

В [3] показано, что можно сделать теплые двухслойные стены толщиной менее 400 мм с применением стеновых ТЭ ГАТов или ТЭ гидрофобизированных ПЦИ в «компании» с изделиями «Перизол». Производство ТИ и ТЭ ПЦИ с регулируемой W_c начато в Украине в 1999 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опекунов В. В. Конструкційно-теплоізоляційні бу-

дівельні матеріали на основі активованих сировинних компонентів. – Киев: Академперіодика, 2001. – 216 с.

2. Опекунов В. В. Конструкційно-теплоізоляційні бетони. – Киев: Академперіодика, 2002. – 270 с.

3. Опекунов В. В. Цементные перлитобетоны и их применение. – Киев: Академперіодика, 2004. – 45 с.

4. Галузо Г. С. Технология изготовления и физико-технические свойства энергосберегающих теплоизоляционных стеновых отделочных материалов // Эффективные материалы, конструкции и технологии: Сб. науч. тр. конф. / БелНИИС. – Мн., 2000. – С. 76–82.

УДК 502.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Докт. техн. наук, проф. БОГАТОВ Б. А.,
канд. техн. наук ШЕМЕТ С. Ф.

Белорусский национальный технический университет,
ОАО «Белгорхимпром»

Функционирование крупнейшего горнодобывающего предприятия РУП ПО «Беларуськалий», играющего важнейшую роль в экономике Беларуси, вызывает вместе с тем существенные изменения природной среды на земной поверхности и в ее недрах. Негативные последствия подземной разработки калийных месторождений проявляются прежде всего в деформации (опускании) земной поверхности над отработанными подземными выработками и отчуждении значительных площадей пахотных земель для хранения отходов калийного производства. В процессе добычи и обогащения калийной руды образуются два вида отходов: твердые галитовые, которые складировать в солеотвалах, и жидкие глинисто-солевые шламовые отходы, размещаемые в специально сооружаемых на поверхности земли емкостях – шламохранилищах. За сорок лет эксплуатации Старобинского месторождения калийных руд в Беларуси накопилось более 550 млн т твердых галитовых отходов в солеотвалах на площади около 500 га и 65 млн т жидких глинисто-солевых шламов в шламохранилищах на площади порядка 900 га.

В эксплуатируемых шламохранилищах со временем в результате процессов уплотнения и литификации глинисто-солевые шламовые отходы превратились в техногенные шламовые грунты, имеющие ряд особенностей, важней-

шим из которых является наличие в поровом пространстве насыщенных (по NaCl и KCl) рассолов с минерализацией более 300 г/л. При высыхании такого грунта в поровом пространстве из насыщенных рассолов образуются кристаллы вторичной соли, существенно изменяющие основные показатели физико-механических свойств техногенного грунта. Количество шламовых отходов постоянно растет, обостряются проблемы, связанные с сооружением новых и реконструкцией старых шламохранилищ. В этих условиях становится актуальным поиск путей утилизации техногенных шламовых грунтов, в том числе и для использования в качестве строительного материала при сооружении и реконструкции ограждающих дамб хранилищ. В рамках выполнения НИР по ГНТП «Минеральные удобрения» кафедрой горных работ БНТУ совместно с ОАО «Белгорхимпром» некоторые предложения по использованию техногенных грунтов были реализованы, но остается неизученным ряд вопросов, связанных с изменением во времени физико-механических свойств этого материала в теле ограждающей дамбы. В 2003 г. были экспериментально изучены изменения во времени t влажности W , сцепления C , угла внутреннего трения ϕ и коэффициента фильтрации K_ϕ шламовых грунтов. Графики зависимости $W(t)$, $C(t)$, $\phi(t)$, $K_\phi(t)$ представлены на рис. 1.

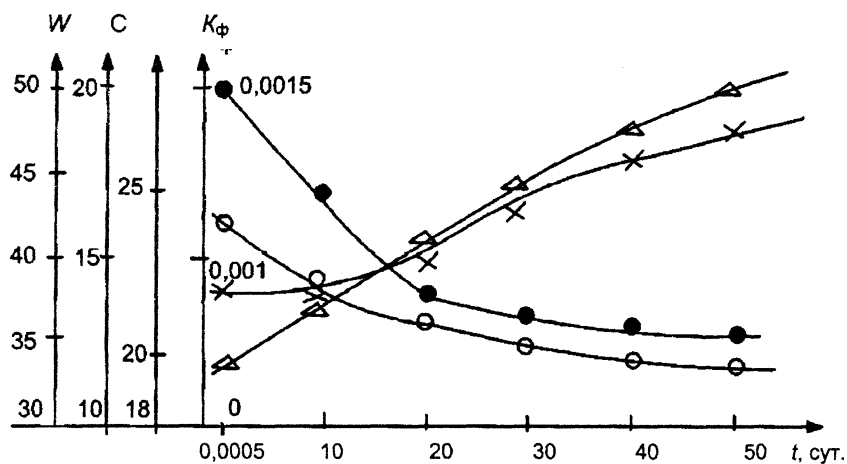


Рис. 1. -o- - W; -x- - C; -Δ- - φ; -•- - Kφ

В результате сравнительного анализа различных графиков для описания зависимости $W(t)$ была выбрана формула [1]

$$W = \frac{1}{at + b}, \quad (1)$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, для нахождения которых методом наименьших квадратов формула (1) была приведена к линейному виду:

$$y = \frac{1}{W} = at + b. \quad (2)$$

Таким образом была найдена зависимость $W(t)$ в виде

$$W = \frac{1}{0,00017t + 0,024}. \quad (3)$$

Сравнение расчетных по (3) значений W с экспериментальными величинами показало, что ошибка расхождения не превышает 2,3 %.

Практический интерес представляет определение математической зависимости сцепления частиц шламового грунта от времени его нахождения в теле дамбы.

Обращаем внимание на то, что график $C(t)$ имеет S-образный характер.

Это может указывать на пропорциональность скорости изменения сцепления в любой момент времени произведению текущего значения сцепления на оставшийся ресурс увеличения этой характеристики грунта.

Для разработки в перспективе метода расчета напряженно-деформированного состояния

тела ограждающей дамбы, построенной с использованием техногенных шламовых грунтов, были определены математические зависимости $C(t)$, $\phi(t)$, $K_\phi(t)$. С учетом характера экспериментальной зависимости $C(t)$ для ее описания была взята формула Перла

$$C = \frac{C_\infty}{1 + A e^{-kt}}, \quad (4)$$

где C_∞ – предельное значение C при $t \rightarrow \infty$; A , k – эмпирические коэффициенты.

После приведения формулы (4) к линейному виду методом наименьших квадратов были найдены $A = 0,36$; $k = -0,056$ при $C_\infty = 18$;

$$C = \frac{18}{1 + 0,36 \exp(-0,056t)}. \quad (5)$$

Сравнение расчетных значений C по (5) с экспериментом показало, что относительная ошибка не превышает 6 %. Привлекательность использования формулы Перла для описания $C(t)$ заключается в том, что она правильно, на наш взгляд, отражает физический смысл процессов, происходящих в шламовом грунте. С уменьшением влажности грунта растет сцепление его частиц, но до определенного предела. Установлено, что уже через 2 месяца (60 суток) сцепление отличается от предельного значения всего на 1,1 %, что формула и подтверждает.

Обработка экспериментальных данных $\phi(t)$ показала, что в исследованных пределах вполне подходит линейная зависимость

$$\phi = at + b. \quad (6)$$

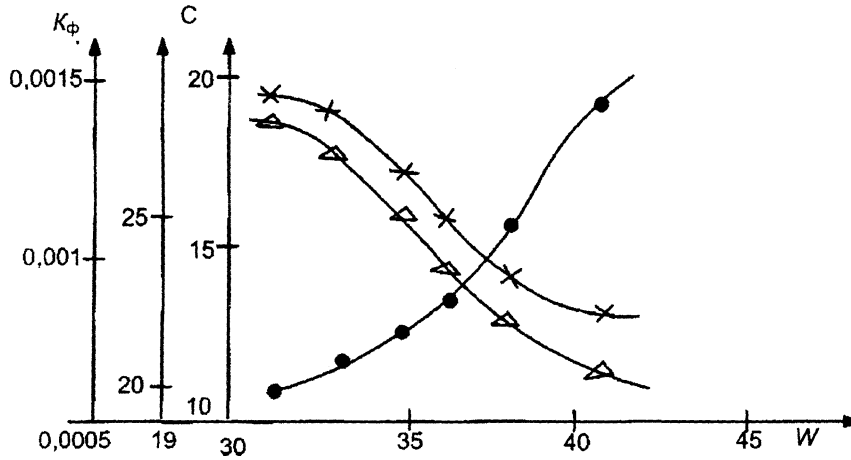


Рис. 2. Зависимости $K_{\phi}(W)$, $\phi(W)$, $C(W)$: $\times$ – C ; Δ – ϕ ; $\bullet$ – K_{ϕ}

Коэффициенты a , b найдены методом наименьших квадратов

$$\phi = 0,16t + 20,1. \quad (7)$$

Рассчитанные значения ϕ по (7) незначительно отличаются от эксперимента (ошибка не превышает 1,3 %).

И, наконец, в качестве математической модели изменения коэффициента фильтрации во времени (для условий эксперимента) взято уравнение

$$K_{\phi} = \frac{1}{at + b}. \quad (8)$$

Как уже отмечалось выше, с изменением влажности по истечении некоторого времени техногенный грунт частично сжимается и к тому же освобождающиеся от испарившейся воды поры заполняются кристаллами вторичной соли. В результате наблюдается снижение коэффициента фильтрации техногенного шламового грунта, расположенного в теле ограждающей дамбы (но обязательно изолированного от влияния атмосферных осадков полиэтиленовой пленкой).

После приведения зависимости (8) к линейному виду

$$\frac{1}{K_{\phi}} = at + b$$

методом наименьших квадратов были найдены параметры формулы ($a = 18,58$ и $b = 674,48$). Расчетные значения K_{ϕ} , определенные по формуле

$$K_{\phi} = \frac{1}{18,58 + 674,48},$$

отличаются от эксперимента не более чем на 4 %.

Таким образом, в результате математической обработки результатов наблюдений полу-

чены зависимости $C(t)$, $\phi(t)$ и $K_{\phi}(t)$. Различие вида формул может быть объяснено отличием процессов, лежащих в основе формирования указанных выше характеристик шламового грунта. Изучение физических процессов в шламовом грунте позволит оптимизировать параметры сооружаемых дамб и более полно использовать отходы данного вида.

Важнейшим свойством шламового грунта является его влажность. И поэтому, рассматривая техногенный глинисто-солевой шламовый грунт в качестве строительного материала ограждающих дамб, необходимо проанализировать связь сцепления, угла внутреннего трения и коэффициента фильтрации с влажностью (рис. 2).

В двух случаях ($C(W)$ и $\phi(W)$) – это приближенно обратные зависимости. Следовательно, для анализа корреляционных связей нужно рассмотреть линеаризованные зависимости $\frac{1}{C}(W)$; $\frac{1}{\phi}(W)$.

Зависимость $K_{\phi}(W)$ близка к линейной. Расчеты показали, что $r_{\frac{1}{C}} = 0,868$; $r_{\frac{1}{\phi}} = 0,969$; $r_{K_{\phi}W} = 0,938$. Таким образом, во всех случаях существует очень тесная корреляционная связь (практически функциональная) влажности техногенного шламового грунта и его сцепления, угла внутреннего трения и коэффициента фильтрации.

Это значит, что пригодность шламов для использования их в качестве материала при сооружении ограждающих дамб шламохранилищ можно определять лишь по его влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатов Б. А. Математические методы и модели в горном деле. – Мн.: Технопринт, 2003. – 278 с.