

## ОЧЕРК ГИМАЛАЙСКИХ ОПОЛЗНЕЙ

Значительная часть территории Непала занята Гималайскими хребтами, где весьма часты оползни в период муссонных дождей. В 1991 г. нами детально освидетельствованы оползни по дорогам Катманду-Шарикот и Дхаран-Дханхауга, а также визуально по дорогам Катманду-Хетаупа и Катманду-Похара. Особое внимание было обращено на оползни Чарновати и Калимати, где в это время производились укрепительные работы и имелись данные наблюдений за гидрогеологической обстановкой в период муссонных дождей. Интернациональным центром комплексного развития горных местностей (International Centre For Integrated Mountain Development) - ICIMOD были переданы рекомендации по проблемам риска инженерной деятельности в горных местностях (Manual on Mountain Risk Engineering), составленные ведущими мировыми специалистами оползневедения.

На основании полученных данным нами выполнено сопоставление климатических и гидрогеологических условий Гималаев и Южного Берега Крыма.

Метеорологическое отличие Гималайского региона от Южного Берега Крыма состоит, главным образом, в многократном преобладании атмосферных осадков, а именно: в диапазонах от 2000 до 4000 мм и от 400 до 500 мм в год соответственно. В зависимости от направленности горных гряд Гималаев и экспозиции склонов разница в объемах годовых осадков на небольшом удалении может достигать 1000 мм и более. Круглогодично отмечается высокая влажность воздуха, что в свою очередь поддерживает высокое водосодержание грунтов и горных пород.

Геоморфология Гималаев, кроме высотных отметок, отличается и большей, чем для Крымских гор, крутизной склонов, извилистостью расщелин и ущелий, а соответственно рек и ручьев, с резкими и большими колебаниями уровней и расходов вод в период муссонных дождей. Горные хребты с юга, на подходе к цепи высочайших вершин планеты (Джомолунгма, Анnapurna и др.), преимущественно сложены метаморфическими породами. Наличие слюдистых сланцев и гнейсов делает эти породы легко диветрируемыми и обрушающимися при их обнажениях. У

подножия склонов преобладает коллювий и глыбовый навал, толщи же делювия и пролювия на склонах менее значительны, чем на Южном Берегу Крыма. Сказывается большая крутизна склонов.

На Южном Берегу Крыма оползни в покровных отложениях сопровождаются скольжениями по смоченным струйными потоками ослабленным поверхностям. Фильтрационно-гравитационный фактор там проявляется себя редко. Для гималайских же оползней Непала этот фактор является доминирующим.

Экспедиционное обследование характерных горных оползней Непала, ознакомление с проектами противооползневых мероприятий и изучение представленных ICIMOD материалов дает возможность судить о возбудителях и причинах гималайских оползней.

Анализ показывает, что прежде всего следует учитывать подготовленность к деформациям горных склонов из-за продолжительных муссонных дождей и ливней, начинающихся в марте и заканчивающихся в сентябре ежегодно. Пики муссонов приходятся на июль-август. В это время, как показывают многочисленные пьезометры, водонасыщение грунтов и трещиноватых горных пород охватывает склоны от подножия до их вершины. Естественно, что при подобной пропитке склонов водой основным возбудителем оползней в Гималаях чаще всего выступают проливные муссонные ливни. Их интенсивность может достигать 200-1000 мм за день. Так, например, оползень Калимати произошел ночью 17 июля 1989 г. после ливня, разрушив деревню и похоронив под оползневыми массами 18 человек. Оползень Чарновати также случился летом 1989 г. после ливня.

Во время муссонов по склонам в расселинах, лощинах и ущельях образуются стихийные потоки с большими расходами и резкими сработками бьефов, что сопровождается размывами, обрушениями и оползнями. Подмытые глыбы, двигаясь вниз, наносят сильные удары по насыщенному водой склону, возбуждая локальные реактивные фильтрационные потоки, вызывающие разжижение, вынос и обрушение масс грунта и трещиноватой скалы.

Действия сейсмических волн и колебаний при взрывах, если они совпадают с муссонными периодами, усиливаются в теле водонасыщенных склонов, вследствие чего увеличиваются и фильтрационные воздействия на неустойчивые массы грунтов и скал, побуждая их к оползням и обвалам.

На отметках выше 4000 м в Гималаях нередки ледниковые озера.

Они образуются при перекрестиях русел ледников льдогрунтовыми и конечно-моренными водонасыщенными дамбами, фильтрующими по всей высоте. Прорывам этих озер предшествуют оползания и размывы дамб. Последствия таких прорывов бывают катастрофическими: уничтожаются селения, сносятся мосты, погибают люди и животные. По ходу движения водного потока возникают подсечные оползни склонов и берегов рек. Подмечено, что прорывы ледниковых озер в Гималаях также совпадают с интенсивными муссонами. Из вышеприведенного описания вырисовывается природный фон оползневой обстановки.

Немаловажную роль, как и везде, где обитает человек, в образовании оползней в Гималаях играет антропогенный фактор. Специалисты отмечают, что за последние десятилетия и особенно последние годы оползневая опасность увеличилась из-за стихийной неконтролируемой и в больших масштабах вырубке лесов на склонах гор. Такое положение сложилось при вопиющей экологической безграмотности. Хищнической вырубке лесов способствовали феодальные и полуфеодальные способы хозяйствования при использовании современной техники и технологий.

Взрывные карьерные работы и подрезка склонов до ослабленных зон являются весьма распространенными причинами оползней в горных местностях. В Непале, где ведется интенсивное дорожное строительство, подрезки склонов на дорогах вызывают образование очагов оползания.

Первобытная культура орошаемого земледелия, при которой земельные участки - чеки, располагаемые террасами и подпитываемые водой из головных каналов без защитных одежд, также в определенной мере потенциально определяют оползневую опасность, когда малые деформации склонов то в одном, то в другом месте перерастают в большие оползни.

К антропогенным факторам, вызывающим оползни, относятся также удаление и экскавация осыпей (колювиума) со склонов, колебания от прохождения тяжелых транспортных средств по горным дорогам, особенно в период муссонных дождей. На некоторых дорогах Непала существует правило - прекращать движение на период муссонов.

Во время и после окончания муссонных дождей в горных гималайских местностях во многих местах происходят блокировка, закупорка и заиливание естественных дренажных систем, штолен в скалах стволами деревьев, остатками веток, кустов и травы, глыбами, локальными оползнями, наносами потоков. Такая блокировка естественных дрена-

жей сопровождается быстрым возрастанием напоров в водопроводящих слоях и прослойках, образованием в них сплошных фильтрационных потоков при значительных градиентах напора.

Поверхностные потоки в ущельях и расселинах при больших скоростях движения нередко обладают энергией, способной увлечь за собой обломки скал, которые разрушают дороги, водостоки и экосистемы, подготавливая или провоцируя оползания, оплывания и обрушения склонов.

Крупномасштабные оползни коллювия и аллювия во время продолжительных дождей могут блокировать реки, создавая условия для последующих оползней при резкой сработке естественных бьефов, а незарегулированные потоки дождевых вод смыкают грунт и осыпи со склонов, уничтожая эффект дренажных пригрузок, т.е. подтачивая тем самым устойчивость фильтрующих откосных масс.

Мощным оползневым фактором является возрастание порового давления в отдельных зонах оползневого склона. Так, во время муссонов уровень подземных вод на склонах повышается, что вызывает возрастание положительного порового давления. Естественно, возникают локальные высачивания при выносах цементируемого материала, вымывание частиц из грунта трещиноватой скалы. Высокий напор подземных вод сильно проявляет себя в водопроницаемых прослойках на контактах с водонепроницаемыми поверхностями. Поровое же давление в трещинах растяжения не только расклинивает откосы, но и взвешивает отсеки расчлененных склонов на водонепроницаемых прослойках. При закупорке естественных и искусственных дрен может иметь место опасное возрастание порового давления по потенциальной поверхности сдвига. насыщение водой замкнутого песчаного слоя в глубине слабофильтрующего склона вызывает очень высокое противодавление на вышележащие слои. Смачивание выступающих на поверхность склона слоев пылеватых грунтов приводит к ликвидации капиллярного сцепления и возникновению порового давления. Тогда и имеет место оплывание таких водонасыщенных масс, вытекание пылевато-глинистых прослоек. Землетрясения и содрогания при взрывах могут привести в жидкое состояние тонкозернистый капиллярно-насыщенный грунт, вследствие чего в налегающем скальном массиве появляются трещины, что приближает его к оползанию или обрушению.

Южнее гранитных вершин Высоких Гималаев в горах Непала с их крутыми склонами, высотными отметками и молодым возрастом хребтов более отчетливо, чем в других регионах мира, проявляются оползневые

факторы инженерно-геологического характера. Образованию грандиозных оползней способствует залегание в основаниях склонов и в самих склонах ослабленных трещиноватых метаморфических пород и пластических глинистых слоев. Весьма неустойчивы скальные массивы, пронизанные сетками трещин с углом падения  $20^{\circ}$  и более в сторону откоса. В местах смятий плоскости сеток трещины объединяются в пространственные оползнеопасные клинья. Расходящиеся трещины при горизонтальном их расположении способствуют обрушениям и опрокидываниям скальных блоков. Выветренность, а в ряде случаев и быстрая выветриваемость скальных массивов и отдельных его слоев — разного рода сланцев, аргеллитов, гнейсов и тому подобных пород обеспечивают зарождение очагов оползневых процессов.

Рыхлый, несвязанный материал осыпей, коллювиума, оползневого делювия у подножия склонов весьма подвижен при насыщениях водой, подмывах, ударах падающих обломков и глыб скальных пород. Скальные глыбы, неустойчиво опертые на склонах, с большой долей вероятности могут сорваться и являются постоянной угрозой для оползневых масс.

Пылевато-глинистая осыпь и оползневый суглинистый делювий, глазом закрывающие подстилающие на склонах скальные массивы, выступают как недренирующие водоупорные поверхностные слои, которые при насыщении водой становятся оползнеопасными. Эти глинистые слои в пластическом состоянии обладают низким коэффициентом трения, легко соскальзывают по скальному дожу. Особенно резко снижается коэффициент трения набухающих глин, чувствительных к изменениям влажности; трещиноватые и недоуплотненные разности этих глин постоянно испытывают на себе действие мигрирующей влаги то в одном, то в другом направлении.

Опасность грандиозных подвижек хранят в себе и стабилизировавшиеся на время древние оползни, могущие активизироваться как от фильтрационного, так и от тектонического факторов, или при их взаимном действии.

В карстовых зонах растворимость скальных грунтов часто сопровождается внезапными обрушениями, провалами и оползнями также в период муссонных дождей.

Из вышеперечисленного неполного перечня факторов вырисовывается достаточно пестрая ситуация гималайских оползней. Каждый из них уникален, но можно констатировать, что в большинстве оползней доминирует гравитационно-фильтрационный фактор движущейся воды.