ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
BULLETIN OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE ARMENIAN SSR

Բնական գիտություններ № 10, 1946 Естественные науки

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

А. Т. Асланян

О зависимости между коэфициентом фильтрации и высотой капиллярного поднятия почво-грунтов

Коэфициент фильтрации и высота капиллярного поднятия являются чрезвычайно важными константами почво-грунтов и поэтому большинство задач инженерной гидрогеологии и мелиорации часто сводятся к их определению. Методика же определения представляет значительные трудности и далеко несовершенна.

В настоящей заметке автор указывает на возможность косвенного определения названных констант при условии, если одна из них известна.

Грунтовая масса, как известно, в настоящее время рассматривается как трехфазная система, скелет которой представляет агрегат тонких капиллярных трубок. Многими исследователями установлено, что движение жидкостей в подобных системах подчиняются законам Пуазейля и Лапласа.

Для ламинарного тока в случае цилиндрических капилляров формула Пуазейля при единичном гидравлическом градиенте имеет вид:

$$v = \frac{\gamma r^2}{8\mu}, \tag{1}$$

а формула Лапласа для высоты капиллярного поднятия вид—

$$h = \frac{2\alpha}{\gamma . r}, \tag{2}$$

где:

v—средняя скорость движения жидкости в трубке,
r —радиус трубки,
μ —коэфициент вязкости жидкости,
α —коэфициент капиллярного натяжения жидкости,
γ —удельный вес жидкости,
h —высота капиллярного поднятия.

Измерения в системе CGS.

Известно, что действительная скорость ламинарного тока при единичном градиенте и коэфициент фильтрации k связаны простым соотношением $k = v.n$, где n пористость грунта или его элемента.

Так как пористость указанной цилиндрической трубки равняется единице, то в формуле Пуазейля v можно заменить через k, т. е.

$$k = \frac{\gamma r^2}{8\mu} \tag{3}$$

Совместно решая уравнения (2) и (3), между k и v установится зависимость:

$$k = \frac{\alpha^2}{2\gamma\mu} \cdot \frac{1}{h^2} \tag{4}$$

Обозначив первый постоянный множитель через *a* получим гиперболическую функцию

$$k = \frac{a}{h^2} \tag{5}$$

Принимая для воды при температуре 15°C $\mu = 0.0114$, $\alpha = 73.52$ и $\gamma = 981$, получаем расчетную формулу

$$k = \frac{241,62}{h^2} \quad \text{см/сек} \tag{6}$$

Выше было указано, что формулы (1) и (2) применимы и для реальных грунтов, т. е. с качественной стороны соотношения между h и k одинаковые и для цилиндрических капиллярных трубок и для реальных грунтов. Более того, рядом авторитетных исследователей было установлено, что законы Пуазейля и Лапласа применимы и для нецилиндрических капилляров. Сказанное, разумеется одинаково справедливо и при количественной оценке явления.

Из всего изложенного явствует, что, зная величину капиллярного поднятия, что впрочем численно равно величине капиллярного давления, можно вычислить коэфициент фильтрации и, наоборот, если будет известно значение коэфициента фильтрации по формуле

$$h = \frac{15,54}{\sqrt{k}} \tag{7}$$

можно вычислить капиллярное поднятие. Однако, вычисления показывают, что *для крайних членов* грунтового ряда крупный песок—средний песок—мелкий песок—супесь—суглинок—легкая глина вышеприведенная зависимость несправедлива и даже парадоксальна (?).

По литературным данным предельная высота капиллярного поднятия h находится в пределах:

(1)	для крупных песков	2—3,5 *см*
(2)	„ средних песков	12—35 „
(3)	„ мелких песков	35—120 „
(4)	„ супесей	120—350 „
(5)	„ суглинков	350—650 „
(6)	„ легких глин	650—1200 „

На основании этих данных значения коэфициентов фильтрации, выведенных по названной зависимости, выразятся следующим образом.

(1) для крупных песков	64,05—19.73	(?)	*см*/сек
(2) „ средних песков	1,678—0, 1973		„
(3) „ мелких песков	0,1973—0,01678		„
(4) „ супесей	0,01678—0,001973		„
(5) „ суглинков	0,001973—0,0005461		„
(6) „ легких глин	0,0005461—0,0001678	(?)	„

Практика показывает, что для групп (1) и (6) приведенные здесь значения чрезмерно преувеличены, для остальных же промежуточных групп (2—5) сходимость удовлетворительная.

Чем же вызваны указанные разрывы между теоретически вычисленными и практически определенными значениями?

Если зависимость (5) изобразить графически, то получится гипербола, ветви которой асимптотически будут приближаться к координатным осям k и h; минимальным значениям h будут соответствовать максимальные k и, наоборот; при $h \to 0$ будем иметь $k \to \infty$ и при $k \to 0$ будем иметь $h \to \infty$. Однако, несомненно, что ни k, ни h бесконечно не могут возрастать и лимитируются соответствующими условиями. В частности опытными данными установлено, что выше действительных скоростей порядка 1,3 *см*/сек в почво-грунтах ламинарный режим движения жидкости переходит в турбулентный, т. е. послойное движение уступает место вихревому. Таким образом, упомянутый „парадокс" для крупнозернистых песков, кажется, преодолевается. Вопрос гораздо сложнее с глинами. Нам лично представляется, что послойное движение в них весьма осложняется броуновскими явлениями и, образно выражаясь, ламинарный режим переходит в микротурбулентный, законы которого, повидимому, уже находятся в области молекулярной физики.

Резюмируя вышеизложенное, следует придти к выводу, что выведенная нами зависимость (6), соответственно и (7), неприменимы лишь для крупнозернистых и „микрозернистых" (глины) грунтов, для остальных же, широко распространенных промежуточных грунтов—среднезернистых песков (исключая относительно крупные их разности), мелкозернистых песков, супесей и суглинков, она, как нам кажется, с успехом может применяться. Зная h легко вычислить k и, наоборот. Это даст заметную экономию средств и времени.

В заключение следует отметить, что рассматриваемая зависимость нуждается в экспериментальной проверке, произвести каковую мы, за отсутствием лабораторной базы, не имели возможности.

Институт Геологических
Наук АН Арм. ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. И. Агапов*—К теории капиллярных явлений в почве. Тр. лаборатории физики почв Всес. Акад. сельхознаук им. Ленина, вып. 2, 1937.

2. *А. Т. Асланян* —К теории капиллярного поднятия в идеальном грунте. Рукопись. Фонды ИГН АН Арм. ССР. 1945.

3. *Kozeny.*—Über grundwasser bewegung. „Wasserkraft und Wasserwirtschaft“. 1927.

4. *Н. Н. Павловский*—Теория движ. подземн. вод под гидротехнич. сооруж. 1923.

Ա. Տ. Ասլանյան

ՀՈՂ-ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՖԻԼՏՐԱՑԻԱՅԻ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ԵՎ ՄԱԶԱՆՈԹԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՉԱՓԻ ԱՌՆՉՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ելնելով հող-գրունտների նկատմամբ Պուազեյլի և Լապլասի մազանոթային շարժման օրենքների կիրառելիությունից և համատեղ կերպով լուծելով այդ բանաձևերը, հեղինակը հանգում է $kh^2=a$ *առնչությանը, ուր* k—*գրունտի ֆիլտրացիայի գործակիցն է,* h—*մազանոթային բարձրացման չափը, իսկ* a—*հաստատուն մեծություն, որը +15°C ջրի համար հավասար է 241,62 և առաջարկում է դրանով անուղղակի ճանապարհով որոշել միջին— և մանրահատիկ ավազների, կավավազների ու ավազակավերի* k *և* h, *եթե հայտնի է դրանցից մեկը։*

A. T. Aslanian

On the dependance between the filtration coefficient and the height of the capillar elevation of the soil-grounds

Summary

Taking account of the applicability of the soil-grounds of the Poiseulle—Laplace formulas concerning the capillar movement of liquids, and resolving along with these formulas, the writer gets the dependence $kh^2=a$—where k is the coefficient of ground filtration, h—the height of capillar elevation, and a is constant and equal to 241,62, when water is at+15°C. He suggests to use these formulas for the indirect determination of k and h, when investigating the quality of the water medium—and fine—grained cands, clay-sands and sand-clays, on condition that one of these values is known.