*С. Я. АДЗЕРИХО*

# О КОЭФФИЦИЕНТЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ТОРФЕ

Изучением водопроводимости торфа занимались многие исследователи, и к настоящему времени накоплен значительный фактический материал. Несмотря на это, некоторые вопросы еще не получили в литературе достаточного освещения. Так, например, недостаточно изучено влияние на водопроводимость торфа величины напора, интервала времени, прошедшего от начала фильтрации, начального градиента, при котором возникает фильтрация, и т. д. В целях некоторого восполнения этого пробела в лабораторных условиях нами были поставлены опыты по определению зависимостей между коэффициентом фильтрации, градиентом напора и продолжительностью фильтрации.

Опыты проводились в приборе, изображенном на рис. 1. Торф для опытов отбирался в вертикальном направлении режущим стаканом диаметром 17 *см* и длиной 25 *см*. Боковая поверхность образца торфа покрывалась слоем расплавленного парафина и воска. После затвердевания парафина образовывался жесткий кожух, прочность которого позволяла создавать градиенты напора, равные трем и более. Смачиванием парафина устранялась фильтрация в стыке торфа и кожуха.

Запарафинированный образец устанавливался торцом на металлический поддон, имеющий отверстия для воздуха и воды. Поверх образца одевался металлический колпак, в котором также имелись отверстия: сверху для удаления воздуха и сбоку—для подачи воды.

Насыщался торф дистиллированной водой. Постоянная разность горизонтов в опыте поддерживалась при помощи напорного и сливного бачков. Увеличение напора создавалось ступенями в 4—5 *см* после того, как два последовательных измерения фильтрационных расходов оказывались примерно равными. Величина коэффициента фильтрации приводилась к температуре 10°.

В приборе испытано шесть образцов торфа, взятых с трех болотных массивов—Цнянского, Слепнянского и Станевичского, соответственно с одно- двух- и трехкратной поверхностями.

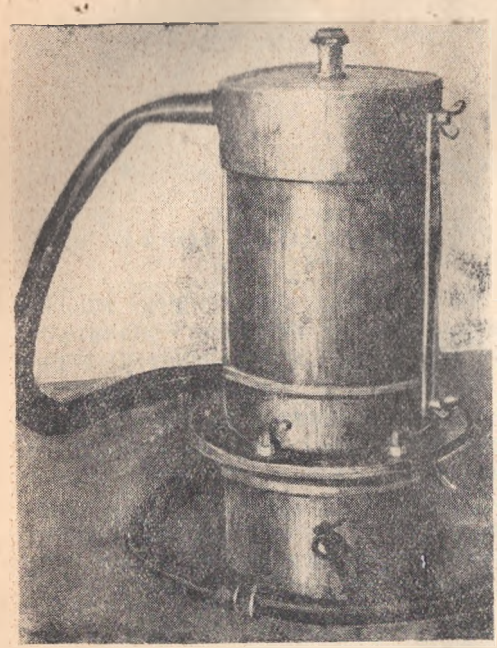

Рис. 1.

Продолжительность опытов в днях с указанием типа торфа и степени его разложения приводятся в табл. 1.

Характер изменения коэффициента фильтрации в зависимости от градиентов напора показан на рис. 2, из которого видно, что с увеличением напора коэффициент фильтрации уменьшается. Для одного и того же торфа при повторении опыта величина $\frac{K_{max}}{K_{min}}$ коэффициента фильтрации не следует своим прежним значениям, и варьирует в широких пределах. Отношение $\frac{K_{max}}{K_{min}}$ в разных опытах изменяется в пределах от 1,7 до 17,4.

На рис. 3 приведен график колебаний коэффициента фильтрации в опыте 6 в зависимости от времени при различных градиентах напора: от I=0,04 до I=1,76. График показывает

Таблица 1

| № опытов | Адрес торфа | Название торфа | Степень разложения в % | Продолжительность опыта в днях |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Слепня | Тростниково-осоковый | 35,0 | 14 |
| 2 | " | " | 35,0 | 19 |
| 3 | Станевичи | Тростниково-гипновый | 30,0 | 28 |
| 4 | " | " | 30,0 | 22 |
| 5 | " | " | 30,0 | 97 |
| 6 | Цна | Тростниково-осоковый | 35,0 | 197 |

что коэффициент фильтрации в торфе не имеет постоянного значения, уменьшаясь с интервалом времени, прошедшим от начала фильтрации, и с увеличением градиента напора. Спустя 197 дней от начала опыта, когда градиент напора был равен I=0,04, коэффициент фильтрации уменьшился (при I=1,76, в 4,6 раза).

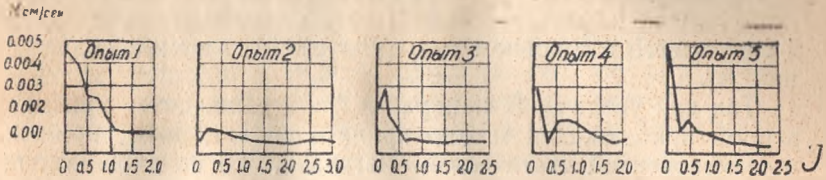


Рис. 2.

Уменьшение водопроводимости торфа во времени было установлено в опытах Я. Я. Гетманова [1], Л. С. Евстафьева [2], П. С. Ковальчука [3]. Однако физическая сторона этого явления в силу сложности постановки экспериментов по изучению процесса фильтрации, слабо изучена.

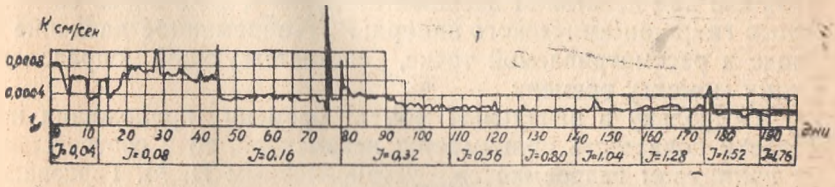


Рис. 3.

Непостоянство коэффициента фильтрации в торфе, по нашему мнению, является следствием ряда причин, из которых необходимо отметить главнейшие:

1. Торф благодаря его органическому происхождению под действием фильтрующейся воды непрерывно деформируется, вызывая этим непостоянство коэффициента фильтрации при одном и том же напоре;

2. Коллоидные частицы торфа, находящиеся в состоянии раствора под воздействием внешнего (гидродинамического) давления, легко изменяют степень своей дисперсности, перегруппировываются и тем самым влияют на водопроводимость торфа;

3. Увеличение напора вызывает компрессию торфа, а это снижает его фильтрационную способность;

4. Увлажнение торфа увеличивает в нем количество связанной воды, уменьшает активную пористость и замедляет фильтрацию.

Во всех опытах увеличение напора, как правило, сопровождалось резким скачком коэффициента фильтрации. Это явление можно объяснить следующим образом.

При рассмотрении уплотнения водонасыщенных грунтов и определении их напряженного состояния, в случае достаточно быстрого возрастания статической нагрузки, обычно принимают ее приложенной мгновенно. Возникающее при этом приращение давлений в грунтовой воде определяется из условия неизмененности коэффициента пористости $\varepsilon$ водонасыщенного грунта, характеризующего собой объемную деформацию и зависящего в основном только от суммы главных напряжений $\varepsilon_t$.

Так как увеличение напора в фильтрационном приборе в первом приближении можно принять аналогичным приложению мгновенной статической нагрузки, то появившиеся при этом напряжения в скелете торфа для любого момента времени могут быть определены зависимостями [4]

$$P_y = \delta_y - P_w, \quad P_z = \delta_z - P_w, \quad P_t = \tau, \tag{1}$$

где: $P_y$, $P_z$ и $P_t$ — компоненты нестабилизовавшегося напряженного состояния насыщенного торфа водой; $\delta_y$, $\delta_z$ и $\tau$ — соответственно нормальные и касательные напряжения, возникшие под действием внешней нагрузки в виде вновь созданного гидродинамического напора; $P_w$ — переменное давление в воде в рассматриваемой точке, соответствующей определенному моменту времени.

Поскольку в начальный момент времени приложения нагрузки пористость принимается неизменной, то в соответствии с принципом гидроемкости, установленным Н. М. Герсеванов [5], сумма главных напряжений $\varepsilon_{t=0}$ в любой точке торфяного скелета будет равна нулю, то есть

$$\delta_y + \delta_z - 2P_{wo} = 0,$$

откуда следует,

$$P_{wo} = \frac{1}{2}\left(\delta_y + \delta_z\right), \tag{2}$$

где $P_{wo}$ — давление в воде в момент $t=0$.

Из зависимостей (1) и (2) легко получить:

$$P_{yo} = \frac{1}{2}\left(\delta_y - \delta_z\right),$$

$$P_{zo} = \frac{1}{2}\left(\delta_z - \delta_y\right),$$

$$P_{to} = \tau.$$

Последние соотношения показывают, что после приложения нагрузки в виде вновь созданного напора касательные на-

пряжения близки к своим конечным значениям, тогда как нормальные—значительно меньше конечных, в результате чего и происходят сдвиговые явления в торфе, нарушающие его пористость и увеличивающие коэффициент фильтрации.

## ВЫВОДЫ

1. Торф не может быть отнесен к недеформируемой пористой среде: под воздействием гидродинамических сил напорного грунтового потока он непрерывно деформируется.

2. Коэффициент фильтрации в одном и том же торфе имеет значительные колебания; уменьшается во времени и с увеличением градиента напора.

3. Увеличение напора на торф в начальный момент времени вызывает резкий скачок коэффициента фильтрации, который с течением времени уменьшается до значений, соответствующих установившемуся фильтрационному потоку.

В результате увеличения напора происходит объемная деформация торфа. При этом касательные напряжения вызывают сдвиговые явления в деформируемой среде и увеличивают активную пористость торфа.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гетманов Я. Я., Водные свойства торфяных грунтов, М., 1929.
2. Евстафьев Л. С., Водопроницаемость торфа естественной влажности, Труды Института торфа, вып. 18, 1939.
3. Ковальчук П. С., Исследования рационального типа торфяного экрана для земляных плотин в условиях Полесья, кандидатская диссертация, Минск, 1951.
4. Цытович Н. А., Механика грунтов, М., 1951.
5. Герсеванов Н. М. и Польшин Д. Е., Теоретические основы механики грунтов и их практические применения, Стройиздат, 1948.

---