

ДИСКУССИЯ О МЕХАНИЗМЕ ОПОЛЗНЕЙ

Оползневая комиссия Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению АН СССР провела 3 июня 1974 года в Москве на заседании, приуроченном к работам Международной конференции по генетическим основам инженерно-геологического изучения горных пород, научную дискуссию о механизме оползней.

Эта новая форма научного общения и коллективной работы ученых имеет целью выработку возможно близкой точки зрения лиц, работающих над одной узкой темой или, во всяком случае, выяснение особенностей понимания разными научными школами некоторых важных для дальнейшего развития науки представлений. Предполагалось, что небольшое число ученых, которые в своих работах особенно близко касались данной научной проблемы, кратко изложат свои взгляды на обсуждаемый вопрос и постараются прийти к общему мнению.

В дискуссии приняли участие Е. П. Емельянова, И. В. Попов, Г. И. Тер-Степанян, Ю. Б. Тржцинский, Г. Л. Фисенко, К. Ш. Шадунц и Г. М. Шахунянц. Каждый из участников дискуссии кратко изложил свою точку зрения в совершенно подготовленном для печати виде и одновременно разослал ее остальным участникам. На заседании каждый из участников дискуссии выступил с изложением своей точки зрения и ответил на вопросы, после чего началось общее обсуждение; в нем приняли участие как дискуссионеры, так и остальные члены Оползневой комиссии и приглашенные. Всего присутствовало 32 человека, из которых в общей дискуссии участвовало 8 человек.

В заключение председатель Оползневой комиссии проф. Г. И. Тер-Степанян отметил те положения, которые можно считать общепринятыми. Заседание одобрило организацию и проведение научной дискуссии, сочло целесообразным и в дальнейшем проводить дискуссии по основным проблемам образования, изучения и прогноза оползней, привлекая к ним более широкий круг ученых. Ниже приводятся дискуссионные выступления участников.

Доктор геол.-минер. наук Е. П. ЕМЕЛЬЯНОВА, Москва

1. Механизм какого-либо процесса—это последовательность промежуточных состояний и элементарных процессов, посредством которых объект переходит из одного положения или состояния в другое. В применении к оползням нужно различать: 1) механизм оползневое смещение в определенной точке или ограниченной области оползневого склона в определенный момент времени; 2) механизм оползневое процесса в целом.

Механизм оползания в определенной точке и в определенный момент времени представляет собою элементарную деформацию или смещение (перекос, поворот блоков, ламинарное течение в массе горной породы, скольжение по изолированным поверхностям раздела и т. п.). Даже в один и тот же момент времени механизм оползания в его разных местах бывает различным, т. е. оползневое смещение в каждый момент времени может представлять собою комплекс разных механизмов.

Механизм оползневое процесса в целом представляет собою последовательную закономерную смену элементарных механизмов в отдельных областях склона, т. е. смену комплексов механизмов по отношению к оползнию в целом. Эти комплексы различны в различные стадии и фазы развития оползневое процесса.

2. Механизм оползневое процесса путем наблюдений изучен еще очень слабо. Классификации оползней по их механизму, как правило, всему оползнию приписывают один механизм; это—классификации упрощенных моделей. Эти модели полезны для теоретических исследований и инженерных расчетов, но при использовании для описания конкретных оползней они приводят к упрощению явления. Необходимо изу-

чать механизм оползневой процесса во всей его сложности и во всех деталях, не подгоняя его под заранее заданные схемы.

3. Развитие оползневой процесса и смена его механизмов во времени происходят в результате взаимодействия двух компонентов: 1) внутреннего—спонтанного развития деформаций, соответствующих данному напряженному состоянию горных пород в склоне и их свойствам (разные виды ползучести, вязко-пластическое течение и т. д., иногда сопровождающиеся уплотнением или разуплотнением и набуханием пород), а также изменениям, вносимым в состояние склона уже накопленными деформациями; 2) внешнего—возникновения деформаций или изменения их характера и скорости вследствие воздействия внешних факторов, изменяющих соотношение между напряженным состоянием и прочностью пород. Относительное значение этих двух компонентов в механизме оползневой процесса различно у разных типов оползней, т. е. в различных геологических условиях.

4. В природе нет склонов, сложенных однородной и изотропной породой. Каждый склон представляет собою более или менее сложную конструкцию, состоящую из материалов с разными свойствами, статически неопределимую и подверженную всем превращениям природных условий. Склоны представляют собою более сложную систему в иерархии природных объектов, чем любые горные породы. Это следует учитывать при перенесении на оползневые склоны закономерностей деформирования, изученных на однородных образцах в строго регламентированных условиях лаборатории. Так, возможны такие деформации частей склона, как изгиб, кручение и т. п., но возникновение ползучести в замкнутой зоне невозможно. Привычка рассматривать оползневые процессы как плоскую задачу также приводит к неучету деформаций, связанных с неравномерным развитием оползней в трехмерном пространстве.

Некоторые специфические деформации оползней более подробно рассмотрены в нашей работе «Основные закономерности оползневых процессов», изд. «Недра», 1972 г.

5. Разногласия в понимании механизма оползневых процессов разными учеными являются результатом недостаточной его изученности и вытекают из двух источников: 1) слишком широкого обобщения наблюдаемых частных закономерностей или упрощенных теоретических схем, одностороннего преувеличения значения внутреннего или внешнего компонентов оползневой механизмы (например, сведение всех явлений к реологическим), недостаточного разграничения гипотез от установленных фактов; 2) неодинакового понимания используемых терминов. Например, понимание термина «ползучесть» не однозначно. В результате дискуссии может быть достигнуто соглашение по терминологии, определены первоочередные задачи изучения механизма оползней и т. п. Однако нельзя достигнуть единого понимания и описания механизма оползневой процесса в результате соглашений, учета авторитетов или большинства голосов. Для этого необходимо накопление более обширной информации о механизме оползневых процессов путем как более детальных наблюдений в природе, так и целенаправленного моделирования в лабораториях.

Профессор, доктор геол.-минер. наук **И. В. ПОПОВ**, Москва

1. В методических пособиях, инструкциях и учебниках указания по противооползневой борьбе приводятся обычно в виде перечисления всех возможных (известных в практике) мероприятий, часто без указания, как выбрать из их большого числа наиболее отвечающие конкретной природной и хозяйственной (экономической) обстановке, и без рекомендации по установлению порядка их осуществления. На затруднения и ошибки, возникающие вследствие этого при назначении противооползневых мероприятий, обращал внимание Г. И. Тер-Степанян.

2. Оползневые процессы—явления многофакторные. Выбор оползневых мероприятий требует построения прогноза тех изменений в оползневом склоне (в его конфигурации, физическом состоянии слагающих его пород, напряженном состоянии их и во внешних факторах), которые должны произойти в результате осуществления намечаемых противооползневых мероприятий. Прогноз может быть выполнен путем теоретических расчетов или моделирования. Практически это осуществимо, когда вопрос идет об одном конкретном оползне. Когда же задачей является разработка схемы (выбор системы) мероприятий для обеспечения устойчивости склонов целого района (ЮБК, ЧПК, Горьковско-Чебоксарское или Ульяновско-Саратовское Поволжье и т. п.) с развитием определенного регионального типа оползней, этот путь решения становится практически неосуществимым.

Разрабатывать мероприятия, не имея сведений об оползнях, конечно, не представляется возможным. В этих случаях за время хозяйствования на территории данного оползневой района, как правило, накапливаются данные о геологическом

строении и гидрогеологических условиях оползневого региона, об оползнях и других явлениях на склонах и сроках (дата) их, о явлениях предшествующих и сопутствующих возникновению оползней, в том числе и о факторах оползнеобразования.

Это дает возможность создавать стохастические модели оползней для данного регионального типа. Наличие такой модели позволяет дать оценку значимости отдельных факторов путем установления коррелятивных зависимостей возникновения оползней от конкретных для данного региона факторов (метеорологических явлений и их режима, абразии, гидрогеологических факторов, связанных с определенным водоносным горизонтом) и т. п.

Соответственно вычисленным коэффициентам корреляции можно выбрать наиболее эффективные мероприятия и назначить очередность их выполнения.

Профессор, доктор техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН, Ереван

Под механизмом оползня понимается совокупность промежуточных состояний и условий перехода от одного состояния к другому, определяющих протекание оползневого процесса. В зависимости от геолого-гидрогеологических условий, реологических свойств грунтов, геометрических характеристик и типа внешних воздействий на склон могут действовать различные виды механизма оползня. В одном случае оползание вызывается увеличением пьезометрического давления в подстилающих пластах и связанным с ним уменьшением эффективных напряжений, во втором случае оползание стимулируется глубоким врезом речной системы или усиленной абразией морского берега, приводящей к изменению статических условий, в третьем случае оползание связано с чрезмерными или быстрым нагружением неконсолидированных слоистых грунтов основания отвалов, не учитывающим медленности рассеивания порового давления, и т. д.

Каждый оползень имеет свойственный ему механизм оползания. В процессе развития оползня один механизм может смениться другим или относительная роль отдельных факторов может измениться, т. е. механизм оползня имеет временной аспект. На склоне могут одновременно развиваться различного типа оползни или существовать несколько ярусов оползания, расположенных друг над другом (многоярусные оползни), в которых оползание каждого яруса может определяться различным механизмом, и таким образом механизм оползания имеет пространственный аспект.

Однако имеется нечто общее, что позволяет все эти природные различия привести к единому критерию: это характер и история связи между тремя основными реологическими элементами—напряжением, деформацией и временем. Важность и единственность этого критерия вытекает из принципиальной возможности каждый из действующих факторов трактовать в терминах напряжений, деформации и времени. То обстоятельство, что эта принципиальная возможность далеко не во всех случаях реализуется и не всегда имеет количественную формулировку, не может служить возражением против признания роли указанных реологических элементов. Принципиальная задача исследований на оползнях—выявление роли каждого из оползнеобразующих факторов и по возможности его количественная оценка.

Ввиду чрезвычайной сложности картины напряженного состояния склонов, ее зависимости как от действующих факторов, так и от истории напряжений, количественное значение напряженного состояния в большинстве случаев остается невыясненным. Тем не менее, природа оползневого процесса может быть понятной только в том случае, если в основе оценки лежит ясное представление о связи между ходом процесса и его внешними проявлениями, с одной стороны, и напряженным состоянием и реологическими следствиями из него,—с другой.

Оползневой процесс состоит из двух фаз—длительной фазы медленных подготовительных смещений, называемой фазой глубоинной ползучести, и кратковременной фазы быстрых катастрофических движений, называемой фазой среза или собственно оползня. Реологическое поведение грунта в теле склона определяется значениями коэффициента мобилизованного сопротивления сдвигу.

При кратковременном действии касательных напряжений, например, в отвале, насыпи или выемке, точки грунта могут находиться в одной из следующих трех фаз: жесткости, ползучести или пластичности. При длительном действии малых касательных напряжений большое значение приобретает вековая ползучесть, протекающая при напряжениях, меньших порога ползучести. При длительном действии более значительных касательных напряжений процесс ползучести либо замедляется и постепенно переходит в вековую ползучесть, либо ускоряется и постепенно переходит в фазу пластичности. Поэтому при длительном действии касательных напряжений, например, в природном склоне, точки грунта могут находиться в одной из следующих пяти фаз—жесткости, вековой, замедляющейся и ускоряющейся ползучести и пластичности.

Техническая трудность полевого определения напряженного состояния склонов, отсутствие аналитических решений и большая условность расчета, вытекающая из неучитываемого большого влияния второстепенных геологических деталей и истории напряжений, делают проблематичной возможность подхода к механизму оползней с позиции напряженного состояния. Поэтому в основе исследований механизма оползней лежит изучение кинематики процесса, т. е. движения отдельных элементов, составляющих оползень. Эти исследования позволяют оценить механизм оползания в интегральной форме. Они базируются на анализе годографов скоростей оползания, оползневых трещин в грунте и деформации сооружений, деформированного состояния склонов и глубинных смещений. Знание механизма оползания необходимо для проектирования противооползневых мер и прогноза оползания.

Канд. геол.-минер. наук Ю. Б. ТРЖЦИНСКИЙ, Иркутск

Оползневые деформации в различных глинистых отложениях Сибирской платформы существенно не отличаются друг от друга. Генетически большинство оползней входит в группу оползней выдавливания, которые по форме проявления относятся к блоковому типу. Существенным и необходимым условием возникновения и развития таких оползней является двухслойное строение склонов, при котором глинистые отложения, склонные к пластическим деформациям, всегда залегают стратиграфически ниже непластичных жестких пород. Активной частью оползня являются глинистые породы, а жесткий крошащийся массив играет роль инертной давящей массы.

В процессе формирования долины и эрозионного вскрытия глинистых отложений в основаниях речных откосов происходит изменение характера напряженного состояния массива, возрастает влияние касательных напряжений, направленных в сторону склона. На некоторых глубинах, зависящих от морфометрических параметров склонов и свойств составляющих их пород, соотношение между касательными напряжениями и прочностью связей оказывается таким, при котором появляется зона течения, т. е. такая зона, в которой глинистые породы разупрочняются, деформируются и начинают течь и выдавливаться в основаниях эрозионных уступов. Такое медленное течение грунтов на глубине названо Г. И. Тер-Степаняном глубинной ползучестью склонов.

Существенную роль в уменьшении прочности глинистых пород играют подземные воды. Вода способна адсорбироваться на их поверхности, растворять и переносить те или иные вещества, способствовать ионному обмену. Присутствие воды также создает определенную среду и необходимые условия для образования различных глинистых минералов.

В целом разупрочнение палеозойских глинистых пород определяется многими факторами. Прочность к механическим воздействиям обуславливается в первую очередь их микроструктурой. Для алевролитов и аргиллитов характерна слоистая структура с анизотропией прочности в вертикальном и горизонтальном направлениях. Условия формирования осадков и процессы диагенеза обусловили большую устойчивость к механическим нагрузкам в этих породах вкrest напластования и меньшую—параллельно слоистости, что в общем подтверждает ослабленность связи между отдельными прослоями.

По мезоструктуре аргиллиты и алевролиты палеозоя соответственно относятся к микроагрегатным и пылеватомикроагрегатным породам. Как те, так и другие являются тонкоплитчатыми образованиями. Учитывая это, можно предположить, что при выветривании и разупрочнении аргиллиты будут расщепляться на тонкие пластинчатые глины, а алевролиты превращаться в суглинистые образования. Таким образом, общая картина разупрочнения пород, с нашей точки зрения, представляется в следующем виде.

Под воздействием процессов выветривания и механических нагрузок вышележающих жестких пород происходит расслаивание в подстилающих глинистых отложениях по отдельностям напластования как наиболее слабым местам в общем массиве. Смещение отдельных слоев аргиллитов и алевролитов относительно друг друга ведет к образованию крупных плитчатых блоков, чему способствует также нормальная к напластованию тектоническая трещиноватость. В дальнейшем аргиллиты расщепляются на более мелкие плитчатые агрегаты размером от 15—20 см в поперечнике и до 5 см по толщине. Распадению массивных агрегатов на отдельные плиточки содействуют также подземные воды, для которых глинистые породы служат водоупором. Вода в этом случае, по мнению Н. Я. Денисова, действует как расклинивающая и смазывающая сила, способствующая разъединению прослоек аргиллита на плитчатые агрегаты и их взаимному смещению. В последующей стадии превращения аргиллитов и алевролитов в глинистые и суглинистые образования существенную роль приобретают факторы физико-химического и химического вывет-

ривания—под действием воды плитчатые отдельности претерпевают качественные изменения, переходя из массивного твердого состояния в пластичное. На этой стадии происходит полное разрушение цементирующего вещества, нарушаются кристаллизационные связи между глинистыми и пылеватыми агрегатами и образуется коллоидная связь между ними. Грунт переходит в пластичное состояние и приобретает способность ползти. Это движение влечет за собой смещение блоков перекрывающих жестких пород и образование оползневых рвов и ступеней.

Деформации глинистых отложений обуславливают механизм образования оползней, которые проявляются в виде:

а) пластического течения (ползучести) глинистых пород из-под основания жестких блоков, отделившихся от массива;

б) сдвигов и скольжения блоков пород по глинистому основанию с одновременным выдавливанием глины в подошве склона.

В первом случае блоки перекрывающих жестких пород отделяются от коренного массива главным образом по системам тектонических трещин, ориентированным субпараллельно склону. На земной поверхности такие смещения проявляются в виде рвов, канав и воронок. В связи с тем, что разупрочнение пород происходит интенсивнее вблизи эрозионного вреза, смещенные блоки, благодаря неравномерной осадке, наклонены в сторону долины. В отдельных случаях глубинная ползучесть способствует расползанию местных водоразделов.

В случае сдвига и скольжения блоков образуются оползневые ступени с типичной бугристой поверхностью, запрокинутые в глубь склона под углом $25-33^\circ$. Располагаясь чешуеобразно, смещенные блоки образуют оползневые амфитеатры, протяженностью до 2 км.

Доктор техн. наук Г. Л. ФИСЕНКО, Ленинград

1. Оползни являются разновидностью нарушений устойчивости откосов горных пород и склонов, характеризующейся медленным смещением породных масс по поверхности скольжения, которая залегает в массиве в среднем под углом, меньшим угла естественного откоса пород, пересекаемых этой поверхностью. При этом величины напряжений по поверхности скольжения на значительной ее части находятся за пределом ползучести. Вследствие этого и происходит пластическая деформация пород (оползень), продолжающаяся в активную стадию от десятков минут до нескольких месяцев, а при вовлечении новых массивов и до нескольких лет.

Крутые оползни следует ограничивать значением угла наклона поверхности скольжения $30-35^\circ$; при более крутом залегании поверхности скольжения, после преодоления сил сцепления, оторвавшийся массив не может удерживаться по этой поверхности силами трения и перемещается к подошве откоса в течение нескольких минут. Такой вид нарушений устойчивости откосов и склонов необходимо относить к обрушениям или обвалам.

2. Скорость смещения породных масс до сформирования поверхности скольжения находится в экспоненциальной зависимости от превышения действующих касательных напряжений над пределом ползучести.

3. Поверхность скольжения формируется постепенно по мере того, как деформация сдвига в отдельных участках деформирующегося массива достигает предельных величин; после этого в таких участках касательные напряжения становятся равными величине остаточного сопротивления сдвигу.

4. В развитии оползней необходимо различать три основных стадии: скрытую, активную и затухания.

Смещение породных масс в *скрытой стадии* в первый период может быть установлено путем геодезических наблюдений; по мере накопления деформаций их можно (визуально) наблюдать в виде трещин отрыва в верхней части и вала выпирания или надвига—в нижней; к концу этой стадии концы дугообразных вала выпирания и трещины отрыва сближаются, а иногда даже смыкаются. Если в сложении оползневой массива участвуют и слои достаточно прочных (армирующих) пород, то к концу скрытой стадии деформация сдвига этих пород достигает предельной величины, вследствие чего они разрушаются и силы их сцепления выключаются из общей суммы сил сопротивления сдвигу.

С этого момента начинается *активная стадия* смещения оползневых масс. Активная стадия смещения оползневых масс при отсутствии слоев армирующих прочных пород начинается также при достижении деформаций сдвига в зоне развивающейся поверхности скольжения предельной величины, после чего наступает прогрессирующая ползучесть (текучесть) пород.

Стадия затухания оползня характеризуется установлением нового равновесия пород вдоль поверхности скольжения при нарушенном сцеплении.

5. Величина смещения (перемещения) оползневых масс вдоль поверхности скольжения (при ее криволинейном профиле) определяется разностью сопротивлений

сдвигу пород в ненарушенном и нарушенном состояниях и кривизной поверхности скольжения.

6. Причинами зарождения оползней склонов чаще всего являются естественные процессы эрозии или абразии, процессы выветривания или изменения гидрогеологического режима склона, а также деятельность человека, вызывающая или изменение касательных напряжений, или изменение свойств пород в склоне (откосе).

Изменение гидрогеологического режима склона (поднятие уровня грунтовых вод) одновременно приводит к изменению напряженности (уменьшению нормальных напряжений и увеличению касательных) и к уменьшению сопротивления сдвигу (набуханию, растворению цементирующего материала и т. д.). Неблагоприятное изменение гидрогеологического режима может вызываться многими причинами, такими как создание водохранилищ, пригрузка фильтрующего откоса осыпью глинистых пород, усиление питания водоносного горизонта с ограниченной разгрузкой, создание высоких насыпей (отвалов) над водоносным горизонтом с ограниченной разгрузкой или при ее отсутствии (при линзообразном залегании водоносных песков) и т. д.

7. Наиболее крупные оползни связаны с наличием слоев (или даже тонких прослоев) высокогидрофильных («жирных») глин, у которых сопротивление сдвигу при действующих по потенциальной поверхности скольжения нормальных напряжениях σ является величиной постоянной (т. е. независимой от величины σ). В тех случаях, когда по таким слоям жирных глин проходит значительная часть поверхности скольжения—при горизонтальном или пологонаклонном в сторону подошвы откоса залегании—оползни возникают при очень пологих склонах. Известны случаи, когда даже при отсутствии в основании склонов обнажений слоев таких глин и при их падении до $2-3^\circ$ от подошвы склона (т. е. в нагорную сторону) происходили оползни с глубоким выпучиванием оснований при углах склонов $5-6^\circ$ и общей их высоте $60-80$ м. Оползни такого типа развиваются как единое оползневое тело, верхняя часть которого является активной, а нижняя пассивной. Часто оползневое тело разделяется на три части: призму активного давления, призму пассивного перемещения и призму выпирания. При обнажении таких слоев врезкой долины рек или искусственными выемками скольжение по ним становится возможным даже в том случае, когда выше их залегает толща достаточно прочных пород, не склонных к пластическим деформациям (при данных напряжениях); в этом случае оползающий массив может быть расчленен на ряд блоков.

Наличие в массиве горизонтальных или пологопадающих в сторону подошвы склона поверхностей ослабления в виде контактов между слоями глинистых и водопроводящих слоев является геологической предпосылкой к возможному развитию оползня.

8. Оползни склонов долин и высоких крутых берегов рек при горизонтальном и несогласном (со склоном) залегании слоев развиваются в течение длительных периодов и характеризуются многократным наложением оползней различных периодов и различных участков. В этом случае необходимо различать оползни, охватывающие всю высоту склона, и вторичные «оползни в оползне», захватывающие некоторую часть склона по высоте. В развитии оползней такого рода, наряду с ползучестью глинистых пород, большую роль играют фильтрационные деформации, подпор водоносных горизонтов оползневыми массами и отмечавшиеся выше процессы, вызывающие увеличение касательных напряжений.

9. Особой разновидностью являются оползни лессовых пород, на сопротивление сдвигу которых значительное влияние оказывают цементационные связи, разрушающиеся при водонасыщении. Высокая пористость и слабая гидрофильность обуславливают переход лессовых пород в текучее состояние при нарушении их структуры (оползень переходит в селя).

Доцент, канд. техн. наук К. Ш. ШАДУНЦ, Краснодар

Оползни покровных образований в глинистых грунтах, происходящие в виде сплывов, оплывин и потоков, являются наиболее частыми на территории Северного Кавказа. В ряде случаев они подготавливают оползни иных типов или же проявляются как вторичные оползни на смещенных массах.

Анализ механизма оползневого процесса должен включать исследование объективных закономерностей проявления совокупности событий, приводящих к уменьшению устойчивости склонов или откосов и возникновению движения под действием внутренних и внешних сил. Рационально выделить стадии подготовки и непосредственного смещения. Столь сложное и многофакторное явление, как оползень, можно изучить лишь при наличии детальной количественной оценки последовательных изменений природной обстановки.

При обнажении, в результате естественных процессов или деятельности человека, нижнемеловых и особенно юрских аргиллитов и аргилитоподобных глин они подвергаются активному выветриванию. Лабораторные исследования с применением специальных установок, моделирующих условия выветривания, показали, что на первом этапе основная роль в разрушении пород принадлежит увлажнению—сушке, несколько меньше влияют колебания температуры. Химические и биогенные процессы сказываются, когда порода раздроблена и имеет достаточно большую поверхность взаимодействия с реагентами и микроорганизмами. Возникает толща разрыхленной породы, в которой происходят изменения минералогического состава с заметным увеличением количества минералов монтмориллонитовой группы. Значительно интенсивнее идут процессы набухания-усадки. Последние, протекая неравномерно в толще грунта, вызывает появление системы трещин, имеющих на склонах специфическую ориентацию. Они развиваются нормально к склону, но на некоторой глубине, зависящей от водоотдачи грунта и интенсивности сушки, заглубляются параллельно поверхности. Многократно повторяющиеся объемные деформации при набухании-усадке могут быть причиной медленного оползания покровных слоев глинистых грунтов по подстилающим породам. Однако основная роль этих процессов сводится к ослаблению целостности массива системой трещин и отделению зоны, в которой происходят значительные колебания влажности. Трещины увеличивают площадь взаимодействия грунта с атмосферными водами, которые, проникая на некоторую глубину, накапливаются там. При увлажнении грунт пристенных зон трещин размокает, заполняя их бесструктурной разжиженной массой. Скорость размокания зависит от начальной влажности, причем имеется оптимальное для процесса ее значение. Как правило, быстрее всего размокание происходит в подповерхностном слое. Здесь в переувлажненном грунте прочность падает особенно сильно.

Импульсом, вызывающим начало движения, может быть появление статического давления воды в трещинах усадки и растяжения. В ряде исследований особое внимание уделяется гидродинамическому воздействию грунтовых вод при резком перепаде уровней на участке развития трещин. Нам пока не удалось оценить путем моделирования в лотках, какое давление сказывается больше.

Обычно оползает слой, в котором влажность, а соответственно, вязкость грунта и скорость движения переменны по глубине и во времени, причем не всегда максимальная скорость будет на поверхности. Иногда быстрее перемещается зона на некоторой глубине.

Оползень формирует рельеф склона. В голове и у бортов появляются участки с повышенной энергией, к тому же здесь выветривание начинает разрушать обнаженные породы. Локальное понижение—ложе оползня становится аккумулятором грунтовых и атмосферных вод. Если допустить, что при прочих равных обстоятельствах возникновение подвижки в конкретном месте склона обусловлено совпадением ряда случайностей, то последующее развитие оползня закономерно приурочено к ослабленному участку. Последовательные деформации приводят к образованию русла, по которому перемещаются все новые массы грунта, поступающие с головной и бортовых частей, а также за счет захвата процессом выветривания более глубоких слоев ложа при уменьшении перекрывающих их разрыхленных масс. Движение оползней-потоков продолжается с переменной скоростью многие годы, причем в разные периоды меняется и глубина движущегося грунта. Длина сформировавшихся потоков достигает нескольких километров при ширине, измеряемой десятками метров. Характер деформаций в разных частях потоков различен. Существенно, что поверхностный слой обычно пассивно увлекается более подвижным. Так как скорость по длине оползня зависит от уклонов дна, то относительно жесткая корка претерпевает разрушения и смещается, запрокидываясь.

Расчетный анализ механизма процесса возможен при корректном математическом описании этапов подготовки и движения оползня. Имеющиеся расчеты весьма схематичны. Чаще всего определяется скорость движения грунта с неизменными по глубине слоя свойствами для продольного плоского сечения потока. Для прогноза возникновения оползней-потоков и изменения во времени их скорости можно использовать обобщенный показатель прочностных свойств, например вязкость, если представить его как функцию многих переменных и проследить за ним на всех стадиях процесса.

Учет колебаний влажности и вязкости по глубине оползней позволит вести расчет на основе общих уравнений как для течения, так и для скольжения, если в последнем случае считать, что течет весьма малый слой, пригруженный толстой коркой, и вводя разрывную функцию.

Профессор, доктор техн. наук Г. М. ШАХУНЯНЦ, Москва

Прежде всего следует оговорить, что раскрытие механизма оползней никак не может быть однозначным. Типы оползней и конкретные их реализации многообраз-

ны, и «механизмов» может быть множество. Поэтому надо ставить вопрос об общих закономерностях для каждого типа оползня и конкретных проявлениях этих закономерностей для каждого случая, который всегда имеет еще ряд наложенных на него связей.

Мало того; думается, что постановка вопроса о механизме оползней весьма условна. Нельзя природный процесс, да еще достаточно сложный, каковым бесспорно является оползневой, сводить к механическому процессу и пытаться искать «механизм» оползней. Очевидно, что в данном случае это выражение было принято к наименованию дискуссии чисто условно. Поэтому надо этот вопрос уточнить и вместо «механизма» оползней ставить вопрос об оползневых процессах и закономерностях их проявления. Очевидно, что эти процессы будут различны у различных типов оползней.

Процессы могут быть изучены либо для какой-либо стадии их проявления (например, стадии тотальных для объекта макродеформаций, макроподвижек), либо рассмотрены во всех циклах, либо в многолетнем, многоциклическом плане или даже больше за период инженерно-геологического масштаба времени. Настоящая дискуссия должна касаться закономерностей оползневых процессов, разделяя их как по основным типам, так и по стадиям и многоциклическости их проявления.

Периоды (фазы, стадии) циклов на одном и том же нестабилизированном объекте имеют разную продолжительность в зависимости от интенсивности изменения соотношений между факторами сопротивления и факторами разрушения, определяемой деятельностью сил природы и человека.

В наиболее общем виде каждый цикл на нестабилизированном объекте состоит из следующих периодов: 1) относительной стабильности (временного покоя); 2) оживления, характеризующегося локальными (местными) макродеформациями (макроподвижками) и тотальными (общими) микродеформациями (микроподвижками); 3) тотальных макродеформаций (макроподвижек) больших, иногда катастрофических смещений; 4) затухания, характеризующегося тотальными микродеформациями (микроподвижками) и локальными макродеформациями (макроподвижками). Затем цикл повторяется.

Период относительной стабильности характеризуется тем, что в этот период коэффициент стабильности объекта больше единицы. Этот период отличается стабильностью всего объекта как в целом, так и в частях и обычно занимает во времени подавляющую часть цикла. Когда текущее значение коэффициента стабильности падает, но в целом для массива остается несколько более единицы, в отдельных частях объекта он уже может оказаться равным единице, имея тенденцию к дальнейшему падению.

В этом случае на объекте начинают проявляться в более или менее значительных объемах (тотально) микродеформации, а в отдельных местах (локально) уже наступают нарушения условий равновесия, характеризующиеся локальными смещениями (макроподвижками), выпучиванием грунта, образованием отдельных трещин отрыва и прочими явлениями локальных макродеформаций.

Это и есть второй период цикла—период оживления, период локальных макродеформаций и тотальных макродеформаций. В этот период могут иметь место оба указанных процесса или один из них. В зависимости от размеров массива и интенсивности изменения коэффициента стабильности этот период может измеряться промежутком времени от нескольких минут до нескольких лет. Проявления этого периода должны восприниматься как последнее предостережение о необходимости принятия срочных мер по обеспечению устойчивости объекта.

Наконец, при общем падении текущего коэффициента стабильности для всего объекта он достигает такого значения, при котором весь объект в целом теряет равновесие. Происходят крупные деформации, протекающие сравнительно быстро, а нередко практически моментально. Это и есть третий период—период тотальных макроподвижек, период перехода в новую систему равновесия для объекта в целом.

После перехода всего объекта в новую систему равновесия некоторое время могут иметь место незначительные, затухающие деформации (тотальные микродеформации), в процессе которых массив приходит в наиболее устойчивое положение в новой системе равновесия. В это же время могут проявляться также локальные макродеформации, обусловленные тем, что при переходе в новую систему равновесия с резким увеличением коэффициента стабильности для всего объекта в целом в течение некоторого времени еще происходила потеря равновесия в отдельных местах. Вместе с тем самый переход всего массива в новую систему равновесия может иногда вызвать потерю равновесия в отдельных местах, которые до этого находились в состоянии относительной стабильности. Оползень как бы вживается в новую систему равновесия.

Это четвертый период в цикле—период затухания, период локальных макроподвижек и тотальных микроподвижек. Наконец, весь объект в целом успокаивается в

новой системе равновесия, переходя тем самым в новый период относительной стабильности.

В описанном в общем виде цикле в ряде случаев может отсутствовать тот или иной период. Период относительной стабильности иногда может длиться десятками лет и даже значительно больше, вводя порой в заблуждение инженеров в оценке проведенных ими мероприятий. Цикл многократно повторяется до тех пор, пока или вследствие естественных геологических процессов, или благодаря специально принимаемым мерам не наступит период длительной стабильности. Последняя исчезает, если будут нарушены условия ее существования, и вновь возникнут циклически повторяющиеся деформации.

Заключение проф. Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯНА

Отрадно отметить, что хотя и в отношении многих сторон рассматриваемой проблемы существуют различающиеся точки зрения, по некоторым вопросам мы как будто не расходимся во взглядах. Процесс понимается как переход системы из одного состояния в другое, а механизм—как последовательность процессов.

В зависимости от сочетания геолого-гидрогеологических условий, геометрических характеристик, свойств грунтов и типа внешних воздействий устанавливаются различные типы механизма оползней. Существует множество типов механизмов оползней; здесь были приведены примеры блоковых оползней Восточной Сибири и оползни-потоки Северного Кавказа. На одном и том же склоне одновременно могут проявляться различные механизмы оползней; во времени один механизм может сменяться другим.

В большинстве случаев оползни не возникают внезапно, им предшествует подготовительный период; для оползней характерна периодичность (циклическость). Оползневые процессы на склоне распадаются на два типа—медленные подготовительные деформации глубинной ползучести, длительность которых измеряется месяцами и годами, и быстрые катастрофические подвижки, протекающие в течение часов или дней. При анализе условий образования и развития подготовительной фазы глубинной ползучести большое значение имеет изменение свойств грунтов в результате разуплотнения, выветривания, дезинтегрирования и т. п. Задачей исследования являются выделение и возможно точное определение действующего на склоне механизма оползня и его количественное выражение. Вследствие многофакторности оползневых процессов, выбор противооползневых мероприятий и прогноз вносимых ими изменений должен делаться с учетом основного механизма оползания и подбора соответствующей модели оползня данного регионального типа.

ԲԱՆԱԳԵՃ ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՄԱՍԻՆ

1974 թ. հունիսի 3-ին Մոսկվայում Լեննային ապարների ինժեներակիրարանական ուսումնասիրության ծագումնային հիմքերի Միջազգային կոնֆերանսին ղուգակցված նիստում, ՄՍՀՄ ԳԱ ինժեներական կիրարանության և գրոնտարանության գիտական խորհուրդի սոզգրային հանձնաժողովը աղցկացրեց սոզանքների մեխանիզմի մասին գիտական բանավեճ:

Գիտականների կողմից աշխատանքի և գիտական շփման այս նոր ձևը նպատակ ունի այդ նեղ թեմայի վրա աշխատող անձանց մոտ հնարավորին չափ մոտիկ տեսանկյան մշակումը կամ գոնե գիտության հետագա զարգացման համար տարբեր գիտական դարոցների կողմից մի բանի կարևոր պատկերացումների առանձնահատկությունների պարզաբանմանը: Ենթադրվում է, որ գիտականների մի փոքր խումբ, որոնք իրենց աշխատանքներում մոտիկից շփվել են տվյալ գիտական պրոբլեմին, համառոտ կարգադրեն իրենց հայացքները բնարկված հարցի շուրջ և կաշխատեն զալ բնգհանուր կարծիքի:

Բանավեճին մասնակցել են հետևյալ գիտնականները՝ Ե. Եմելյանովան, Կ. Շադոնցը, Գ. Շախունյանցը, Գ. Տեր-Ստեփանյանը, Յու. Տրոցկինսկին, Ի. Պոպովը և Գ. Ֆրանկոն: Յուրաքանչյուր մասնակից համառոտակի ներկայացրել էր իր տեսակետը տպագրության համար լրիվ պատրաստված վիճակում և նախորդ ուղարկել էր մյուս մասնակիցներին: Նիստում բանավեճի յուրաքանչյուր մասնակից ներկայացրել էր իր տեսակետը և պատասխանել հարցերին, որից հետո սկսվել էր բնգհանուր բանավեճը: Այնուհետ մասնակցում էին ինչպես վիճարանողները, այնպես էլ Սոզանքային հանձնաժողովի մյուս անդամները և հրավիրվածները: Ներկա էր բնգհանուր 32 մարդ, որից 8-ը մասնակցում էր բնգհանուր բանավեճին:

Եզրափակվում սոզանքային հանձնաժողովի նախագահ պրոֆ. Գ. Տեր-Ստեփանյանը բնգգծեց այն բնգհանուր դրույթները, որոնք կարելի է համարել բնգհանուր նիստը հավանություն տվեց գիտական բանավեճի կազմակերպմանը և անցկացմանը, և հետագայում նպատակահամար համարելով անցկացնել բանավեճեր սոզանքների առաջացման, ուսումնասիրման և կանխարգելչական բնգհանուր պրոբլեմների վերաբերյալ ներդրավելով գիտնականների ավելի լայն շրջան:

DISCUSSION ON THE MECHANISM OF LANDSLIDES

The Landslide Commission of the Scientific Council on Engineering Geology and Soil Petrography of the Academy of Sciences of the U. S. S. R. held a meeting in Moscow on June 3, 1974 where a Scientific discussion on the mechanism of landslides took place. The meeting was timed to the International Conference on Genetic Fundamentals of Engineering Geological Study of Rocks.

This new form of the scientific intercourse and collective work of scientists has the aim to work out a possibly close point of view by those persons who work on one narrow problem or in any case to clear up the peculiarities of understanding of concepts by different scientific schools which are important for the subsequent development of the science. It was supposed that a small number of scientists who have touched upon the given scientific problems in their works will expound briefly their concept on the question under consideration and will try to come to a common opinion.

The following scientists took part in the discussion: E. Emeljanova, G. Fisenko, I. Popov, K. Shadunts, G. Shakhunants, G. Ter-Stepanian and Ju. Trzhtsinski. Everyone of these panelists has expressed briefly his point of view, has prepared it for printing and sent it in advance to other panelists. At the Conference each panelist came forward with the statement of his point of view and answered the questions. Afterwards the general discussion started, where panelists and other members of Landslide Commission and invited persons took part as well. In all 32 persons were present; eight of them participated in the general discussion.

In the closing speech the Chairman of the Landslide Commission Prof. G. Ter-Stepanian noted those principles which may be considered as generally accepted. The Conference approved the organization and conduction of the scientific discussion and considered it expedient to held in future discussions on the principal problems of formation, study and forecast of landslides embracing wider circle of scientists.

ИНФОРМАЦИЯ

о проведении Всесоюзных и Международных конференций и симпозиумов в 1977—1978 гг.

1. Всесоюзное совещание по фундаментостроению в сложных грунтовых условиях, май 1977 г., г. Алма-Ата.
2. Девятое Всесоюзное совещание по закреплению и уплотнению грунтов, октябрь 1978 г., г. Ташкент.
3. Международный симпозиум по взаимодействию между основанием и сооружением, 3—7 января 1977 г., г. Рурки, Индия.
4. Шестой Международный конгресс по сейсмостойкому строительству, 9—14 января 1977 г., г. Нью Дели, Индия.
5. Международный симпозиум по промерзанию грунтов, 16—18 февраля 1977 г., г. Люлеа, Швеция.
6. Шестое совещание по фундаментостроению, 21—23 марта 1977 г., г. Дрезден, ГДР.
7. Международная конференция по использованию синтетических волокон в геотехнике, 20—22 апреля 1977 г., Париж, Франция.
8. Конференция по большим смещениям грунта и их влиянию на сооружения, 4—7 июля 1977 г., Кардиф, Англия.
9. Пятая конференция стран Юго-Восточной Азии по механике грунтов, 4—6 июля 1977 г., г. Бангкок, Таиланд.
10. Международный симпозиум по мягким глинам, 7—8 июля 1977 г., г. Бангкок, Таиланд.
11. Девятый Международный конгресс по механике грунтов и фундаментостроению, 10—15 июля 1977 г., Токио, Япония.

12. Пятая Дунайско-Европейская конференция по механике грунтов и фундаментостроению, 5—7 сентября 1977 г., г. Братислава, ЧССР.
13. Международный симпозиум по оползням и другим движениям масс, 15—16 сентября 1977 г., г. Прага, ЧССР.
14. Международный симпозиум по геотехнике структурно-сложных формаций, 19—21 сентября 1977 г., г. Капри, Италия.
15. Конференция по оползням, 10—14 октября 1977 г., г. Вейл, шт. Колорадо, США.
16. Первый Национальный симпозиум по набухающим грунтам, 22—24 декабря 1977 г., г. Канпур, Индия.
17. Третья Международная конференция по мерзлоте, 10—13 мая 1978 г., г. Эдмонтон, Канада.
18. Третий Международный конгресс по инженерной геологии, 4—7 сентября 1978 г., г. Мадрид, Испания.

*Печатается по решению ученого совета
Института геологических наук
АН Армянской ССР*

Редакторы издательства Г. А. Абрамян, Э. С. Аветян
Технич. редактор М. А. Минасян
Корректоры: И. Г. Апкарян, А. В. Овакимян

ВФ 03348

Изд. 4623

Заказ 827

Тираж 850

Сдано в набор 22.X.1976 г. Подписано к печати 18/VIII 1977 г.
Печ. 10,0 л.+1 вкл. Усл. печ. л. 14,18, изд. 1332 л. Бумага № 1, 70×108¹/₁₆. Цена 2 р.

Издательство Академии наук Армянской ССР.
375019 Ереван, Барекамутян, 24-г.
Экспедиционная типография Издательства АН Армянской ССР