

УДК 620.18:542.3

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

З. А. Ацагорцян, И. Г. Габриэлян

Новые методы исследования пористости сыпучих  
материалов

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 22/XI 1971)

Многие сыпучие материалы, преимущественно вулканического происхождения, обладают значительной пористостью. Эта пористость носит двойной характер — межзерновая пористость (которую называют также пустотностью) и внутризерновая пористость, т. е. пористость отдельных зерен сыпучего материала. Последняя, в свою очередь, делится на открытую пористость и закрытую, состоящую из замкнутых пор.

До последнего времени пористость сыпучих материалов определяли суммарно, пользуясь величинами плотности и объемной насыпной массы материала. Однако этой характеристики совершенно недостаточно для оценки технических свойств сыпучего материала.

Для надлежащей характеристики пористых сыпучих материалов необходимо определение пористости их зерен, что может быть выполнено при наличии методики определения объемной массы зерен. Первая попытка разработки такой методики опубликована ранее (1).

В настоящее время нами разработаны другие способы, дающие возможность сравнительно легко и с достаточной точностью определять объемную массу зерен любых сыпучих материалов, в том числе и порошкообразных, причем количество испытываемой пробы может быть весьма небольшим. Это имеет важное значение в ряде случаев, как, например, при исследовании грунта луны и других небесных тел. Объемную массу зерен плотных сыпучих материалов обычно определяют путем измерения их удельного объема при погружении в жидкость. Такое определение невозможно для пористых сыпучих материалов, поскольку при этом жидкость проникает в поры зерен. Для установления объема впитанной жидкостью жидкостью необходимо определить объем ввезерновой жидкости. Этого можно достигнуть путем ее удаления или косвенного измерения.

В опубликованном ранее методе внезерновую жидкость удаляют путем постепенного подсушивания.

В излагаемых в настоящей статье методах удаление внезерновой жидкости осуществляют путем вытеснения более тяжелой жидкостью или путем смачивания ею сухого материала; косвенное же ее измерение выполняют разбавлением ею солевого раствора определенной концентрации.

Ниже приводим краткое описание разработанных новых методов.

*Метод 1 — „Всплывания керосина“.* Испытуемый пористый сыпучий материал предварительно насыщают под вакуумом керосином или другой легкой жидкостью, не смешивающейся с водой. Объемную массу зерен определяют пикнометрически. При этом излишек насыщающего пробу керосина при взбалтывании всплывает в пикнометре над водой, в порах же зерен керосин удерживается капиллярными силами. Объемную массу зерен ( $\gamma_0$ ) определяют по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{g_1}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4} \quad (1)$$

где  $g_1$  — масса испытуемой пробы материала,

$g_2$  — масса воды в объеме пикнометра,

$g_3$  — масса содержимого пикнометра, включающего пробу материала, насыщенного керосином, воду до метки и всплывший над водой керосин,

$g_4$  — масса использованного в опыте керосина.

Знаменатель в формуле (1) представляет собой объем пробы материала, хотя он для удобства выражен в массе воды, определяемой взвешиванием.

*Пример.* Пробу туфового песка с размерами зерен 1,2—0,6 мм насытили керосином под вакуумом с определением количества использованного керосина. Затем насыщенный песок залили водой до метки пикнометра и взвесили содержимое пикнометра, включающее всплывший над водой керосин. Имея также массу воды в объеме использованного пикнометра, вычислили объемную массу зерен туфового песка по формуле (1):  $\gamma_0 = 1,65 \text{ г/см}^3$ .

Способ оказался нетрудоемким и вполне воспроизводимым.

*Метод 2 — „Солевого раствора“.* Испытуемый пористый сыпучий материал предварительно насыщают водой под вакуумом, а затем добавляют водный раствор какой-либо соли, быстро перемешивают и определяют изменение концентрации раствора, по которой рассчитывают количество воды, впитанной зернами пробы.

При этом исходят из того, что поглощенная зернами вода удерживается в порах капиллярными силами и не смешивается с солевым раствором, а диффузией соли за короткий срок процедуры можно пренебречь. Это положение проверено нами экспериментально.

Объемную массу зерен ( $\gamma_0$ ) вычисляют по формуле:



$$\gamma_0 = \frac{1}{\frac{1}{g_1} \left[ g_2 - g_3 \left( \frac{c_1}{c_2} - 1 \right) \right] + \frac{1}{\gamma}}}, \quad (2)$$

где  $g_1$  — масса испытуемой пробы материала,  
 $g_2$  — масса прилитой к материалу воды,  
 $g_3$  — масса прилитого солевого раствора,  
 $c_1$  — концентрация исходного раствора,  
 $c_2$  — концентрация разбавленного раствора,  
 $\gamma$  — плотность испытуемого материала.

В формуле (2) выражение в квадратных скобках представляет собой объем пор в пробе материала, хотя для удобства и выражен массой поглощенной пробой воды, определяемой взвешиванием.

*Пример.* Определили объемную массу того же туфового песка, что и в первом примере. Песок насытили водой под вакуумом с определением количества прилитой воды. Затем добавили определенное количество раствора хлористого натрия известной концентрации и определили концентрацию разбавленного раствора. По этим данным рассчитали объемную массу зерен туфового песка, пользуясь формулой (2):  $\gamma_0 = 1,65 \text{ г/см}^3$ . Как видно, результат определения совпал с предыдущим.

*Метод 3 — „Промокания“.* Испытуемый пористый сыпучий материал предварительно насыщают под вакуумом медленноиспаряющейся жидкостью (например, керосином), а внезерновую жидкость удаляют путем смешивания насыщенного материала с сухим сыпучим материалом смежной (более крупной или мелкой) фракции с последующим его отсевом. Объемную массу зерен испытуемого материала ( $\gamma_0$ ) определяют по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{1}{\frac{k}{g \cdot \gamma_k} + \frac{1}{\gamma}}, \quad (3)$$

где  $k$  — масса керосина, впитанного пробой испытуемого материала,  
 $g$  — масса испытуемой пробы материала,  
 $\gamma_k$  — плотность керосина,  
 $\gamma$  — плотность испытуемого материала.

*Пример.* Такой же туфовый песок насытили керосином под вакуумом. Керосин из внезернового пространства удаляли путем смешения насыщенного туфового песка с нормальным вольским песком более мелкой фракции (0,6—0,3 мм). Последний добавляли постепенно до того, пока новая порция нормального песка уже не смачивалась керосином, что хорошо заметно по его цвету. Затем нормальный песок отсеяли от туфового и путем взвешивания определили количество керосина, впитанного зернами туфового песка. Имея плотность туфового песка, а также керосина, примененного в опыте, вычислили объемную массу зерен туфового песка по формуле (3):  $\gamma_0 = 1,64 \text{ г/см}^3$ . Совпадение хорошее.

Здесь и в предыдущем способе предполагается, что при насыщении материала под вакуумом все поры целиком заполняются жидкостью. Если же материал имеет сколько-нибудь заметное количество замкнутых пор, не заполняемых при насыщении под вакуумом, то необходимо произвести дополнительное пикнометрическое определение объемной массы зерен после их насыщения.

Определив тем или иным способом объемную массу зерен ( $\gamma_0$ ) пористого сыпучего материала и зная его плотность ( $\gamma$ ), нетрудно вычислить среднюю пористость зерен в % по формуле:

$$p = \left( 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \cdot 100.$$

Замкнутая пористость может быть определена как разность между общей пористостью зерен и объемом поглощенной зернами жидкости:

Научно-исследовательский институт  
камня и силикатов Министерства  
промышленности строительных материалов СССР

Ջ. Ա. ՀԱՅԱԿՈՐՇՅԱՆ, Ի. Հ. ԳԱՐՐԻՆԷՅԱՆ

### Սորուն նյութերի ծակոտկենությունն ուսումնասիրման նոր մեթոդներ

Հեղինակները մշակել են ծակոտկեն սորուն նյութերի հատիկների ծավալային Կանգվածի որոշման երեք նոր մեթոդներ, որոնք հնարավորություն են տալիս հաշվարկել նրանց ներհատիկային ծակոտկենությունը, ինչպես և միջհատիկային դատարկամիջությունը: Մեթոդները հիմնված են հետևյալ սկզբունքների վրա. ա) նավթով հարկեցված նյութից նավթի ավելցուկի արտազատում՝ ջրի երեսին բարձրանալու հետևանքով. բ) ջրով հագեցած նյութի վրա լցվող աղային լուծույթի թանձրության փոփոխության գրանցում. գ) հեղուկով հագեցած նյութի խառնում ավելի խոշորահատիկ կամ ավելի մանրահատիկ շոր նյութի հետ, որը հետո անջատվում է մաղելու միջոցով:

### ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

3. А. Ацагорцян, ДАН Арм. ССР, т. XLVIII, № 3, (1969).