

Н. П. ЧЕБОТАРЕВ

ИСПАРЕНИЕ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ УРОВНЕ ГРУНТОВЫХ ВОД НИЖЕ ПОВЕРХНОСТИ

(Представлено академиком А. И. Некрасовым 18 I 1950)

Рассмотрим случай, когда уровень грунтовых вод стоит ниже поверхности, а слой почвы от этого горизонта до поверхности имеет пленочную воду или гигроскопическую влажность. Испарение в этом случае будет происходить с поверхности грунтовых вод и с поверхности частиц грунта. Путем диффузии влага непрерывно будет передвигаться вверх на поверхность и рассеиваться в атмосфере. Количество паров, передвигающихся снизу вверх, пропорционально размеру пор грунта или размеру зерен грунта. Но, с другой стороны, суммарная поверхность частиц грунта возрастает с уменьшением размера частиц, а следовательно, испарение пленочной воды будет обратно пропорционально размеру зерен грунта. М. А. Великанов⁽¹⁾ утверждает, что наибольшее испарение должно иметь место для грунтов какой-то средней крупности зерен и будет меньше как при большей, так и при меньшей крупности зерен.

Дадим теоретическое решение данной задачи. Обозначим первый вид испарения — с поверхности водоносного пласта — через Z_1 , а второй — с поверхности частиц — через Z_2 . Первый вид испарения с диаметром частиц возрастает, второй — убывает. Диаметр частиц, при котором наступает наибольшее испарение, может быть найден из условия максимума величины

$$Z = Z_1 + Z_2. \quad (1)$$

При этом мы допускаем постоянными по высоте упругость паров воздушных масс пор и поток водяного пара.

Дифференцируя (1) по D и приравнявая результат нулю, получим

$$\frac{dZ_1}{dD} + \frac{dZ_2}{dD} = 0, \quad (2)$$

где D — диаметр частиц.

Для решения этого уравнения мы должны знать функции $Z_1 = f_1(D)$ и $Z_2 = f_2(D)$.

Найдем первую функцию. Движение паров снизу вверх может происходить при наличии разности в упругости паров в верхней и нижней точках, т. е. $\Delta P = P_1 - P_2$. Скорость передвижения будет пропорциональна гидравлическому градиенту: $I = \Delta P/L$. Количество передвигаемых паров будет равно $Z_1 = \omega v$, где ω — площадь сечения всех пор на единицу площади сечения: $\omega = A\omega_1$, A — пористость, ω_1 — площадь единицы сечения.

Скорость v пропорциональна гидравлическому градиенту I , но пористость A не зависит от диаметра зерен D , а зависит лишь от порядка расположения зерен. По данным Л. С. Лейбензона⁽²⁾, масса газа, протекающая через единицу площади при изотермическом режиме:

$$Z_1 = -gk \frac{P_1^2 - P_2^2}{2\mu\beta L} = -gk \frac{I(P_1 + P_2)}{2\mu\beta}. \quad (3)$$

Для фиктивного грунта (грунт состоит из зерен одинакового размера и шарообразной формы), по Сликтеру,

$$k = \frac{n^2 D^2}{96(1-m)},$$

где n — просвет. Он характеризует площадь прохода жидкости в самом узком месте порового канала.

Подставляя в (3) выражение для k , получим

$$Z_1 = -g \frac{n^2 I (P_1 + P_2)}{192(1-m)\mu\beta} D^2, \quad (4)$$

или

$$Z_1 = -B_1 D^2. \quad (5)$$

Итак, первая функция найдена.

Отыщем вторую. Удельная поверхность грунта определяется как общая поверхность всех частиц грунта в кубической единице и равна B_2/D , где для шарообразных частиц $B_2 = 3,14$ или $4,52$ в зависимости от схемы расположения шаров.

Тогда Z_2 пропорционально B_2/D , т. е.

$$Z_2 = \gamma \frac{B_2}{D}. \quad (6)$$

Подставим найденные значения для Z_1 и Z_2 в (1), получим, что

$$Z = -B_1 D^2 + \gamma \frac{B_2}{D}. \quad (7)$$

Нетрудно убедиться, что точка экстремума $D = \sqrt[3]{-\frac{\gamma B_2}{2B_1}}$ соответствует максимуму. Итак, нужно искать в этом случае максимум испарения и искомое значение D_x будет лежать в пределах: $D_2 > D_x > D_1$.

Первые результаты экспериментальных исследований с песками показали, что максимум испарения получается для частиц диаметром от 0,35 до 0,50 мм.

Приношу благодарность чл.-корр. АН СССР М. А. Великанову за полезные указания.

Поступило
18 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. А. Великанов, Гидрология суши, 1948, стр. 86. ² Л. С. Лейбензон, Движение природных жидкостей и газов в простой среде, 1947.