



$$\sigma_z = 0,5(K_{01} + K_{02})p. \quad (5)$$

$$b_1 = b_0; \quad l_1 = 2(l_0 - x);$$

$$b_2 = b_0; \quad l_2 = 2x.$$

Получено 17.05.2002

УДК 624.131.3

Т.К.АРТЕМЕНКО

Национальная горная академия Украины, г.Днепропетровск

С.А.БЫЧКОВ

Днепропетровская областная государственная администрация

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ, ОТКОСОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Рассматривается механизм потери прочности грунтов и пород при увлажнении до равновесных состояний, что приводит подобные системы к квазижидкому состоянию, особенно у подножий склонов. Даются рекомендации по борьбе и предупреждению оползней, эрозии, выветривания с учетом термодинамического подхода.

Основным фактором, оказывающим вредное влияние на устойчивость откосов различного назначения и склонов балок, является увлажнение, связанное соответственно с потерей прочности грунтов и пород. Обусловлены они природными, сложными инженерно-геологическими и горнотехнологическими условиями, во многом зависят от инженерной подготовки карьеров. Грунты 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 грунтов и пород, в которых развиваются вредные процессы: набухание, усадка, промерзание-оттаивание, оползни, соллофлюкция, эрозия. По своим

физическим свойствам глинистые грунты 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 грунтов и пород. Глинистые грунты 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 наполнителем 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 приравниваться к квазизидким 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 об-

ратно пропорциональная 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"). $P = gH\gamma_r S$ в Па, где g – ускорение силы тяжести 9,8 Н/кг; H – высота столба грунта или породы над площадкой S в м; γ_r – плотность водонасыщенного грунта или породы в кг/м³; S – удельная площадка на рассматриваемой глубине в м².

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 α к горизонту равновесие можно представить в следующем виде:

$$(gH\gamma_r S)^2 = (gH\gamma_r S \cdot \sin \alpha)^2 + (gH\gamma_r S \cdot \cos \alpha)^2.$$

При росте угла α , 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 грунтопородомассива, 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 $gH_{\gamma} S \cdot \cos \alpha$ и касательных $gH_{\gamma} S \cdot \sin \alpha$ 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 , геокомпозитный 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.

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 влажностно-прочности глинистых грунтов. Вопросы маркшейд. дела на открытых разработках // Материалы совещания по изучению устойчивости откосов на карьерах. Ч.1. – Белгород, 1971. – С. 49-52.

5. Думанский А.В. Лиофильность дисперсных систем. – К.: Изд-во АН УССР, 1969. – С. 55.

Получено 17.05.2002