

УДК 551.508.7

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Л. А. Даян

Определение испарения с водной поверхности в зависимости  
от физико-химических свойств мономолекулярной плёнки,  
сокращающей испарение

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 18/VI 1975)

Известно, что при определении испарения диффузионным методом, решается упрощенное уравнение диффузии водяного пара в турбулентной атмосфере

$$u \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial q}{\partial z} \right) \quad (1)$$

при следующих граничных условиях:

$$q|_{z=0} = q_0, \quad q|_{z=\delta} = q_1, \quad q|_{x=0} = q_2, \quad (2)$$

где  $q$  — удельная влажность воздуха;

$q_0$  — насыщающая удельная влажность;

$q_1$  — значение удельной влажности на береговом урезе;

$k$  — коэффициент турбулентного перемешивания;

$u$  — горизонтальная скорость ветра;

$\delta(x)$  — высота пограничного слоя.

Начало координат расположено на берегу, ось  $x$  направлена по ветру,  $z$  — вертикально вверх.

Смысл первого граничного условия (на поверхности) состоит в том, что независимо от характера и интенсивности диффузии, а также физических параметров поверхности испаряющейся жидкости (температуры, молекулярных свойств и т. д.), на поверхности принимается известная концентрация пара, которая соответствует концентрации насыщения при данной температуре испаряющей поверхности воды.

При такой постановке вопроса физические процессы, происходящие на поверхности воды не учитываются.

На поверхности физически более обоснованным является условие, которое предлагает М. П. Тимофеев в работе <sup>(1)</sup> в следующем виде:

$$\left[ k\rho \frac{\partial q}{\partial z} + A(q - q_0) \right]_{z=0} = 0, \quad (3)$$

где

$$A = \frac{\alpha \rho}{0,622 \sqrt{2\pi MRT}};$$

$\mu$  — молекулярный вес водяного пара;

$p$ ,  $\rho$ ,  $T$  — атмосферное давление, плотность и температура воздуха.

$R$  — газовая постоянная;

$M$  — масса моля;

$\alpha$  — коэффициент аккомодации.

Значение  $\alpha$  для различных жидкостей не одинаково: для чистой воды  $\alpha = 0,036$ , для цетилового спирта  $\alpha = 2 \cdot 10^{-5}$  и т. д.

Оценка первого и второго слагаемых в (3) для чистой воды показывает, что первый член по сравнению со вторым является весьма малым и им можно пренебречь, тогда условие (3) переходит в (2).

Но если поверхность покрыта монослоем, этого делать нельзя. Поэтому, условие на поверхности при наличии мономолекулярной пленки надо взять в виде (3).

Теперь перейдем к задаче определения испарения при наличии монослоя. Для этого решаем уравнение диффузии (1) при следующих граничных условиях:

$$z = 0 \quad k\rho \frac{\partial q}{\partial z} + A(q - q_0) = 0$$

$$z = \delta, \quad q = q_1$$

$$x = 0 \quad q = q_1$$

Значение  $u$  и  $k$  берем в виде степенной функции:

$$u = u_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^n \quad k = k_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{n-1}$$

$u_1$ ,  $k_1$  значения на высоте  $z_1$ .

После перехода к безразмерным величинам получаем уравнение

$$\Phi(\eta) \frac{\partial \bar{q}}{\partial x} = \frac{\partial^2 \bar{q}}{\partial \eta^2} \quad (4)$$

и следующие граничные условия

$$\eta = 0, \quad \bar{q} - x_1 \frac{\partial \bar{q}}{\partial \eta} = 1, \quad (5)$$

$$\eta = \delta, \quad \bar{q} = 0,$$

$$\bar{x} = 0, \quad \bar{q} = 0,$$

где

$$x = \frac{k_1}{u_1 z_1^2} x, \quad \eta = \int \frac{d\left(\frac{z}{z_1}\right)}{\left(\frac{z}{z_1}\right)^{1-\epsilon}}$$

$$z_1 = \frac{k_1 \rho}{A z_1}, \quad \Phi(\eta) = (\epsilon \tau)^{1/\epsilon}, \quad (6)$$

$$\bar{q} = \frac{q - q_1}{q_0 - q_1}$$

Здесь  $z_1$  — характеризует физические свойства монослоя.

Следуя М. Е. Швецу, решение уравнения (4) находим методом последовательных приближений <sup>(2)</sup>. Ограничимся вторым приближением, что дает практически удовлетворительный результат. При этом воспользуемся условием.

$$\left(\frac{\partial \bar{q}}{\partial \tau_1}\right)_\delta = 0. \quad (7)$$

Получаем

$$\bar{q} = 1 - \frac{\eta + z_1}{\delta + z_1} \left[ 1 + \frac{a z_1 + b \delta}{\varphi(z_1, \delta)} \cdot \delta \right] + \left(\frac{\eta}{\delta}\right)^{n+2} \frac{a z_1 + b \delta}{\varphi(z_1, \delta)} \cdot \delta,$$

где

$$n = \frac{1}{\epsilon}, \quad a = (n + 1), \quad b = (n + 2).$$

$$\varphi(z_1, \delta) = z_1^2(n + 2)(n + 3) + 2z_1\delta(n + 1)(n + 3) + \delta^2(n + 1)(n + 2).$$

Имея значение влажности, можно определить величину испарения при наличии монослоя:

$$E_n = \frac{k\rho}{\delta + z_1} \left[ 1 + \frac{a z_1 + b \delta}{\varphi(z_1, \delta)} \cdot \delta \right]. \quad (10)$$

При  $z_1 = 0$  получается испарение с чистой поверхности воды:

$$E_0 = \frac{k\rho}{\delta} \left[ 1 + \frac{1}{n + 2} \right]. \quad (11)$$

При  $z \rightarrow \infty$   $E_n = 0$ , т. е. испарение полностью прекращается. В работе <sup>(2)</sup> введено понятие экономии испарения в виде:

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{E_n}{E_0}. \quad (12)$$

Подставляя сюда (10) и (11), получаем

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{\delta}{\delta + z_1} \cdot \frac{1 + \frac{a z_1 + b \delta}{\varphi(z_1, \delta)} \cdot \delta}{1 + \frac{1}{n + 2}}.$$

При  $\alpha_1 = 0$ ,  $E_n = E_0$  и  $\Xi = 0$

при  $\alpha_1 \rightarrow \infty$ ,  $E_n = 0$  и  $\Xi = 1$ .

На рис. 1 показана зависимость  $E_n/E_0$  от  $\alpha_1$ .

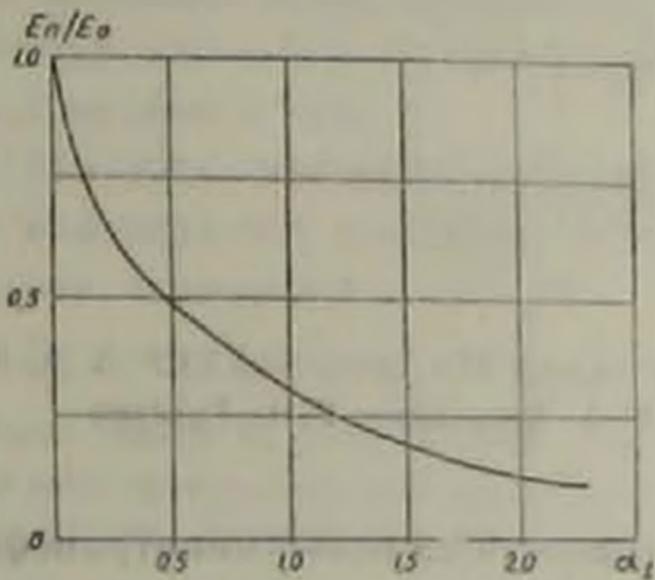


Рис. 1. Зависимость значения  $E_n/E_0$  от  $\alpha_1$

График дает возможность определить экономию испарения для разных значений  $\alpha_1$ , т. е. для различных мономолекулярных пленок.

Ереванский отдел Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института

Л. А. ԳԱՅԱՆ

‘Գոլորշիացման որոշումը ջրի մակերևույթից’ կախված գոլորշիացումից կրճատող թաղանթի ֆիզիկա-Դիմիական հատկություններից

Հոդվածում տեսականորեն որոշվում է գոլորշիացումը ջրի մակերևույթից. կրճատող թաղանթից է միամուկուլյար թաղանթով:

Հումքում է գոլորշու դիֆուզիայի պարզեցված հավասարումը՝ հաջորդական մոտավորությունների եղանակով: Եզրային պայմանը ջրի մակերևույթի վրա հաշվի է առնում գոլորշիացումը կրճատող թաղանթի տեղայնությունը: Թաղանթի ֆիզիկա-Դիմիական հատկությունները հաշվի են առնվում ակոմոդացիայի գործակցի միջոցով:

Ատացված բանաձևեր հնարավորություն է ստալիս որոշել գոլորշիացումը տարբեր միամուկուլյար թաղանթների դեպքում:

Գնահատվում է գոլորշիացման կրճատման արդյունավետությունը տարբեր թաղանթների դեպքում:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԻՎԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> М. П. Тимохеев, «Ученые записки ЛГУ», № 120, 1949. <sup>2</sup> М. Е. Швец, Труды ГГО, вып. 19 (81), 1950. <sup>3</sup> А. М. Мхитарян, Г. Г. Пахчанян, А. Г. Лазарян, «Известия АН Арм. ССР», сер. ФМ, т. 18, № 6 (1965).