

**ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ, ОТКОСОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ**

Розглядається механізм утрати тривкості ґрунтів і порід при зволоженні до рівноважних станів, що приводить подібні системи до квазірідкого стану, особливо в основі схилів. Даються рекомендації по боротьбі та попередженню зсувів, ерозії, вивітріння з урахуванням термодинамічного підходу.

**ABOUT STABILITY OF SLOPES, SLOPES AND BOARDS OF QUARRIES**

The mechanism of grounds' and soils' firmness loss at wetting up to the equilibrium states, which leads similar systems to quasy-liquid state, especially at the slopes' feet is considered. The recommendations on the struggling and preventing erosion, winding out with consideration of thermodynamic approach are given.

Основным фактором, оказывающим вредное влияние на устойчивость откосов различного назначения и склонов балок, является увлажнение, связанное соответственно с потерей прочности ґрунтов и пород. Обусловлены они природными, сложными инженерно-геологическими и горнотехнологическими условиями, во многом зависят от инженерной подготовки карьеров. Ґрунты и породы склонов, откосов и бортов карьеров принято рассматривать как сплошные среды без учета поверхностных явлений взаимодействия их с водой, что недостаточно для определения механизма протекающих процессов и назначения рациональных мероприятий.

Рассмотрим физико-химико-механические свойства ґрунтов и пород, в которых развиваются вредные процессы: набухание, усадка, промерзание-оттаивание, оползни, солюфлюкция, эрозия. По своим физическим свойствам глинистые ґрунты и породы при равновесных влажностях, т.е. полного их водонасыщения ведут себя как вязкие жидкости, а при высыхании приобретают свойства твердых тел.

Особенностью подобных аморфных сред являются высокая гидрофильность, сродство к воде (вернее водным растворам электролитов) и газам аномальными водородными связями (ВС) между молекулами воды. Тетраэдрическое строение молекул воды матрично отразилось на тетраэдрическом строении алюмосиликатов глинистых минералов ґрунтов и пород. Глинистые ґрунты и породы имеют огромную поверхностную энергию, которая проявляется в физико-химико-механических свойствах и связанное с устойчивостью склонов, откосов, бортов карьеров. Основная роль в этих вопросах принадлежит воде с ее особенностями.

На это первым обратил внимание академик В.И. Вернадский [1] и отмечал: "выветривающиеся горные породы как тела, у которых каркасом является сложнейшее переплетение водных пленок", а заполнителем считал "минеральную массу и газообразные вещества. Свойства каркаса породы, т.е. свойство пленочной воды, определяется природой заполнителя" и далее "нет природного тела, которое могло сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Под влиянием свойственных воде молекулярных сил, ее парообразного состояния, вездесущности в верхней части

планеты ею проникнуто и охвачено".

Взгляды В.И. Вернадского имеют отношение к вопросу: что является несущим скелетом пленки воды или твердые частицы? Взаимодействие грунтов и пород с водой происходит на молекулярном уровне и определяется давлениями при образовании первых монослоев сжатием молекул воды в несколько десятков тысяч атмосфер, по мере удаления от поверхности частиц с убыванием до атмосферного давления. Процесс увлажнения грунтов и пород происходит ограниченно до тех пор, пока компенсируются все активные центры, которые могут удерживать молекулы воды, и система придет к равновесному состоянию, т.е. минимуму свободной энергии. Полному водонасыщению соответствует влажность набухания или равновесная влажность набухания при данной внешней нагрузке. [2] При равновесных влажностях грунты и породы находятся на границе геля и золя и могут приравняться к квазижидким средам. [3] При равновесных состояниях пленки воды между частицами имеют квазикристаллическую упорядоченную структуру, ее еще называют "жидким льдом". Скелет из пленок воды воспринимает давление от веса столба вышележащих слоев грунтов и пород. Между равновесной влажностью и прочностью существует обратнопропорциональная зависимость. Прочность и разрушение грунтов и пород относятся к категории физико-химико-механических процессов. При одинаковых внешних нагрузках различные глинистые грунты и породы имеют одну и ту же прочность, что соответствует одинаковым потенциалам давления воды в пленках через энергетические барьеры ВС между молекулами воды. [4]

Рассмотрение свойств грунтов и пород с термодинамическим подходом позволяет представить механизмы прочности разрушения и их регулирования. Между равновесной влажностью, теплотой смачивания-набухания и давлением в пленках воды существует параллелизм. [5] Распределение с глубиной давления ( $P$ ) для грунтов и пород при равновесных влажностях подчиняется закону Блеза Паскаля (или иначе еще называют "бочка Паскаля").  $P = gH\gamma_{\Gamma}S$  в Па, где  $g$  - ускорение силы тяжести 9,8 Н/кг;  $H$  - высота столба грунта или породы над площадкой  $S$  в м;  $\gamma_{\Gamma}$  - плотность водонасыщенного грунта или породы в кг/м<sup>3</sup>;  $S$  - удельная площадка на рассматриваемой глубине в м<sup>2</sup>.

Формирование инженерно-геологических свойств грунтов и пород зависит от распределения давления столба вышележащих толщ при соответственном изменении равновесных влажностей с глубиной.

Прочностные свойства глинистых грунтов и пород с глубиной при горизонтальной поверхности и наличии склона изменяются по-разному.

Для элемента грунта на площадке  $S$  и наличии склона с углом  $\alpha$  к горизонту равновесие можно представить в следующем виде:

$$(gH\gamma_{\Gamma}S)^2 = (gH\gamma_{\Gamma}S \cdot \sin\alpha)^2 + (gH\gamma_{\Gamma}S \cdot \cos\alpha)^2.$$

При росте угла  $\alpha$ , что бывает при подрезке склона  $\cos\alpha \rightarrow 0$ , а  $\sin\alpha \rightarrow 1$ ,

т.е. нормальная составляющая исчезает, а касательная достигает своего максимума.

На поверхности подрезной части склона произойдет дополнительное увлажнение со стороны грунтопородомаассива, а это уменьшит прочность грунта локально.

Из следствия закона Б. Паскаля при подрезке склона произойдет увеличение давления в пленках воды и будет наблюдаться рост движения влаги в грунте к поверхности подрезанной части склона. То же самое произойдет при высачивании подземных вод у подножья склона вследствие поднятия уровня грунтовых вод. При этом в результате снижения давления насыщенного пара до атмосферного давления в движущей воде пленок образуются пузырьки газа, которые мгновенно схлопываются, вызывая кавитацию. Последняя действует разуплотняюще и разрушающе на структуру грунта и породы.

Равенством нормальных  $gH\gamma_{\Gamma} S \cdot \cos\alpha$  и касательных  $gH\gamma_{\Gamma} S \cdot \sin\alpha$  деформаций характеризуется первая стадия упругопластичного деформирования грунтов на склоне и откосах карьеров.

Во второй стадии происходит разрушение склона и откоса с образованием оползня и плоскости сдвига.

Разрушение склонов, откосов начинается с поверхности у их подножий, где грунты и породы наиболее увлажнены и развито повышенное давление.

В качестве рациональных мер борьбы и предупреждения оползней на склонах и откосах карьеров можно рекомендовать бурение горизонтальных дренажных скважин. Это позволяет сбросить давление в "бочке Паскаля" и произвести осушение вскрываемой толщи.

Временное и постоянное дренирование может быть осуществлено путем пригрузки поверхности у подножья склонов и откосов мощением из камня по дренирующей песчано-щебеночной подготовке.

В настоящее время за рубежом широко используется для пригрузки и защиты склонов и откосов от эрозии специальные сетки-маты (ЕНКомат  $S$ , геокмпозитный материал) со щебеночным наполнителем (диаметр фракции 2-6 мм) и посевом многолетних трав, поставляемые компанией "Евроизол" (Германия). Сетки-маты (толщиной 10-20 мм) ЕНКомат  $S$  крепятся специальными костылями и анкерами, защищают откосы и склоны от выветривания, эрозии и оползней. Имеется несколько типов с высокой прочностью, дренирующей способностью, устойчивостью к атмосферным воздействиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. История природных вод. – Л.: Госхимиздат, 1933, вып 1.
2. Артеменко Т.К. Исследование глинистых грунтов при попеременном набухании и усадке под статическими нагрузками. Инж. изыск. в строительстве, 3 (5). К. – 1967. – С. 10-17.
3. Кульчицкий Л.И. К определению понятия глинистых минералов. Изв. АН СССР. Серия геолог. М.: – 1969. – С. 98.
4. Артеменко Т.К. К вопросу оценки устойчивости склонов по изменению влажности-прочности глинистых грунтов. Вопросы маркшейд. дела на открытых разработках. // Материалы совещания по изучению устойчивости откосов на карьерах. Часть 1. – Белгород, 1971 – С. 49-52.
5. Думанский А.В. Лиофильность дисперсных систем. Киев: изд. АН УССР, 1969. – С. 55.