրության մոբիլիզացիայի աճը և խորքային սողքի ուժեղացումը: Այն տանում է դեպի ձևափոխության արագության աճ: Այդ իսկ պատճառով սողունության բալանսի ճիշտ հասկացության կարելի է հասնել

սողանքային կետերի տեղաշարժման ճշգրիտ ուսումնասիրությունից հետո միայն: Այսպիսով լանջի դինամիկայի ուսումնասիրությունը լանջի վիճակի մասին դատողության օբյեկտիվ միջոց է: Նրա օգտագործումը կազմում է սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդի հիմքը:

Բոլոր սողանքագոյացնող գործոնների ազդեցության վերացումը անհրաժեշտ չէ և պարզապես անկարելի է: Լանջի կայունացման համար բավական է փոխել սողունության բալանսը այն չափով, որը բավական կլինի կանգնեցնել խորքային սողքը:

Սողանքների դեմ պայքարը դիտական մեթոդով կազմված է հետևյալ տարրերից:

1. Սողանքների վրա դիտական ցանցի կազմակերպում և լանջի դինամիկայի սիստեմատիկ դիտումներ «սողանքների դեմ պայքարից առաջ» վիճակի հաստատման համար:

2. Մանրամասն երկրաբանական, գեոմորֆոլոգիական, հիդրոեկրաբանական և ինժեներա-երկրաբանական դիտումներ լանջի վրա, շեշտը դնելով ունիվերսալ դարգացման պատմության, գրունտների ինժեներա-երկրաբանական հատկությունների կազմավորման և լարումների պատմության վրա:

3. Գրունտների և կառուցվածքների ձևափոխությունների ուսումնասիրություն ու քարտեզագրում և սողունության հողգործային վերլուծում՝ սողանքների մեխանիզմի որոշման համար. սողունության հիմնական պատճառի բացահայտում:

4. Սողանքների դեմ պայքարի ամենաարդյունավետ միջոցների ընտրություն, շինությունների տիպի և կոնստրուկցիայի որոշում և սպասվող արդյունքների գուշակում:

5. Սողանքների վրա մատչելի կետերի որոշում, որտեղ սպասվում է այս կամ այն սողանքագոյացնող գործոնի ինտենսիվության փոփոխություն, որպես հակասողանքային միջոցառումների արդյունք. այս կետերում չափիչ գործիքների տեղադրում «սողանքների դեմ պայքարից առաջ» վիճակի որոշման և չափումների համար:

6. Առաջնահերթ հակասողանքային միջոցառումների իրականացում և միաժամանակ հիմնական սողանքագոյացնող գործոնի ինտենսիվության և լանջի դինամիկայի դիտումներ: Ձևափոխության արագության իջեցումը ցույց կտա, որ հակասողանքային միջոցառումները ճիշտ էր ընտրված և այն պետք է շարունակվի, եթե ոչ՝ նշանակում է, որ հակասողանքային միջոցառումները բավարար չեն և նախագիծը պետք է վերանայվի:

Վերահիշյալ դատողությունների լուսարանման համար քննարկենք հետևյալ ենթադրական դեպքերը:

1. Սողանքի ենթադրվող մեխանիզմը: Լանջի խորքային սողքը առաջանում է սողանքի մարմնում ծակոտկենային ճնշման չափազանց բարձրացման հետևանքով:

2. Հակասողանքային միջոցառումներ: Նախագծվում է ճնշաչափ ջրհորների ցանց, որպեսզի ստորերկրյա ջրերը հնարավորություն ունենան իջնելու դեպի ավելի ներքև գտնվող դարատափային կուտակումները, որոնք ունեն ազատ ելք:

3. Լանջերի դիտումների բովանդակությունը: Դիտումները կատարվում էին սողանքի մարմնում տարբեր խորությունների վրա տեղադրված հիդրավլիկ պնեոմետրների ցանցի վրա: Գետնում պնեոմետրիկ մակարդակի որոշման համար լանջի դինամիկայի դիտումներ էին կատարվում՝ օգտագործելով սողանքային կետերի ցանցը:

4. Դիտումների արդյունքները հետազոտությունների ընթացքում: Պնեոմետրիկ մակարդակի բարձրացման ժամանակաշրջանում լանջի դինամիկայի դիտումները ցույց տվեցին լանջի խորքային սողքի աճ, որը բացատրվում էր գրունտում է ֆիկտիվ լարումների նվազեցմամբ:

5. Հիդրոեկրաբանական դիտումների արդյունքները հակասողանքային

միջոցառումների կենսագործումից հետո: Ճնշաչափ ջրհորների տեղագրումից հետո սողանքի մարմնում պլեզոմետրիկ մակարդակը խիստ իջավ:

6. Լանջի դինամիկայի դիտումների արդյունքները և հակասողաճախին պայքարի արդյունավետության մասին եզրակացություններ

Քննարկվում է երկու դեպք

ա) Լանջի խորքային սողքի արագությունը խիստ կերպով իջել է. այստեղից էլ հետևում է, որ սողանքի մեխանիզմը ձիշտ է որոշվել և հակասողանքային միջոցառումները համապատասխանում են նպատակին: Համոզվելու համար, որ սողանքը կայունացել է, ճնշաչափ ջրհորների և լանջի դինամիկայի դիտումները պետք է շարունակվեն: Եթե լանջի վրա կմնան ոչ մեծ հատվածներ, որոնք շարունակում են ենթարկվել ձևափոխության, ապա հարկավոր է պայքարի տեղական միջոցառումներ ձեռք առնել, օրինակ՝ լանջի թեթևության նվազեցումը:

բ) Խորքային սողքի արագությունը ոչ բավականին է իջել և նրա էական իջեցման միտում չի էլ նկատվում. այստեղից էլ հետևում է, որ սողանքի մեխանիզմը ձիշտ չի որոշվել և հիմնական սողանքագոյացնող գործոնը՝ օրինակ, զետախին էրոզիայի հետևանքով, ափի ենթակտրում և լանջի ստատիկ անկայունությունը մնում է հայտնաբերված: Հարկավոր է սողանքի լրացուցիչ ուսումնասիրություն և նախագծի վերանայում:

Սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդի սահմանափակումները

Երկու դեպք կա, երբ սողանքների դեմ պայքարը դիտական մեթոդով չպետք է օգտագործվի: Առաջինը, երբ սողանքը մեծ չէ և նրա մեխանիզմը հեշտությամբ է բացահայտվում. հարկավոր է անմիջապես նախագծել և իրագործել միակ լուծումը: Երկրորդը, երբ օբյեկտը տնտեսական տեսակետից այնքան կարևոր է և սողանքային իրադրությունը այնքան վտանգավոր, որ էժանագին որոշում գտնելու վրա ժամանակ չպետք է վատնել: Հարկավոր է անմիջապես նախագծել և իրականացնել հակասողանքային միջոցառումների մի ամբողջ կոմպլեքս ուսկի դիմելով, որ նրանցից մի քանիսը կարող են ավելորդ լինել:

Սողանքների դեմ պայքարի դիտական մեթոդով կիրառման առանձնահատուկ ոլորտն են խոշոր և համառ սողանքները, որոնք սիստեմատիկաբար դտնվում են խորքային սողքի փուլում, իսկ ժամանակավորապես՝ աղետալի փուլում, որտեղ սողանքների դեմ պայքարի սովորական մեթոդները պահանջում են միջոցների, աշխատանքի և ժամանակի շատ մեծ ծախսում: Շատ կարևոր է, որ սողանքների դեմ դիտական մեթոդով պայքարի հետ կապված աշխատանքները (հետազոտություն, նախագծում, դիտումներ) կատարվեն այդ ասպարեզին պատկանող որակյալ մասնագետների հսկողության տակ: Հակառակ դեպքում նման ձևի պայքարի գաղափարը կլինի անխոհեմ:

PRINCIPLES OF THE OBSERVATIONAL METHOD OF LANDSLIDE CONTROL

GEORGE TER-STEPANIAN, Prof., Dr. Sc. (Eng.)¹

SYNOPSIS. Landslide control in many cases is complicated, costly and of little effect. Inadequate knowledge of landslide mechanism and inexact estimation of the role of different landslide controlling constructions are the principal causes. To rationalize preventive activity landslide correction by the observational method is advised to be carried out on big and persistent landslides. The procedure consists in the successive application of corrective measures top priority being given to the most essential ones. Simultaneously observations on the intensity of the principal landslide-producing factors and the slope dynamics are conducted, to make an estimation of the effectiveness of landslide control. Cases are indicated when the landslide control by the observational method is not expedient.

¹ Head, Laboratory of Geomechanics, Armenian Academy of Sciences.

Introduction

Landslide control by stages comprises the successive application of corrective measures starting with sanitation and other essential measures conducting at the same time observations on the intensity of the principal landslide-producing factors and the slope dynamics in order to determine the necessity of transition to the subsequent measures and the time of their conduction; this method was suggested by the Author in 1955 (Тер-Степанян, 1955, 1957). The idea of landslide control by stages is at variance with routine conceptions and the method as such has never been used; however sometimes not the entire set of measures has been implemented on separate landslides and nevertheless some success has been achieved. This was the case when the essential measures were given top priority and therefore slope stabilization did not require total elimination of all landslide-producing factors.

Fundamentals of the observational method with examples of its application were set forth by Prof. Karl Terzaghi (1961). Ninth Rankine lecture read by Prof. Ralph B. Peck (1969) before the British Geotechnical Society marked a major event in recent years. Its topic—advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics bears a direct relation to the problem since landslide control by stages is one kind of the observational method, and is indissolubly linked with observations on the effectiveness of landslide control. The objective of the present paper is to draw the attention of experts to the important advantages provided by the observational method of the landslide control² and to outline the limitations relating to the application of this method.

Existing state of the problem

The following points may be considered as indisputable.

1. Landslide phenomena are widespread in many countries of the world; the area of landslide spreading strikingly coincides with territories where human activities develop. Most industrial regions and picturesque resorts in our country are enveloped by landslides.

2. Landslides and landfalls in many cases are caused by human activity. Instances of the destructive influence of man on the nature are well-known; general intensification of landslide phenomena in developed countries is one of the most disastrous consequences of unreasonable technical and agronomical activity.

3. Landfalls and landslides tend to increase with the subsequent technical development. This is noticeable in all branches of construction (hyrotechnical, industrial, housing, road, etc.). Mechanized earthwork paves the way to the displacement of huge masses of rocks and therefore affects the stability conditions.

4. When the cost of land is underestimated (or left out of account) the risk of sliding is paid only by the cost of transferring the constructions to another site.

While landfalls and mudflows are discrete phenomena, landslides and earthflows should be considered as continuous since a set of states exists between absolutely immovable and rapidly displacing earth masses that are characterized by different and changeable rates of creep. Depth creep of slopes is a widespread phenomenon in mountainous countries, where many quite stable slopes reveal very slow deformations. That is

² For the sake of terminological uniformity we have substituted the term „observational method of landslide control“ for the term „landslide control by stages“.

why total elimination of slope deformation is hard to achieve, and landslide control in many cases is prolonged and persistent.

Extensive experience of landslide investigation and landslide control remains as not fully analyzed. The theory of the sliding process needs elaboration. Inadequate knowledge of landslide mechanism is one of the principal causes of this ineffectiveness; it is an obstacle in revealing the nature of the main landslide-producing factors and may lead to an overestimation of the significance of some unimportant features and even casual coincidences. Inability to distinguish the essential factors from secondary ones and an inadequate notion of the role of each of them confines landslide investigation to the discovery of possible causes of sliding, and landslide control—to the elimination of the influence of all these factors. Therefore the projects or landslide control are usually complicated while the works are expensive and labour-consuming. Successful landslide control in such conditions incurring the expenses of several million roubles is regarded an achievement in engineering. This is the case when the landslide mechanism is properly estimated. The relation between landslide-producing factors and landslide phenomena is easily discovered in some cases, especially when primary landslides are considered; the study of large old landslides arouses conflicting views. Real landslide-producing factors may be very diverse and sometimes quite unexpected such as the freezing of soil, siphon seepage, heavy drought or the thawing of fossil ice. The discovery of the mechanism of multi-storied or inherited landslides that require paleogeographic reconstruction is particularly complicated.

Mechanical transference of methods used in other spheres of construction into landslide control is another important cause. Projects of landslide control are usually made in two stages: engineering-geological exploration together with a drawing up of a scheme and detailed engineering-geological investigation including the making up of a technical design. Investigation and designing are carried out by non-specialized institutions. The design is made only when all preparatory work comes to an end, the design is approved and the allocations are assigned. This process may drag on for several years. In the meantime the landslide continues to develop, with the result that when the construction is undertaken the landslide has already undergone substantial changes. Landslide control is carried out by non-specialized building organizations, sometimes even without the author's supervision nor with observations on the course of stabilization. Upon completion of those works the landslide together with the constructions is handed over to an economic organization for further operations; however in most cases they are not carried out in the right direction. As a result the constructions are destroyed through the lack of supervision and maintenance; they may even join the list of stimulants of landslide activity.

Principles of the observational method of landslide control.

The conception of depth creep of slopes is the theoretical basis of the observational method of landslide control. This theory and its geological and theological premises are well known (Heim, 1932; Шахуняц, 1944; Terzaghi, 1950; Stini, 1952; Haefeli, 1953; Müller, 1955; Маслов, 1955; Тер-Степанян, 1955; Ter-Stepanian, 1963). The theory may be summarized as follows.

The body of slopes is characterized by a special stress state; in many cases a zone emerges where the stresses are not sufficient for a rapid collapse (shear along a surface of sliding), but they are adequate for

slow deformations or creep (distortion of creep zone). The intensity of distortion of the depth creep zone depends on the degree of shear strength mobilization. The sliding balance alters by a change of the natural conditions or by technical intervention. Aggravation of the sliding balance results in an increase of the shear strength mobilization and in the intensification of the depth creep of slopes; this leads to an increase of the deformation rate. Therefore a true notion of the state of the sliding balance may be obtained by means of precise observations of the displacement of landslide points. Thus the study of the slope dynamics forms an objective means for the judgement of the state of the slope. Its use constitutes the basis of the observational method of landslide control.

A total elimination of the influence of all landslide-producing factors is unnecessary and simply impossible; it is sufficient to alter the sliding balance for the slope stabilization to a degree necessary to stop the depth creep.

The observational method of landslide control consists of the following elements.

1. Organization of the observational net on the landslide and systematic observations of the slope dynamics with a view to establish its state «before the landslide control».

2. Detailed geological, geomorphological, hydrogeological and engineering-geological studies on the slope with emphasis on the history of relief development, formation of the engineering-geological properties of soils and stress history.

3. Study and mapping of the landslide deformation of soils and constructions, and analysis of sliding hodographs to determine landslide mechanism, revealing the main cause of sliding.

4. Choice of the most effective means of landslide control, type and structure of constructions and forecast of the suggested results.

5. Localization of the available points on the landslide where a change in the intensity of landslide-producing factors is expected as a result of landslide control; instrumentation of these points for measurements and determination of the state «before the landslide control».

6. The first stage landslide control simultaneously with observations on the intensity of the main landslide-producing factor and the slope dynamics. The decrease of the deformation rate of the slope will show that the landslide control was correct and it should be continued; otherwise it means that the control was insufficient and the project should be revised.

The following hypothetic case will illustrate the above considerations.

1. *Suggested mechanism of sliding.* Depth creep of slope is caused by an excess pore pressure in the landslide body.

2. *Landslide control.* A net of relief wells is planned to drain the groundwater into the underlying terrace accumulations which have a free outlet.

3. *Content of observations on slope.* Observations were carried out on a net of hydraulic piezometers installed in the sliding body on different depths to determine the piezometric level in the ground. Simultaneous observations on slope dynamics were made using a net of landslide points.

4. *Results of observations during investigations.* Observations on slope dynamics have shown a certain increase of depth creep in periods of rise of the piezometric level which was explained by a decrease of effective stresses in soil.

5. *Results of hydrogeological observations following landslide control.* The piezometric level in the landslide body was sharply reduced after the installation of relief wells.

6. *Results of observations on slope dynamics and conclusion about the efficiency of landslide control.* Two cases are considered:

a) The depth creep rate was sharply decreased; it follows that the landslide mechanism was correctly determined and landslide control had served its purpose. Observations on relief wells and slope dynamics should be continued until an assurance for landslide stabilization is obtained. If small portions on the slope continue to deform, local measures should be taken such as the treatment of the slope shape.

b) The depth creep was reduced insufficiently and no appreciable tendency for its decrease has been noticed; it follows that the landslide mechanism was incorrectly determined and the main landslide-producing factor remains unrevealed, e. g. the static instability of the slope is due to an undercutting of the bank by river erosion. Additional study of the landslide and revision of the project are required.

Limitations of the observational method of landslide control

There are two cases when the observational method of landslide control should not be applied. Firstly, when the landslide is small and its mechanism is readily determinable; a single decision should be planned and carried out. Secondly, when the landslide is economically too important or when the situation is so dangerous that time should not be lost for an inexpensive project; it is expedient to map and carry out an enlarged landslide control running the risk that some measures might prove excessive.

A specific sphere of the application of the observational method are the big and persistent landslides which are systematically in a depth creep phase and at times even in a catastrophic phase. Here the usual methods of landslide control take much time, labour and means.

It is very important that all works connected with the observational method of landslide control (investigation, projecting, construction and observations) should be carried out under supervision of properly qualified expert. Otherwise the idea of such control will fall short of the mark.

Գ Ր Ա Շ Ա Ն Ո Ւ Յ Ց Ո Ւ Ն — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- Сокращения: ТОС — Труды Первого всесоюзного совещания, ЦНИГРИ, Л.—М., Геолразведиздат, 1935; МКС — «Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними», Киев, Изд. Киевского университета, 1964; ТСС — «Оползни и борьба с ними», Труды Северо-Кавказского научно-производственного семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними, Ставрополь, Ставропольское книжное изд-во, 1964.
- Տեր-Ստեփանյան Գ., 1965. Լանդշերի խորքային սողորդի տեսության գրաբնութ. շուրջ ԳԱ «Տեղեկագիր», գիտությունների հրկրի մասին, հ. 18, № 1, 69—81.
- Бакиров А. А., 1935. Вопросы изучения оползней и борьба с ними в СССР. Проблемы советской геологии, 5(4):323—338.
- Витман В. П., 1971. Геологическая обстановка и условия образования оползней горы Бытха в Сочи. Проблемы геомеханики, Ереван, 5:123—146.
- Гельфер А. А., 1936. Причины и формы разрушения гидротехнических сооружений. Л.—М., ОНТИ.
- Гольдштейн М. Н., Туровская А. Я. и Лапидус Л. С., 1962. Исследование оползней течения. Сб. «Вопросы геотехники», ДИИТ, Днепродзержинск, 5:3—23.
- Джастин Дж., 1936. Земляные плотины. М.—Л., Гостройиздат.
- Дмоховский В. К., Зайцев В. К. и Сахарова М. П., 1947. К вопросу о методике проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна. Техника железных дорог, 12:19—20.
- Драников А. М., 1964. Противооползневые сооружения и мероприятия для защиты городской территории. МКС:42—56.
- Емельянова Е. П., 1953. О причинах и факторах оползневых процессов. Сб. ВСЕГИН-ГЕО «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», М., Гостеоллиздат: 67—81.
- Золотарев Г. С., 1959. Новые данные об оползнях Поволжья. В кн. «Опыт и методика

- изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ», ч. 1, М., Изд. МГУ, 105 — 142.
- Новов Б., Тер-Степанян Г. И., Илиев И., Симеонова Г. и Абрамова-Тачева Э., 1971. Механизм сложного трехъярусного оползня в Балчике, Болгария. Проблемы геомеханики, Ереван, 5:6 — 29.
- Оползнь в деревне Демерджи на южном берегу Крыма, 1894. Записки Крымского горного клуба, Одесса, в. 4, 127 — 128.
- Оползень О. Н., 1941. Некоторые данные по морфологии ископаемых ледников Крестовой губы. Изв. Всесоюз. геогр. общ., Л., 73(3):470 — 472.
- Оползень И. А., 1940. Борьба с оползнями и сплывами в районах с суровым климатом. В кн. К. С. Ордуянц, А. К. Чекалев и др. «Проектирование и возведение земляного полотна в особых условиях». М., Трансжелдориздат, 136 — 149.
- Оползень И. А., 1964. Оползни Северного Кавказа, их типы, условия образования и меры борьбы с ними. ТСС: 85 — 132.
- Оползень И. Б., Лоевко А. А. и Черевков В. А., 1964. Противооползневые сооружения и мероприятия на Южном берегу Крыма и некоторые данные для оценки их эффективности. МКС: 262 — 267.
- Оползень Н. Н., 1955. Условия устойчивости склонов и откосов в гидротехническом строительстве. М. — Л., Госэнергоиздат.
- Оползень Е. В. и Семенов М. П., под ред. 1935. Оползни Среднего и Нижнего Поволжья и меры борьбы с ними. М. — Л., ОНТИ.
- Оползень В. П., 1933. Оползневые явления на Южных железных дорогах. Сб. «Изучение оползневых явлений и борьба с ними». ЦУЕГМС УССР, Харьков, 18 — 20.
- Оползень Д. И., 1935. О возможной связи оползней Южного берега Крыма с его сейсмичностью. ТОС: 64 — 76.
- Оползень Д. и Погребов Н. Ф., 1924. Одесские оползни. Изв. Геол. Ком., 43(8):177 — 184.
- Оползень А. П., 1903. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья. Матер. позн. геол. строения Росс. имп., М., Изд. Моск. общ. испытат. прир., в. II. Статьи по геоморф. и прикл. геол., М., Изд. Моск. общ. испыт. прир., 1951, 90 — 126.
- Оползень Р. В., 1971. Преимущества и ограничения наблюдационного метода в прикладной механике грунтов. Проблемы геомеханики, Ереван, 5:30 — 57.
- Оползень Н. Ф., 1934. Об оползнях правого берега Днепра. Разведка недр, 2:19 — 21.
- Оползень Н. Ф., 1935. Сравнительная характеристика оползневых районов СССР. ТОС: 199 — 213.
- Оползень И. В., 1951. Инженерная геология. М., Госгеоллиздат.
- Оползень И. В., 1949. Второго всесоюзного оползневого совещания 1949. Сб. ВСЕГИНГЕО «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», 12:74 — 78.
- Оползень В. П., 1931. Об оползнях в селении Иеремиянт-Кари (Хеоба) Душетского района. Изв. Всесоюзного геологоразведочного объединения, М. — Л., 50(100): 1549 — 1551.
- Оползень И. В., 1964. Научно-производственный семинар по изучению оползней и опыту борьбы с ними на территории Северного Кавказа, 1964а, ТСС: 446 — 450.
- Оползень И. В., 1964б. Киевский инженерно-строительный ин-т.
- Оползень И. С., 1934. Оползни г. Ульяновска. Труды Первого Всесоюзного гидрогеол. съезда 1931 г. «Водные богатства на службу соц. строит.», т. 7, гидрогеол. и инж. геол., Л. — М., 91 — 101.
- Оползень И. С., 1961. Оползни Ульяновска и опыт борьбы с ними. М., Изд. АН СССР.
- Оползень И. С. и Киселева З. Т., 1965. Оползни Ульяновского и Сызранского побережья. М., «Наука».
- Оползень В. Е., 1935. Меры борьбы с оползнями в Азово-Черноморском крае. Труды первой Азово-Черномор. краевой геол. конф. 1934 г., т. IV, Инж. геол. и гидрогеол., Ростов-н-Д., Изд. Азчергеологии, 76 — 85.
- Оползень Г. С., 1935. Работа оползневой группы Закавказского института сооружений по изучению и борьбе с оползнями Закавказья. ТОС: 114 — 140.
- Оползень Ф. П., 1935. Опыт построения классификации оползней. ТОС: 29 — 37.
- Оползень Ф. П., 1939. Инженерная геология, II изд. М. — Л., ОНТИ.
- Оползень В. В., 1936. Мероприятия по борьбе с оползнями в районе Сочи-Мацестинского курорта. Геология на фронте индустриализации. 1—3, 74 — 78.
- Оползень Г. И., 1953. Об одном возможном пути фильтрации из водохранилищ. ДАН СССР, 91(4):923 — 925.
- Оползень Г. И., 1955. Глубинная ползучесть склонов и методы ее изучения. Автореф. докт. дис., Ереван.
- Оползень Г. И., 1957. О стадийной борьбе с оползнями. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, 10(3):59 — 65.
- Оползень Г. И., 1961. О длительной устойчивости склонов. Ереван, Изд. АН АрмССР.

- Тер-Степанян Г. И., 1969. О механизме многоярусных оползней. Труды к VII международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению, М., Госстройиздат, 190—199; Проблемы геомеханики, Ереван, 1970, 4:16—48.
- Тер-Степанян Г. И., 1970а. Современное состояние теории глубинной ползучести склонов. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 4:3—15.
- Тер-Степанян Г. И., 1970б. О механизме капиллярно-подвиженных вод и вискари горизонтов грунтовых вод. Проблемы геомеханики, Ереван, 4:63—85.
- Тер-Степанян Г. И. и Закеян В. В., 1970. Применение линейных засечек для наблюдения за смещением оползневых точек в очень тесных условиях местности. Проблемы геомеханики, Ереван, 4:107—114.
- Терцаги К., 1958. Механизм оползней. Сб. «Проблемы инженерной геологии», вып. 1, М., Изд. иностр. лит., 174—219.
- Терцаги К., 1973. Прошлое и будущее прикладной механики грунтов. Проблемы геомеханики, Ереван, 6:1—25.
- Туроверов К., 1933. О необходимости организации на Кавказе оползневой станции. Сб. «Изучение оползневых явлений и борьба с ними», ЦУГИС УССР, Харьков, 21—24.
- Федоровский Н. Н. и Нечаев В. И., 1964. О состоянии оползневых участков на Черноморском направлении Северо-Кавказской железной дороги. МКС: 316—327.
- Шабров Г. И., 1947. Опыт геотехнического исследования деформирующейся насыпи. Техника железных дорог, 12:24—27.
- Шахунянц Г. М., 1944. О методике проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна. Техника железных дорог, 12:3—7.
- Эккель Э. Б., под ред. 1960. Оползни и инженерная практика. М., Транжелдориздат.
- Backer R. F., 1952. Determining corrective action for highway landslide problems. Analysis of landslides. Bull., Nat. Research Council, Highway Research Board, 49: 1—27.
- Cotecchia V., 1957. Sulle causa geologiche che obligano a trasformamento di taluni abitati dessertati della Lucania. Geotecnica, Milano, anno IV, 1: 4—15.
- Durch Erdrutsch lebendig begraben etc. 1955. Neues Deutschland 285. 5.
- Fukuoka M., 1953. Landslides in Japan. Proc. Third Internat. Conf. Soil Mech. Found. Engg., Switzerland, 2: 234—238.
- Haefeli R., 1953. Creep problems in soil, snow and ice. Proc., Third Internat. Conf. Soil Mech. Found Eng., Switzerland, 3:238—251.
- Heim A. 1932. Bergsturz und Menschenleben. Beibl. z. Vierteljahrschr. d. Naturforsch. Gesellsch. i. Zurich, Jg. 77, H. 3/4, No 20, Geol. Nachlese No 30.
- Jones F. U., 1954. Landslide investigations along the Columbia Valley in Northeastern Washington. Science, 119 3059: 475.
- Keil K., 1954. Ingenieurgeologie und Geotechnik. W. Knapp. Halle (Saale).
- Ladd G. E., 1934. Bank slide in deep cut caused by draught. Eng. News-Rec., 112(10): 324—326.
- Müller L., 1955. Die Sicherung des linken Landpfellers am Kraftwerk Sarobi (Afghanistan) gegen den Talzuschub des Gebriges. Geologie und Bauwesen, 21(4): 149—161.
- Peck R. B., 1969. Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics. Géotechnique, 19(2): 171—187.
- Pollack V., 1925. Ueber die Unzulänglichkeit der Untersuchungen über die Beweglichkeit bindiger und nichtbindiger Massen. Zeitschr. f. prakt. Geol. 6:89—94; 7:106—114.
- Sill T., 1947. Discussion on landslide investigation and correction. Transac., Am. Soc. Civ. Eng., 112:415—419.
- Sokołowski S., 1947. Osuwisze w Sadowiu w przekopie linii kolejowej Tunel-Krakow. Biul. Państwowy Inst. Geol. Warszawy. 32:5—25.
- Špůrek M., 1972. Historical catalogue of slide phenomena. Geografický ústav Brno, Studia geographica 19, Brno.
- Špůrek M. and Lukešová S., 1972. Sliding phenomena in the year 1971. Geological Institute, Czechoslovak Academy of Sciences, Prague.
- Stini J., 1952. Neue Ansichten über „Bodenbewegungen“ und ihre Beherrschung durch den Ingenieur. Geologie und Bauwesen, 19(1):31—54.
- Terzaghi K., 1961. Past and future of applied soil mechanics. Journal, Boston Soc. Civ. Engrs, v. 48, Apr., 110—139.
- Záruba Q. and Menci V., 1969. Landslides and their control, Praha, Akademia.