

ПРОЧНОСТЬ ЧЕРЕЗ РАЗРУШЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Тривкість і руйнація ґрунтів і порід розглядаються як фізико-хіміко-механічні процеси аморфних середовищ, обумовлених водневими зв'язками між молекулами води, що установлені відповідно до розмірів зовнішніх навантажень від ваги стовпа прошарків, що лежать вище, при рівноважних вологостях. Вони засновані на розподілі тиску в ґрунтопорідному масиві за законом Б. Паскаля, слідства з якого викликає скипання флюїдів із виділенням пухирців газу, їх зхлопування і кавітацію, що діють руйнуючі на ґрунти і породи при максимальній ентропії.

DURABILITY THROUGH DESTRUCTION CLAY GROUNDS AND ROCKS

The firmness and destruction of grounds and rocks are considered as physical-mechanical processes of amorphous media, caused with hydrogen links between the molecules of water, which are set up according the magnitudes of internal loads from the weight of the table of upper laying layers at equilibrium humidity. They are based on the distribution of the pressure in the ground-rock massif by Pascal Law, the consequence from which causes the boiling of fluids with escaping gas bubbles, their clapping and cavitations acting in a destructive way on grounds and rocks at maximum entropy.

Прочность и разрушение глинистых грунтов и горных пород имеют актуальное значение во многих сферах деятельности человека, особенно при освоении недр, гражданском и промышленном строительстве. Глинистые грунты и горные породы чаще рассматриваются сплошными средами с линейными деформациями от внешних нагрузок без учета поверхностных явлений, происходящих при взаимодействии их с водой (водными растворами электролитов) и газами.

Вода первой воспринимает все воздействия на грунты и породы, является активационным фактором с аномальными свойствами, хорошим растворителем различных минералов и газов, особенно с ростом давления от веса столба вышележащих толщ.

В естественных условиях все процессы в грунтах и породах направлены к равновесию систем, когда все активные центры, удерживающие молекулы воды и газов, скомпенсированы, а свободная энергия их равна нулю.

Увлажнение грунтов и пород сопровождается теплотой смачивания-набухания, что проявляется в выделении 340 Дж/г (или 81 кал./г) при поглощении одного грамма воды. Это позволяет рассматривать процессы в глинистых грунтах и породах энергетически с использованием коллоидной химии, физикохимии, термодинамики, понятия о структуре воды, особенностей водородных связей (ВС) между молекулами воды. [1]

При таком подходе можно взглянуть гораздо шире, дать объяснение большинству протекающих процессов, в том числе прочности и разрушения подобных сред, а также решать на строгой научной основе проблемы пучения выбросов, оползнеобразования, выпоров, сплывов и сдвижения.

Глинистые грунты и породы являются аморфными системами, где вода и га-

зы играют одну из важнейших ролей в их энергетике, изменении физико-химико-механических свойств под влиянием различных факторов, связанных с аномальным поведением ВС.

Первым обратил внимание на особое значение воды академик В.И. Вернадский [2], он рассматривал "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".

Глубокий смысл высказываний В.И. Вернадского послужил отправной точкой наших исследований. В порах и трещинах грунтов и пород структура воды и газа образует "жидкий лед" с квазикристаллическим строением, имеет промежуточное положение между водой и льдом.

С приближением к равновесному состоянию влаги [3] аморфность грунтов и пород нарастает, что связано с увеличением пробега, совершаемым движением и осуществлением обмена между молекулами воды, газа, т.е. энтропийность. Неупорядоченность системы нарастает, приближаясь к своему максимуму.

В результате грунты и породы в зависимости от увлажнения изменяют свою прочность в широких пределах, между влажностью и прочностью существует обратно пропорциональная зависимость. Это позволяет по изменению равновесных влажностей определять прочность грунтов и пород [8].

Применяемые в настоящее время испытания на сдвиг, одноосное и трехосное сжатие грунтов не в полной мере соответствуют условиям разрушения грунтов и пород в массивах. Это связано с разгрузкой и метастабильностью среды в результате пройденной выработки, способа отбора, подготовки образцов и методики испытания, что особенно проявляется с глубиной, т.е. ростом давления от веса столба вышележащих слоев пород.

Распределение давления (P) по глубине в глинистых грунтах и породах при равновесных влажностях и данных величинах внешних нагрузок подчиняется закону Блеза Паскаля, или иначе еще называют "Бочка Паскаля" [4].

$P = gH\gamma_r S$ 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.

По своим физическим свойствам глинистые грунты и породы при равновесных влажностях ведут себя, как вязкие жидкости, где внешняя нагрузка полностью воспринимается пленками воды. С уменьшением влажности грунтов и пород происходит наоборот внешняя нагрузка, которая больше передается на твердую фазу частиц, грунтопородомассив приобретает свойства твердых тел.

Действие закона Б. Паскаля проявляется своим следствием, заключающимся в том, что в приконтурной зоне выработки в породах и грунтах наблюдается

возрастание давления в движущейся поровой воде во столько раз, во сколько ее сечение меньше сечения, нарушенного ею породного массива. [7]

Допустим, что на сечение выработки S_1 и сечение нарушенного ею породного массива S_2 действуют соответственно силы F_1 и F_2 . Давление на сечение выработки будет равно $\frac{F_1}{S_1}$, а на сечение нарушенного выработкой породного

массива – $\frac{F_2}{S_2}$. По закону Паскаля давление во всех точках покоящейся жидко-

образной грунтопородной массы одинаковое, т.е. $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$, откуда $F_1 = \frac{F_2 \cdot S_1}{S_2}$ -

имеем то, о чем было сказано выше.

Движущиеся флюиды в порах и трещинах околоконтурной части выработки испытывают сжатие и растяжение, что сопровождается их разрывом с выделением пузырьков газа. Связано это с резким спадом давления насыщенного пара воды и газа до атмосферного в результате пройденной выработки.

Пузырьки газов мгновенно схлопываются, создавая микрогидравлические удары в виде мириады уколов с огромной силой, вызывая кавитацию. Согласно расчетам Релея при спаде пузырьков развиваются давления в несколько десятков тысяч атмосфер, что приводит к высокой активности молекул воды и переходу грунтов и пород в квазиразжиженному состоянию. В другой работе [5] развитие процесса кавитации в активируемой системе вызывает возникновение давления в жидкой фазе около 300 МПа и локальному температурному всплеску до 6000 К за время 40 мкс. Возникающий микрогидравлический удар ускоряет процесс диссоциации молекул. [6] Кавитация приводит к пентизации агрегатов и частиц грунта и породы.

Совокупность вышеописанных процессов и особенно кавитационного воздействия на структуру водных растворов, грунта и пород приводит к пентизации, диспергированию агрегатов и частиц.

Исследования проводились на глинах и суглинках, являющихся продуктами выветривания аргиллитов, алевролитов и песчаников.

Основываясь на законе соответственных состояний и адекватности взаимодействия воды и газов с поверхностью глинистых частиц грунтов и пород: аргиллитов, алевролитов, песчаников, соли позволяет рассматривать их свойства совместно, дополняя друг друга с учетом природных внешних нагрузок и соответственно равновесных влажностей. [7]

Аргиллиты, алевролиты, песчаники в верхней части земли, особенно на дневной поверхности, быстро переходят в глинистые грунты, представленные в виде склоновых и оползневых накоплений. В них интенсивно проявляется набухание, усадка, оползни с выпорами и сплывами, а в горных породах при вскрытии выработками – пучение, пережимы пластов, выбросы и сдвиги, вызванные вышеописанными явлениями.

Для различных глинистых грунтов устанавливаются одинаковые потенциа-

лы давлений при одних и тех же нагрузках, что свидетельствует об однообразном характере структурных связей, основанных на энергетических барьерах водородных связей между молекулами воды. [8]

Важнейшим вопросом теории прочности являются критерии разрушения, предложено их несколько и подразделяются они на силовые, деформационные и энергетические. Последние основываются на оценке работы деформирования.

Кинетику разрушения условно можно разделить на два процесса-периода.

Первый характеризуется объемными упруго-пластичными деформациями и переходом от одного к другому равновесному состоянию без разрыва сплошности среды и образования трещин. К ним относятся набухание, усадка, выдавливание грунтовой массы, пластичные изменения формы под действием собственного веса. В горных породах – пучение, сдвигание, пережимы пластов, выдавливание [9].

За критерий деформации первого периода следует принять равенство нормальных ($gH\gamma_r \cdot \cos 45^\circ$) и касательных ($gH\gamma_r \cdot \sin 45^\circ$) деформаций при действии соответственно одинаковых напряжений и соблюдении следующего условия: $gH\gamma_r \cdot \sin 45^\circ = gH\gamma_r \cdot \cos 45^\circ = gH\gamma_r \cdot 0,707$.

Энергетически этот процесс можно представить как равенство деформирования и восстановления микрообъемов аморфной среды или разрыва и восстановления ВС между молекулами воды.

Второй период разрушения проявляется в образовании скрытых и видимых трещин в грунтопородомассиве, развивающихся с нарастающей скоростью до образования оползней с плоскостью сдвига, выпора, сплывов в глинистых грунтах, вывалов и выбросов в горных породах.

Энергетически второй период разрушения характеризуется компенсированием накопленной потенциальной свободной энергии, проявляющимся при снятии внешней нагрузки в результате пройденной выработки.

Для практических целей предупреждение развития процессов второго периода за начало принимается первый период, связанный с упруго-пластическими деформациями, которые служат критерием начала разрушения.

Таким образом, прочность и разрушение грунтов и пород основаны на физико-химико-механических процессах через потенциалы давления энергетических барьеров водородных связей между молекулами воды, которые устанавливаются в соответствии с величинами внешних нагрузок и совокупности явлений по закону Б. Паскаля, следствием из этого закона, активацией молекул воды при кавитации, вызванной схлопыванием пузырьков в воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов.- Киев: изд. АН УССР, 1961. – С. 52-54, 96, 144.
2. Вернадский В.И. История природных вод. – Л.: Госхимиздат, 1933, вып 1.
3. Артеменко Т.К. К вопросу об изучении инженерно-геологических свойств глинистых грунтов на оползневых склонах. // Материалы науч.-техн. конференции, 20-23 апреля, 1965. – М.: ПНИИС, 1965. – С. 159.
4. Артеменко Т.К. Проблемы просадок и оползней в условиях Приднепровья. // Сб. науч. трудов НГАУ. – Днепропетровск, т.4, №6, 1999. – С. 172-176.
5. Ультразвуковая технология. // Под ред. Аграната Б.А.. – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.

6. Очерки физики и химии низкотемпературных плазм. // Под ред. Полака Л.С. – М.: Химия, 1971. – 356 с.
7. Артеменко Т.К. Применение термодинамики влаги и газов в углях, породах, соли к их выбросам в шахтах. Наук. Вісник НГАУ. – Днепропетровск, №6, 1999. – С. 8-10.
8. 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.
9. Бычков С.А., Артеменко Т.К. Новое о природе оползней, пучении, выбросах в глинистых грунтах и горных породах. // Будівельні конструкції. Вып. 54. – Київ: НДІБК, 2001. – С. 132-135.

УДК 539.3

В.А. Герасик

ВНУТРЕННИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ТИПА

Отримано точне рішення вісі симетричної задачі про внутрішні джерела Р- і SV - хвиль у півпросторі з вільною границею, однаково прийнятне як у ближньої, так і в далекій зоні, що враховує довільну тимчасову залежність джерела. На основі отриманого рішення цієї нестационарної задачі досліджується структура хвилі Релея, зокрема, розглядається питання про формування цієї поверхневої хвилі в епіцентральної зоні. Запропоновано точні вираження, що характеризують витріщання середовища внутрішнім джерелом.

INTERNAL SEISMIC TYPE NON-STATIONARY SOURCES

The exact decision of axis symmetric task about internal sources of waves in half-space with free border equally accepted as in near and in a distant zone is received that takes into account any temporary source dependence. On the basis of the received decision of this non-stationary task the structure of Relay wave, in particular, is investigated the question on formation of this superficial wave in epicentral zone is considered. The exact expressions describing environment crack-off by internal source are offered

Интерес к задачам о действии внутреннего источника в упругом полупространстве был вызван, с одной стороны, необходимостью созданием методов контроля над проведением ядерных испытаний, а с другой – постоянным совершенствованием сейсмометрической аппаратуры, в связи с чем возникла необходимость более точной интерпретации данных о процессах, происходящих в земной коре. Подобные задачи, в частности, для однородного полупространства, рассматривались в ряде работ, тем не менее, анализ точного решения в известной автору литературе не проводился. Как правило, при решении этих задач используются методы, развитые в ранних отечественных работах [3, 4], где на основе метода контурных интегралов исследуется приближения ближней и дальней зоны, в то время как на западе широкое распространение получили точные и приближенные решения, полученные применением метода Каньяра [1, 2]. Например, в [6] приводится аналитическое решение плоской задачи о линейном источнике Р - SV волн.

Пусть однородное изотропное упругое тело плотности ρ со скоростями продольных волн α и поперечных β занимает полупространство $z > 0$. В точке $z = h$, $r = 0$ цилиндрической системы координат (r, φ, z) расположен точечный источник Р - SV волн. В силу независимости движений Р, SV в средах с гори-