

## ВЛИЯНИЕ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА НА КОМПРЕССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ТОРФА

С. И. СМОЛЬЯНИНОВ, Г. Г. КРИНИЦЫН

(Представлена органической секцией научно-методического семинара  
химико-технологического факультета)

Компрессионные показатели можно считать одними из важнейших параметров, характеризующих физико-механические свойства торфа. Основной задачей компрессионных испытаний является установление зависимости между коэффициентом пористости и внешней нагрузкой.

Как показали экспериментальные исследования и теоретические разработки, компрессионная кривая с большой степенью точности может быть выражена уравнением [1—4]

$$\varepsilon = C_1 - C \ln(P + P_k),$$

$\varepsilon$  — коэффициент пористости при давлении;

$C$  — коэффициент уплотнения компрессионной кривой;

$P_k$  — внутреннее давление на скелет торфа;

$C_1$  — постоянная, зависящая от вида торфа и его начального состояния.

Ввиду малого значения [2—3] можно использовать приближенное уравнение

$$\varepsilon = A_1 - C \ln P,$$

где  $A_1$  — коэффициент пористости при давлении 1 кг/см<sup>2</sup>.

Работами ВНИИТП [2] обнаружено, что компрессионная кривая для торфа имеет перелом, где ее параметры меняют свое значение. Показано также, что этот перелом отражается и на прочностных свойствах торфа.

Н. А. Галыбиным, Н. К. Работновым и Е. П. Семенским [5] на основании аналогии между тепловой сушкой и механическим обезвоживанием торфа установлено, что точка пересечения двух прямых компрессионного уравнения соответствует первой критической точке (кривые сушки [6—8]) влагосодержания, которая оказалась независимой от степени разложения и ботанического состава торфа и равна 2,50 г/г. Последнее предположительно объясняется авторами равенством размеров пор всех торфов в критической точке и изменением механизма передачи давления.

Е. Т. Базиным и А. С. Королевым [9] показано изменение различных форм влаги с уплотнением и изменение механизма уплотнения, связанное с геометрией порового пространства, а также наличие критической точки, отвечающей различному состоянию торфа.

Определение компрессионных свойств торфа и его смесей с различ-



ным количеством железной руды проводилось нами на приборе И. М. Литвинова по методике В. М. Веселовского [10]. Исследованию подвергался торф Таганского месторождения (осоковый низинный, степень разложения 30%) и его смеси с магнетитовым концентратом, в составе которого минеральная часть занимала 5,13 и 20% от сырой (влажностное содержание 5,52 г/г) массы торфа, переработанного трижды.

На рис. 1 представлена зависимость коэффициента пористости от

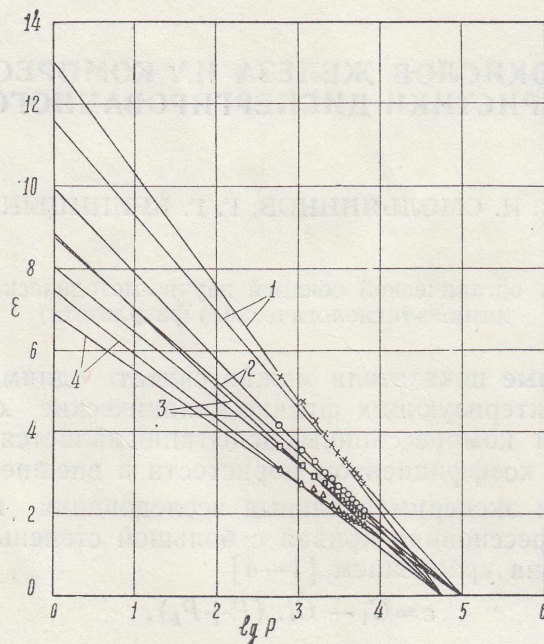


Рис. 1. Зависимость коэффициента пористости ( $\epsilon$ ) торфа и его смесей с магнетитом от давления ( $P$ , Г/см<sup>2</sup>): 1 — торф, 2 — смесь с 5% магнетита, 3 — торф с 13%, 4 — торф с 20%.

внешней нагрузки. Как видно из приведенных данных, в испытанном диапазоне давлений наблюдаются для всех образцов два участка с различными параметрами компрессионной кривой  $A$  ( $\epsilon$ ) и  $C$ . Критические точки для торфа без добавки и с ее увеличивающимся содержанием отвечают соответственно давлению 3,00; 2,82; 2,63 кг/см<sup>2</sup> и влажностное содержание 2,3 ÷ 2,8 г/г.

Можно построить такую же зависимость, используя экспериментальные данные Л. С. Амаряна [11]. При этом для разных торфов критическая точка отвечает внешней нагрузке около 3,25 кг/см<sup>2</sup>.

Однако наша обработка опытов Е. Т. Базина [12] обнаруживает точку перелома для верховых торфов ( $R=5-20\%$ ) при значительно меньшем давлении, около 0,5 кг/см<sup>2</sup>. Характерную картину связи деформации со структурой торфа дают кривые зависимости относительной деформации от внешней нагрузки (рис. 2). Первоначально

$$\lambda = \frac{\epsilon}{1 + \epsilon_0},$$

резкий рост деформации до давления примерно 0,5 кг/см<sup>2</sup>, затем сильно замедляется. Подобная картина отмечена Л. С. Амаряном [11] для разных торфов и объяснена им уменьшением размеров пор (замедлением фильтрационного процесса) и ростом числа частиц в единице объема, повышающих сопротивляемость системы деформированию. Им же отме-



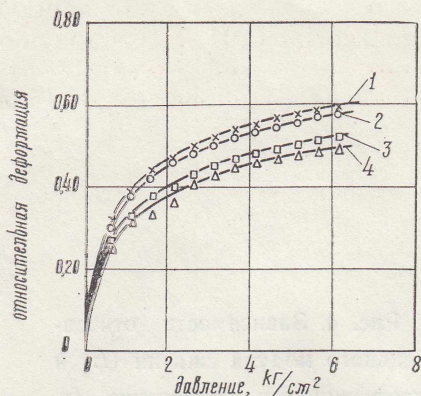


Рис. 2. Зависимость относительной деформации торфа и его смесей с магнетитом от давления: 1 — торф, 2 — смесь с 5% магнетита, 3 — торф с 15%, 4 — торф с 20%

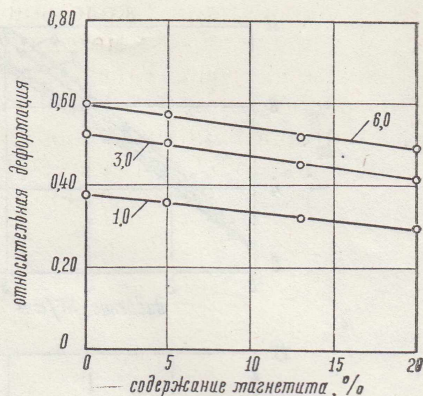


Рис. 3. Зависимость относительной деформации торфа и его смесей с магнетитом от количества минеральной составляющей при разных давлениях (цифры у кривых кг/см²): 1 — торф, 2 — смесь с 5% магнетита, 3 — торф с 13%, 4 — торф с 20%.

чено линейное снижение с ростом степени разложения торфа, что является следствием повышения плотности торфа в результате минерализации и коагуляции высокодисперсных фракций.

Наши данные (рис. 3) показывают линейную зависимость относительной деформации от содержания окислов железа в смесях с торфом.

Е. Т. Базиным и А. С. Королевым [9] показано, что график зависимости относительно модуля сжатия, выраженный прямой линией

$$E = \frac{P}{\lambda},$$

имеет характерную точку перелома (критическую точку) при давлении около 5 кг и влагосодержании 2,5—2,6 г/г и, по их мнению, соответствует переходу торфа от пластического состояния в твердое со специфичным изменением механизма отжатия влаги на этих стадиях.

Представленные на рис. 4 наши данные показывают, что на графике указанной зависимости могут быть, по-видимому, две точки перелома. Первая при давлении около 1 кг/см² и вторая 2,5—3,0 кг/см².

Следует, однако, отметить, что указанные авторы в одном случае отметили резкое изменение абсолютного модуля сжатия при влагосодержании около 6,0 г/г (верхового комплексного торфа со степенью разложения 20%). Как показали наши эксперименты, наиболее ярко критические точки выражаются на кривой зависимости коэффициента сжатия (коэффициента уплотнения)  $a$  от давления  $P$

$$a = \frac{d\varepsilon}{dP}.$$

По найденному графическим дифференцированием коэффициенту сжатия в полулогарифмических координатах построен график (рис. 4), который отчетливо выявил две критические точки: одну при давлении 1,10—0,90 кг/см² (влагосодержания 3,10; 2,26; 1,76 и 1,38 г/г для торфа и его смесей с содержанием 5,13 и 20% магнетита соответственно) и вторую при давлении 3,00—2,65 кг/см² (влагосодержание 2,30; 1,70; 1,35 и 1,05 г/г).

Как известно [3, 4], для грунтов, все поры которых полностью наполнены водой, компрессионная кривая может быть представлена как кривая зависимости между давлением и влажностью. Причем она со-



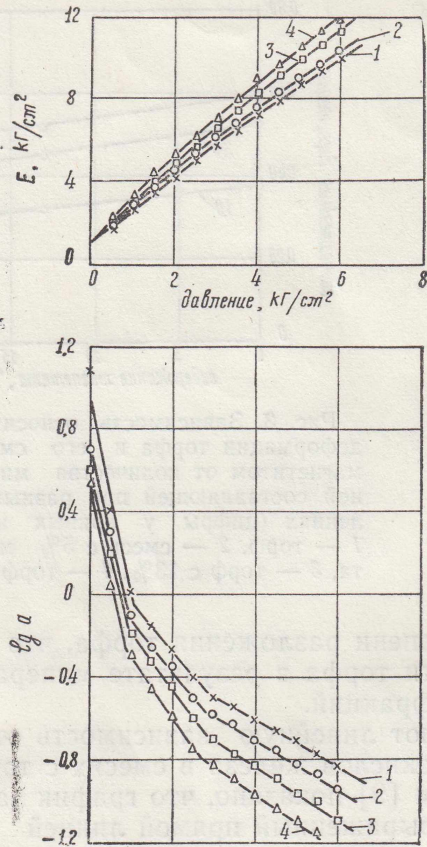


Рис. 4. Зависимость относительного модуля сжатия ( $E$ ) и коэффициента уплотнения ( $a$ ,  $\text{см}^2/\text{кг}$ ) торфа и его смесей с магнетитом от давления: 1 — торф, 2 — смесь с 5% магнетита, 3 — торф с 13%, 4 — торф с 20%.

храняется как в статическом, так и в динамическом состоянии.

На рис. 5 приведена зависимость, построенная в полулогарифмических координатах по нашим экспериментальным данным.

Как видно из графика, все экспериментальные точки хорошо ложатся на прямую, описываемую уравнением

$$\lg P = \lg P_0 - BW,$$

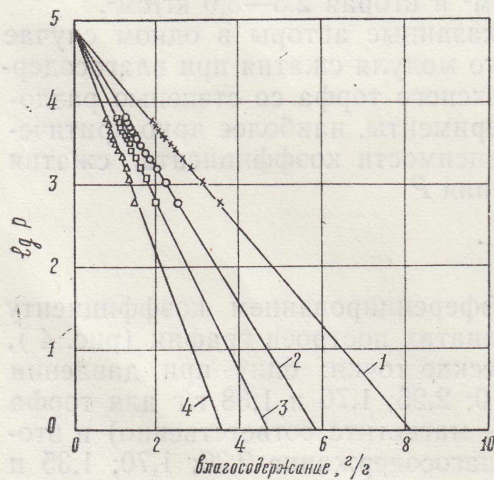


Рис. 5. Зависимость между давлением ( $P$ ,  $\text{Г}/\text{см}^2$ ) и влажностью торфа и его смесей с магнетитом. 1 — торф, 2 — смесь магнетита, 3 — торф с 13%, 4 — торф с 20%.

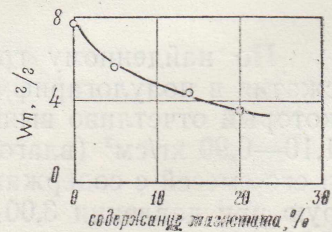


Рис. 6. Влияние добавок магнетита на полную влагоемкость торфа ( $W_n$ ).



где  $\lg P_0$  — предельное значение этой величины, полученной путем экстраполяции прямой до  $W=0$ ;

$B$  — угловой коэффициент.

Интересно отметить, что для всех образцов  $\lg P_0$  одинаков и равен 4,90 (давление выражено в г/см<sup>2</sup>). Экстраполяция прямой до  $W=0,18$  г/г, что соответствует давлению 1,5 г/см<sup>2</sup>, дает значение влажности, которое может быть интерпретировано, как полное влагосодержание ( $W_{\pi}$ ), поскольку высота образца при стандартном способе его определения [13] составляет 3 см.

Отсюда следует, что указанная зависимость выражается так же, как известное уравнение С. С. Корчунова [2] (энергия связи влаги в торфе — влагосодержания), и для нашего конкретного случая имеет следующее выражение:

$$\lg P = 4,90 - 4,70 \frac{W}{W_{\pi}}$$

Используя названные данные, оказалось возможным установить зависимость полной влагоемкости торфа от содержания окислов железа в смеси (рис. 6).

Таким образом, компрессионные испытания позволили выявить характерные изменения структурных свойств торфа и влияние на них добавок окислов железа.

При введении в торфяную дисперсную систему окислов железа (магнетит) общие закономерности изменения компрессионных кривых сохраняются, однако изменяются их абсолютные значения в сторону увеличения сопротивления деформациям линейно содержанию минеральной составляющей.

На кривых зависимостей компрессионных параметров от внешней нагрузки выявлены характерные участки с критическими точками перелома и различным механизмом деформации, определяемым геометрией порового пространства и изменением числа частиц в единице объема.

Частицы тонкодиспергированного наполнителя внедряются в поровое пространство торфа, что уменьшает размеры пор твердой фазы (органическое вещество торфа плюс окислы железа) и влагоемкость системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаков Н. Н. Введение в физику торфа. М. — Л., Госэнергоиздат, 1947.
2. Корчунов С. С. Исследование физико-механических свойств торфа. Л., Госэнергоиздат, 1953.
3. Герсеванов Н. М., Польшин Д. Е. Теоретические основы механики грунтов. М., Стройиздат, 1948.
4. Бабков В. Ф., Быковский Н. И., Гербут-Гейбович А. В., Тулаев Л. Я. Грунтоведение и механика грунтов. М., Стройиздат, 1950.
5. Галыбин Н. А., Работнов Н. К., Семенский Е. П. Тр. МТИ, вып. 5, 1957, с. 67—92.
6. Лыков А. В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М., Изд. техн. теор. лит., 1954.
7. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М., Госэнергоиздат, 1956.
8. Лыков А. В. Теория сушки. М., «Энергия», 1968.
9. Базин Е. Т., Королев А. С. Тр. КПИ, вып. II (XV), 1968, с. 283—289.
10. Литвинов И. М. Исследование грунтов в полевых условиях. Москва—Харьков, Углетехиздат, 1951.
11. Амарян Л. С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. М., «Недра», 1969.
12. Базин Е. Т. Сб. «Технология производства и переработки торфа». тр. КПИ, вып. XVIII, М., «Недра», 1970, с. 32—36.
13. Семенский Е. П. Технический анализ торфа. М., «Недра», 1966.