

ИЗУЧЕНИЕ НАБУХАЕМОСТИ ФОСФОГИПСА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Данная статья посвящена определению характеристик набухания техногенного грунта – фосфогипса из отвалов Гомельского химического завода. Для анализа в зоне между старыми отвалами был отобран образец, представляющий собой смытую и, соответственно, более мелкую фракцию по сравнению с той, что представлена на самих отвалах. Результаты анализа показали, что свободное набухание грунта составило 0,0033 (0,33 %) относительно первоначальной высоты образца, влажность набухания после проведения испытания составила 27 %. Таким образом, исходя из критериев набухаемости, фосфогипс не обладает способностью к набуханию.

Под набухаемостью понимают способность грунтов увеличиваться в объеме и развивать давление набухания в процессе гидратации или взаимодействия с химическими растворами [1]. Набухание наиболее выражено в слабосцементированных переуплотненных глинистых грунтах, формирующихся в условиях засушливого климата и содержащих глинистые минералы с раздвижной кристаллической решеткой, а также органические вещества. Оно характерно для грунтов с коагуляционными и переходными типами контактов. У всех набухающих грунтов после замачивания наблюдается снижение плотности, переход в пластичную консистенцию и уменьшение прочностных характеристик.

Набухание обусловлено осмотическими, капиллярными и адсорбционными процессами поглощения грунтом влаги при главном влиянии осмотических процессов. Благодаря этим процессам постепенно возрастает влажность грунта, толщина водных пленок вокруг частиц и одновременно увеличивается толщина двойного электрического слоя на поверхности грунтовых частиц, что приводит к возникновению расклинивающего давления в основном за счет ионно-электростатической составляющей. Последний фактор непосредственно влияет на изменение объема и плотности грунта, а также прочностных показателей.

Существует две стадии набухания: внутрикристаллическое и макронабухание. На первой стадии не происходит изменения объема грунта, который в это время гидратируется до влажности, близкой к максимальной гигроскопической с образованием прочносвязанной воды. На второй стадии происходит увеличение пористости и объема системы за счет осмотического давления.

Набухание грунта в ходе насыщения обратно пропорционально начальной влажности. Также на процесс набухания оказывает влияние температура и внешнее давление. При определенном приложении внешней силы можно сократить набухаемость грунта до нуля.

Для определения набухаемости был отобран образец фосфогипса нарушенной структуры с территории отвалов в зоне влияния ОАО «Гомельский химический завод». Образец был отобран в зоне между старыми отвалами на западной окраине территории завода около гидрогеологических скважин 5А и 5Б. Образец представляет собой смытую и, соответственно, более мелкую фракцию по сравнению с той, что представлена на самих отвалах.

Фосфогипс представляет собой продукт отходов химической

промышленности, образующийся при производстве экстракционной фосфорной кислоты сложных фосфорсодержащих удобрений из апатита и фосфорита [2]. В Беларуси его отвалы начали формироваться с 1969 г., когда Гомельский химический завод освоил выпуск фосфорных удобрений на основе апатитовых концентратов (с 2008 г. с добавлением фосфоритовых концентратов). За 50 лет накопилось более 20 млн. т. фосфогипса, сконцентрированных на площади 89 га. Ежегодные его накопления составляют более 350 тыс. т.

Минеральный состав фосфогипса Гомельского химзавода представлен $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 97,0–97,2 %, AlPO_4 – 0,8–1,2 %, Na_2SiF_6 и K_2SiF_6 , H_3PO_4 – 0,7–0,85 %, $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и CaF_2 – 0,7 %.

В рамках исследования образец фосфогипса был помещен под бинокулярный микроскоп и сфотографирован при семикратном увеличении (рисунок 1).

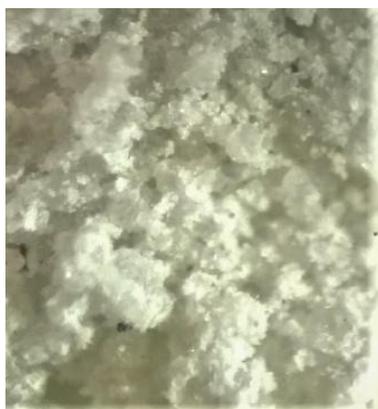


Рисунок 1 – Образец фосфогипса с Гомельского химзавода в бинокулярном микроскопе при семикратном увеличении

По внешнему виду фосфогипс – это полидисперсный материал серо-белого цвета, представленный агрегатами частиц, комками с межагрегатными пустотами. Он содержит примеси неорганических и органических соединений, водорастворимых и водонерастворимых, адсорбированных на поверхности кристаллов. По гранулометрическому составу фосфогипс близок к пылеватому песку. Содержание частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75 %, а частиц менее 10 мкм около 40–55 %. В отвалах он содержит до 40–50 % влаги, при которой при механическом воздействии способен разжижаться с выделением свободной воды и уменьшением объема.

Полная влагоемкость фосфогипса составляет 65–70 %. Максимальная влагоемкость составляет 15–16 %, что характеризует его способность удерживать влагу силами молекулярного сцепления. Пластическими свойствами он не обладает, в жгут не раскатывается. Его удельная поверхность составляет 3400–4300 $\text{cm}^2/\text{г}$.

По данным Гомельского отдела РУП «Геосервис», плотность фосфогипса Гомельского химзавода при естественной влажности изменяется в интервале значений от 1,09 до 1,72 $\text{г}/\text{см}^3$, плотность твердой фазы – от 2,53 до 2,83 $\text{г}/\text{см}^3$; угол естественного откоса при влажности, равной 44 %, составляет 55°.

Фосфогипс обладает квазитропными свойствами, он способен разжижаться при вибрации, встряхивании или перемешивании. При уплотнении происходит уменьшение пористости, отжатие и перемещение воды по массе. Значения коэффициента сжимаемости, модуля общей деформации и

коэффициента пористости зависит от величины нагрузки уплотнения.

Фосфогипс предназначен для проведения мелиорации сельскохозяйственных земель, в том числе он может использоваться в цементной промышленности в качестве добавки-минерализатора при обжиге цементной шихты и добавки-регулятора сроков схватывания цемента при помоле цементного клинкера. Предел прочности фосфогипса превышает требования нормативов от двух до десяти раз. Морозостойкость и модуль упругости материала – в два раза выше требований, он не подвержен пучинистости зимой. Фосфогипс можно применять при строительстве в болотистых местностях. Для дорог, построенных с применением этого материала, не требуется дренажного слоя из песка. Имеются другие предложения по использованию фосфогипса.

Для проведения опыта образец фосфогипса нарушенной структуры, описанный выше, высушили в сушильном шкафу при температуре 107 °С до постоянной массы. Как было описано в источнике [1], способность к набуханию зависит от начальной влажности, поэтому для проведения опыта образец был высушен фактически до нулевой влажности с удалением всей свободной воды.

После сушки образец был помещен в режущее кольцо ПНГ путем кругового врезания кольца в монолит. Излишки были срезаны ножом с ровным лезвием. Далее образец поместили в ПНГ и начали испытание.

За первые 10 минут образец начал давать усадку, что может быть связано с неровностями поверхности образца и их распределением по всей площади после капиллярного насыщения. В последующие 50 минут образец набухал, причем за первые 20 минут относительная деформация образца происходила гораздо интенсивнее, чем в оставшееся время. Через 2 часа после начала испытания образец дал усадку, что может быть связано с цементацией. В последующие сутки относительный размер образца не изменился. Кривая набухания приведена ниже (рисунок 2). При построении кривой не учитывалось время начальной осадки в первые 10 минут после начала испытания.

Свободное набухание грунта составило 0,0033 (0,33 %) относительно первоначальной высоты образца. Влажность набухания после проведения испытания составила 27 %. В соответствии с СТБ 943-2007 набухающими считаются глинистые грунты, у которых свободное набухание не менее 0,04 (4 %). Исходя из этого можно заключить, что фосфогипс не обладает способностью к набуханию.

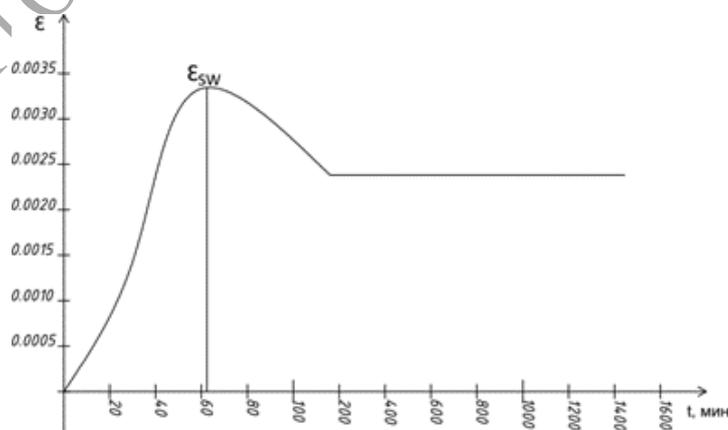


Рисунок 2 – Кривая набухания образца фосфогипса, отобранного около гидрогеологических скважин 5А и 5Б в зоне влияния Гомельского химзавода

После проведения опыта образец был удален из режущего кольца с применением больших усилий и по прочностным свойствам напоминал цемент. При этом в естественном залегании образец находился в дисперсном состоянии, и не происходила его цементация. Можно заключить, что фосфогипс обладает способностью к цементации после постепенного насыщения из абсолютно сухого состояния.

Литература

1 Грунтоведение / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – 6-е изд., переработ. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

2 Инженерная геология Беларуси: монография: в 3 ч. Ч. 1: Грунты Беларуси / А. Н. Галкин. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – 367 с.

3 Практикум по грунтоведению / Е. А. Вознесенский [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева. – Москва : Изд-во МГУ, 1993. – 390 с.

4 Абуханов, А. З. Механика грунтов / А. З. Абуханов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 352 с.

5 Скипин, Л. Н. Возможности рекультивации буровых шламов и солонцов с использованием фосфогипса / Л. Н. Скипин, Н. В. Храмцов, С. А. Гузеева, В. С. Петухова // Аграрный вестник Урала. – № 6. – 2013. – С. 71–73.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ