

Трибуна молодого ученого

УДК 624.131

ПРОЧНОСТЬ БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ

О.А. Рудой, научный сотрудник
(Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси)

Сильная заболоченность обусловила практически повсеместное распространение на территории Республики Беларусь биогенных грунтов и илов. Поэтому при осушении земель, реконструкции мелиоративных систем, осуществлении противопаводковой защиты и др. приходится иметь дело с этими видами грунтов. Специфической особенностью грунтов являются сильная сжимаемость и малая, часто чрезвычайно малая прочность. Поэтому в прошлом биогенные грунты считались непригодными в качестве оснований для сооружений и при необходимости строительства в подобных условиях убирались из основания и заменялись более прочными минеральными. Затраты при устройстве таких искусственных оснований часто были сопоставимы со стоимостью сооружения, имеющего в основании минеральные грунты.

В практике мелиоративного строительства Республики Беларусь накоплен определенный опыт строительства земляных сооружений на биогенных грунтах и илах даже с очень малой прочностью. При этом использовалась разработанная в РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси» технология, предусматривающая строго регламентируемый режим загрузки слабого основания (режим отсыпки насыпи), обеспечивающий устойчивость с учетом упрочнения биогенных грунтов в результате их уплотнения.

Для принятия инженерных решений в данном случае необходимо знать прочность биогенных грунтов в естественном залегании и ее изменение при уплотнении.

Наиболее сложным и трудоемким процессом при изучении свойств грунтов для принятия инженерных решений на начальных

стадиях проектирования является определение их компрессионных и прочностных свойств. В лабораторных условиях только для одного генетического типа грунта в каждом характерном слое необходимо отобрать не менее 5 образцов ненарушенной структуры для определения компрессионных свойств и еще столько же для прочностных свойств. Так как биогенные грунты характеризуются ярко выраженной ползучестью, то длительность только одного определения указанных показателей в лабораторных условиях составляет 3-4 месяца.

Учитывая неоднородность биогенных грунтов, при изучении их свойств в лабораторных условиях для линейных сооружений (дороги, дамбы, земляные плотины) требуется большое количество образцов ненарушенной структуры и приборов, а также длительный промежуток времени. Учитывая эти обстоятельства, задача прямого определения показателей прочностных свойств в лаборатории для всех типов сооружений становится нереальной, особенно при принятии оперативных проектных решений.

Для глинистых грунтов, изучение свойств которых имеет более длительную историю чем биогенных, строительные нормы и правила допускают определение сопротивляемости сдвигу по их плотности и консистенции. Диапазон изменения физических свойств и показателей сопротивляемости сдвигу биогенных грунтов в их естественном состоянии и при уплотнении значительно шире, чем для глинистых. Поэтому особую актуальность приобретает вопрос установления на основании экспериментальных данных связи прочности биогенных грунтов с показателями их физических свойств.

Сопротивление сдвигу грунта, при котором проявляется текучесть, в механике грунтов принято называть прочностью грунта. В настоящее время наибольшее распространение получили два вида лабораторных определений критерия разрушения грунтов: прямой срез (сдвиг) и трехосные испытания. Ввиду отсутствия сложных по конструкции приборов для трехосных испытаний в организациях мелиоративного профиля Беларуси определение прочностных характеристик осуществляется в сдвиговых приборах.

Наши экспериментальные исследования для всех типов водо-

насыщенных биогенных грунтов и илов показали, что их прочность (сопротивляемость сдвигу) возрастает пропорционально величине уплотняющей нагрузки так же, как и для большинства видов минеральных грунтов. Следовательно, изменение прочности всех видов биогенных грунтов и илов можно выразить зависимостью, аналогичной закону Кулона.

$$\tau = c' + \sigma \operatorname{tg} \phi',$$

где c' — параметр, соответствующий прочности грунта в естественном состоянии (в залежи) при $\sigma = 0$;

σ — величина уплотняющей нагрузки, МПа;

ϕ' — коэффициент, аналогичный углу внутреннего трения.

Таким образом, несмотря на широкий диапазон изменения показателей свойств различных видов биогенных грунтов и илов, их прочность возрастает пропорционально уплотняющей нагрузке. Определяющее значение на сопротивляемость сдвигу при этом оказывает вода, содержащаяся в грунтах, определяющая их структуру и свойства. Характерной чертой биогенных грунтов является присутствие в их структуре макроагрегатов. Макроагрегаты состоят, в свою очередь, из органо-минеральных микроагрегатов. Эти образования контактируют друг с другом посредством коллоидных пленок. Помимо относительно однородной структуры грунтов в них присутствуют крупные песчаные и пылеватые частицы, которые распределены по всему объему и практически не имеют контактов между собой.

Большая пористость биогенных грунтов объясняется тройкой формой пористости, а именно: пористостью внутримикроагрегатной, внутримакроагрегатной и межагрегатной. Межагрегатная пористость может составлять значительную величину от общей пористости. Так как минеральная часть в биогенных грунтах занимает незначительную часть от общего объема, то в формировании межагрегатной и макроагрегатной пористости прежде всего участвует органическая составляющая этих грунтов, которая связывает и удерживает основной объем содержащейся в грунте воды.

Образец биогенного грунта представляет собой структуру, состоящую из микроагрегатов с порами, в основном заполненными прочносвязанной водой, которые, в свою очередь, объединя-

ются в макроагрегаты с порами, заполненными рыхлосвязанной водой, а межагрегатная пористость обуславливает наличие капиллярной и гравитационной воды. При приложении уплотняющей нагрузки к образцу грунта в первую очередь происходит отжатие гравитационной и капиллярной воды, или воды межагрегатной пористости, и, соответственно, уменьшение содержания воды связанной органической составляющей. В дальнейшем происходит более плотная упаковка агрегатов, что ведет к увеличению числа контактов и, соответственно, упрочнению грунта.

Так как прочность любого грунта зависит от его структуры, определяемой комплексом факторов, количественную оценку которых учесть невозможно, то обычно принято устанавливать связь прочности с определяющими факторами. Как указывалось выше, прочность глинистых грунтов строительные нормы допускают определять по консистенции и плотности, но эти показатели определяются в основном для каждого вида грунта влажностью. Влажность биогенных грунтов несопоставимо выше, чем для глинистых грунтов. Так как твердая фаза составляет несопоставимо меньшую часть объема водонасыщенного биогенного грунта, чем глинистого, и основной объем воды в биогенных грунтах связан и удерживается органической составляющей, то можно влажность органической составляющей W_o (отношение массы воды связанной органической составляющей к ее массе) принять в качестве структурного показателя грунта, определяющего его прочность. Величина влажности органической составляющей определяется, согласно [1], в зависимости от показателей физических свойств рассматриваемого вида грунта.

На рис. 1 и 2 показано изменение прочности в зависимости от относительного изменения влажности органической составляющей в процессе уплотнения для сапропелей и отдельных видов торфов, полученные по результатам лабораторных испытаний на сдвиговых приборах.

Приведенные зависимости являются характерными и для других видов биогенных грунтов и илов и описываются степенной функцией.

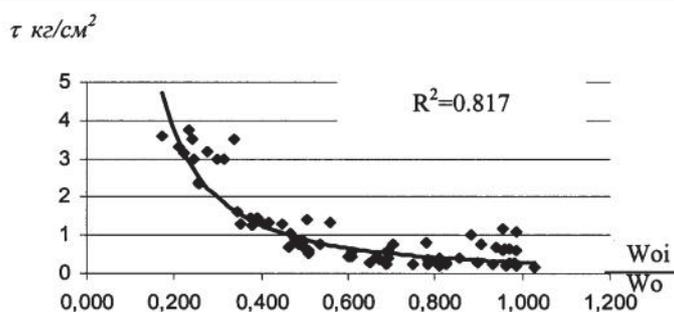


Рис. 1. Зависимость прочности от изменения влажности органической составляющей для торфов

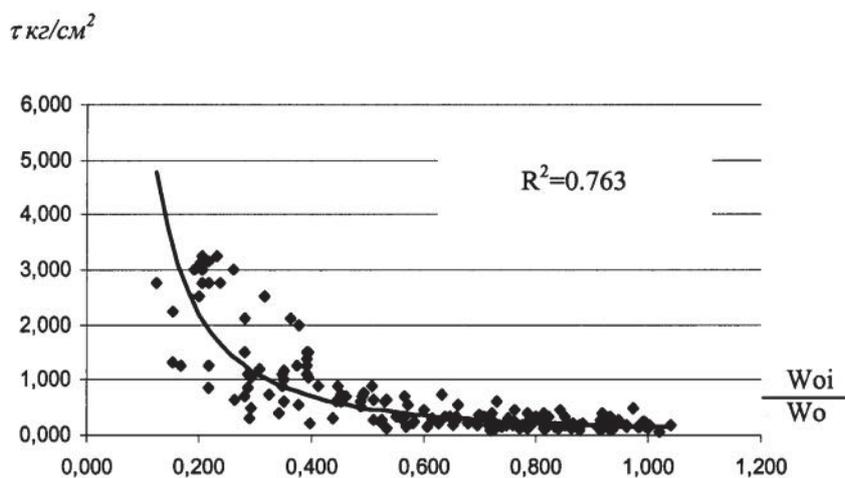


Рис. 2. Зависимость прочности от изменения влажности органической составляющей для сапропелей

Для грунтов, представленных на рис. 1 и 2, эти зависимости имеют вид:

$$\text{для торфов} \quad \tau = 0,297(W_{oi}/W_o)^{-1.569} \quad (1)$$

$$\text{для сапропелей} \quad \tau = 0,153(W_{oi}/W_o)^{-1.654} \quad (2)$$

Для всех исследованных видов грунтов существует достаточно тесная связь экспериментальных данных с указанной зависи-

мостью. Однако для различных видов биогенных грунтов и илов параметры уравнения несколько отличаются, что можно объяснить различной природой и геометрической формой частиц органической составляющей и их способностью связывать и удерживать в структуре грунта различное количество воды.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в качестве структурного показателя, характеризующего прочность биогенных грунтов и илов, при любом значении влажности грунта, достигнутой в процессе уплотнения, может быть принята влажность их органической составляющей.

Литература

1. П1-03 к СНБ 1.02.01-96 Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания для мелиоративного и водохозяйственного строительства. – Мн., 2004. – 56 с.

Резюме

На основании экспериментальных данных установлено, что для всех видов биогенных грунтов и илов сопротивление сдвигу возрастает пропорционально уплотняющей нагрузке. Так как основной объем воды, содержащейся в водонасыщенных биогенных грунтах, связывается и удерживается их органической составляющей, то влажность органической составляющей можно принять в качестве структурного показателя, определяющего прочность этих грунтов. Для всех видов биогенных грунтов и илов установлена достаточно тесная связь прочности от влажности органической составляющей.

Ключевые слова: биогенные грунты, илы, структура грунта.

Summary

Rudoy O. Fastness of biogenous soils

On the basis of experimental data it is established, that the shearing strength increases proportionally to compressing load for all kinds of biogenous soils and silts. As the main volume of water being contained in water-saturated biogenous soils is bound and retained by organic soil component, the humidity of organic component can be accepted as a structural parameter that define fastness of these soils. For all kinds of biogenous soils and silts, enough close dependence of strength from humidity of organic component is established.

Key words: biogenous soils, silts, soil structure.