

С. А. Хачатурян и Л. Б. Бунятыян

К вопросу о суммарном испарении воды с орошаемого поля

Произведенные исследования позволили нам, на основании диаграммы хода влажности почвы орошаемого поля, поливного графика и метеорологических данных сделать попытку дать расчетную формулу для определения суммарного испарения в условиях трех различных климатических зон Армянской ССР.

Постановка вопроса. Известно, что суммарное испарение с поверхности почвы и растений зависит от ряда физических и биологических факторов. Сочетание факторов, влияющих на испарение с водной поверхности и на испарение с поверхности почвы или растений по составу и сложности их учета естественно различно.

На испарение с водной поверхности влияют такие факторы, как температура воды и воздуха, степень насыщения воздуха водяными парами, скорость ветра, солнечная радиация и др., учет влияния которых сравнительно упрощается благодаря однородности испаряющей поверхности.

Суммарное испарение с поверхности почвы и растений кроме перечисленных факторов в основном зависит еще от физико-химического состояния и влажности почвы, режима грунтовых вод, физического состояния поверхности поля, характера и массы растительного покрова и ряда других, влияние и учет которых весьма сложны и различны, благодаря неоднородности испаряющей поверхности.

Известно, что по мере высыхания почвы, расход влаги на испарение и транспирацию сокращается. При высоком стоянии уровня грунтовых вод, частых осадках и поливах, плотной поверхности поля, интенсивность испарения больше и, наоборот, поэтому даже в пределах небольшого поля их влияние на испарение различно.

Из сказанного понятна трудность решения указанного вопроса. Существующие расчетные формулы и графики справедливы только для определенных естественно-климатических условий.

Формулы, предложенные различными авторами для определения испарения, можно подразделить на три группы.

К первой группе относятся формулы, по которым определяется величина испарения по данным психрометрической разности воздуха и некоторого постоянного коэффициента, Кребс [1], Шатский [3] и другие.

Ко второй группе относятся формулы, где величина испарения определяется среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха и некоторым постоянным коэффициентом, зависящим

от агротехники, ветра и др. факторов (Шатский [3], Костяков [4], Иванов [5]).

И, наконец, к третьей группе относятся те формулы, где величина испарения становится в зависимость от дефицита влажности воздуха (Кузин [6]).

Кроме вышперечисленных формул имеются и другие, где в той или иной степени учитывается фактор влажности почвы (Б. В. Поляков [7], В. П. Попов [8], Жасле и Серве [8] и др.). Однако и эти формулы не могут быть применены для наших условий ввиду того, что они выведены для иных физико-географических условий.

Все эти формулы в основном получены в результате обработки наблюдений по испарению с водной поверхности и, конечно, мало пригодны для определения испарения с орошаемого поля.

Попытки применить эти формулы для испарения с поверхности почвы привели к изменению коэффициента, что нужно считать мало удачным и вследствие того, что эти формулы дают возможность учитывать не фактическое испарение, а лишь испаряемость.

Исходя из изложенного, при обработке данных влажности почвы с опытных полей, засеянных свеклой (Ленинакан), хлопчатником (Эчмиадзин) и табаком (Котайк) нами была принята за основу формула Кузина [6] с поправочными членами на ветер и влажность почвы.*

Зависимость, принятая нами для суммарного испарения, имеет вид:

$$V = K (E - e) (1 - 0,1W) (\gamma_{cp} - a), \quad (1)$$

где $(E - e)$ — дефицит влажности воздуха в мм,

W — скорость ветра в м/с,

γ — средняя влажность почвы в корнеобитаемом слое в ‰,

a — та влажность почвы, которая при естественных условиях почвы и климата не может быть испарена,

K — постоянный коэффициент.

Член $(\gamma_{cp} - a)$ в формуле определяет то количество влаги в почве, которая при данных климатических условиях может быть испарена. Этим существенно и отличается предлагаемая формула от формул других авторов. Как видно из формулы, при средней влажности почвы, равной $\gamma_{cp} = a$, испарение с поверхности почвы равно нулю, что как раз и соответствует физической сущности явления.

Примененная методика для установления расчетных данных суммарного испарения. Задача сводилась к тому, чтобы установить расчетные значения суммарного испарения и определить неизвестные параметры, входящие в формулу (1) для разных климатических зон Армении.

Параметры, входящие в формулу (1), определялись для среднемесячного испарения.

* Данные о влажности почвы по Ленинакану получены от Т. О. Александрия. Эчмиадзин — А. Джанджугаяна и Котайк — П. Т. Тер-Захаряна.

Контролем для суммарного испарения, вычисляемого по формуле (1), являлось фактическое суммарное испарение, определяемое балансовым методом по данным почвенной влажности, осадков и поливных норм.

Среднемесячное фактическое испарение вычислялось по данным влажности почвы γ_n^* на начало и γ_k на конец месяца по данным месячных атмосферных осадков Q_0 и по поливной норме Q_n за месяц по следующей формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{100 \alpha h (\gamma_n - \gamma_k) + Q_0 + Q_n}{t_m} \quad (2)$$

где $100 \alpha h (\gamma_n - \gamma_k)$ — запас влаги, израсходованной или накопленной почвой в корнеобитаемом слое h . t_m — число дней в месяце.

Среднемесячное значение влажности почвы определялось по формуле:

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{(\gamma_n + \gamma_1) t_1 + (\gamma_1 + \gamma_2) t_2 + \dots + (\gamma_1 + \gamma_k) t_l}{2 t_m} \quad (3)$$

где γ_n — весовая влажность почвы на начало месяца в корнеобитаемом слое,

$\gamma_{1,2,\dots}$ — промежуточные значения влажности, определенные в течение месяца,

$t_{1,2,\dots,l}$ — время в днях между отдельными определениями влажности,

γ_k — влажность почвы на конец месяца.

В формуле (3) $t_1 + t_2 + \dots + t_l = t_m$.

Данные дефицита влажности и скорости ветра брались многолетние среднемесячные, а атмосферные осадки фактические за данный период наблюдений.

Ниже приводятся результаты обработки наблюдений на опытных полях свеклы в Ленинакане, хлопчатника — в Эчмиадзине и табака — в Котанке.

Опытные поля были разбиты на отдельные участки, на каждом из которых поддерживалась влажность: 60, 70 и 80% от влагоемкости почвы соответствующими сроками и нормами поливов.

Свекла. Обработка результатов наблюдений за фактическими испарениями, вычисленными балансовым методом (1) для условий поля, засеянного свеклой, для климатических условий Ленинакана имеет вид:

$$V = 0,18D (1 + 0,1W) (\gamma_{\text{ср}} - 12,5). \quad (4)$$

Среднемесячное значение влажности почвы (в %), вычисленное по формуле (3) и среднемесячное испарение (в m^3), вычисленное балансовым методом для опытных участков при влажности почвы 60, 70 и 80% от влагоемкости, приводится в таблице 1.

Таблица 1

№№ участков	%	Месяцы	VII	VIII	IX
1	60%	Үср.	18,0	18,5	22,7
		Үфакт.	24,2	29,3	27,2
2	70%	Үср.	24,2	2,4	24,7
		Үфакт.	58,0	33,1	31,2
3	80%	Үср.	26,8	26,2	29,5
		Үфакт.	62,4	82,3	51,0

По формуле (4), метеорологическим данным и данным таблицы 1 вычислены среднemesячные испарения за период наблюдений и суммарное испарение за период наблюдений* по формуле Σv_t .

Таблица 2

Месяцы	Уч. 1			Уч. 2			Уч. 3		
	v_{ϕ}	v_n	Δv	v_{ϕ}	v_n	Δv	v_{ϕ}	v_n	Δv
VII	24,2	23,6	-0,6	58,0	50,1	-7,9	62,4	61,1	-1,3
VIII	29,3	31,0	+1,7	33,1	53,7	+20,6	82,3	70,7	-11,6
IX*	27,2	33,0	+5,8	31,1	39,4	+8,2	51,0	51,9	+0,9
Σv_t	2017	2222	+205	3118	3611	+493	5170	4838	-332

* сентябрь месяц не полное число дней.

Из таблицы 2 видно, что расхождение испарения, вычисленное по формуле (4), от фактического в шести случаях составляет от 2,5 до 14,0%, в двух случаях расхождение составляет от 21,4 до 26,3%, и в одном случае - 62,5%. Суммарное испарение за период наблюдений, вычисленное и фактическое, разнятся уже меньше, и ошибка составляет максимум 16,8% и минимум - 6,4%. Необходимо отметить, что полевые материалы по динамике влажности не совсем доброкачественные, определение влажности производилось несвоевременно и с большими интервалами. Этим в основном, как нам кажется, и объясняются столь большие отклонения вычисленных величин испарения от фактических.

Хлопчатник. Формула (1) для условий хлопкового поля, в районе Эчмиадзина, в результате обработки фактического материала по ходу влажности за вегетационный период принимает вид.

$$V = 0,25 D (1 + 0,1 W) (\gamma_{ср} - 12,5) \quad (5)$$

Наблюдения над ходом влажности почвы и оросительными нормами имеются за период с 3/V по 7/IX по 4 опытным участкам одного и того же поля, на 3 из которых влажность почвы поддерживалась не ниже, чем 60, 70 и 80% от полевой влагоемкости соответствующими нормами и сроками полива, а на четвертом поливные нормы и сроки были приняты распространенные в этом районе (т. е. бытовая схема).

В течение мая и июня все 4 участка поля фактически находились в одинаковых условиях увлажнения. На первом и втором участках в июне месяце поливная норма была больше двух других, причем на первом участке на 167 м³/га, а на втором участке на 310 м³/га.

При вычислении средней влажности почвы и фактического испарения по балансовому методу время наблюдений было разбито на три периода: первый—с 3/V по 30/VI, второй—с 1/VII по 31/VII и третий—с 1/VIII по 31/VIII.

Вычисленные значения средних влажностей почвы ($v\%$), фактические данные по испарению за рассматриваемый период приводятся в таблице 3.

Таблица 3

№ участка		Месяцы		
		V-VI	VII	VIII
I	У _{ср}	19,4	17,3	16,3
	v _ф	53,5	47,7	37,1
II	У _{ср}	20,8	19,4	18,4
	v _ф	46,1	66,7	61,5
III	У _{ср}	20,9	20,7	20,0
	v _ф	50,9	75,6	73,3
IV	У _{ср}	20,6	19,8	17,6
	v _ф	49,0	78,7	55,3

Для сравнения среднемесячных суммарных испарений за сутки с гектара, вычисленных по формуле (5), и фактических, данных по тому же элементу, приводятся в таблице 4.

Таблица 4

Месяц	I участок			II участок			III участок			IV участок		
	v _ф	v _н	Δv									
V+VI	53,5	40,9	-12,6	49,5	48,0	-1,5	50,9	48,6	-2,3	49,0	46,9	-2,1
VII	47,7	50,5	+2,8	66,7	68,8	+2,1	75,6	80,0	+4,4	78,7	72,2	-6,5
VIII	37,1	42,0	+4,9	61,5	60,5	-1,0	73,3	74,2	+0,9	55,3	53,3	-2,0
Σvi	57,43	52,45	-4,98	69,35	67,85	-1,50	73,65	77,00	+3,35	69,95	66,15	-3,80

Максимальная разница в испарении за период наблюдения, вычисленная и фактическая, составляет 8,6%, минимальная—0,6%, средняя же ошибка по всем 4 участкам составляет всего 3,8%.

Если исключить из рассмотрения суммарное испарение, вычисленное по каждому участку за V+VI месяцы, то ошибка в размере суммарного суточного испарения, вычисленного по формуле, составит максимум 13,2%, а минимум—1,2%, в большинстве же случаев разница будет в пределах от 3 до 6%, что можно считать вполне удовлетворительным.

Разница в значениях суммарных испарений, вычисленных по формуле и балансовым методом, будет тем меньше, чем точнее и чаще в полевых условиях будут определены значения влажности почвы.

Значение среднемесячных величин дефицита влажности воздуха и скоростей ветра за неимением данных по Котайку мы вынуждены были взять данные по Еревану, учитывая близость этих двух пунктов. Наблюдение за ходом влажности было произведено на трех участках поля под табакком, влажность которых поддерживалась соответствующими нормами и сроками полива на пределе 60, 70 и 80% от влагоемкости.

Таблица 5

№№ участ		Месяцы			
		VI	VII	VIII	IX
1	Усп.	26,0	20,5	17,1	19,2
	вф.	43,4	31,5	18,3	26,0
2	Усп.	26,0	22,1	19,4	20,9
	вф.	44,0	43,7	25,5	26,2
3	Усп.	26,0	25,2	23,2	21,4
	вф.	43,0	56,5	40,5	40,1

На основании метеорологических данных таблицы 5 в таблице 6 приводятся значения среднесуточных суммарных испарений, вычисленных по формуле (6).

Таблица 6

Месяцы	1 уч.		2 уч.			3 уч.			
VI	43,4	43,9	+0,5	44,0	43,9	-0,1	45,0	43,9	-1,1
VII	31,5	33,4	+1,9	43,7	42,6	-1,1	56,5	53,1	-3,5
VIII	18,3	19,9	+1,6	25,5	29,0	+3,5	40,5	41,9	+1,4
IX	26,0	19,9	-6,1	26,2	25,0	-1,2	40,1	26,4	-13,7
Σvi	3467	3447	-20,0	4102	4140	+38	5315	4991	-321

В суммарных испарениях за период наблюдений разница составляет в двух случаях около $-0,6\%$, $+0,9\%$ и в третьем случае -6% . По месяцам ошибка колеблется в семи случаях $0,2\%$, в трех случаях от $8,8$ до $13,7\%$ и в двух случаях от $22,5$ до $34,2\%$.

Как это было сказано выше, основная причина столь больших в отдельных случаях расхождений нужно отнести за счет не вполне достоверных промежуточных за период наблюдений значений влажности, которые за весь период наблюдений нивелируются и дают разницу не более 6% .

В заключение необходимо указать, что полученные значения коэффициента испарения „К“ для различных климатических условий Армении в формуле (1) нужно рассматривать как приближенные и требующие уточнений в зависимости от культуры, структуры почвы и агротехнических условий.

Армянский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

Поступило 16 VIII 1951

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. Т. Селянинов—К вопросу о классификации с.-х. культур по климатическому признаку. Тр. по с.-х. метеорологии, вып. 21, 1930.
2. Г. Т. Селянинов—К методике с. х. климатографии. Тр. по с. х. метеорологии, выпуск 22, 1930.
3. А. Л. Шатский—О гидротермическом коэффициенте. Труды по с. х. метеорологии, в. 21, 1930.
4. А. И. Костяков—Основы мелиорации, 1938.
5. В. Г. Иванов—Испарение в естественных условиях, 1939.
6. П. С. Кузик—Об испарении с поверхности почвы. Тр. ГГИ, 1938.
7. Б. В. Поляков—Количественная оценка подземных грунтовых вод с помощью уравнения водного баланса. Изв. АН СССР, Отд. т. и., 2, 1946.
8. В. П. Попов—Баланс влаги в почве и его географические коэффициенты (докторская диссертация).

Ս Ն Խաչատրյան և Վ Է Ռ Օսեփյան

ՈՌՈԳՎՈՂ ՇՈՂԵՐԻՑ ԳՈՒՄԱՐԱՅԻՆ ԳՈՒՈՐՇԻԱՑՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողվածուժ տրված են այն ֆակտորները, որոնք ազդում են հողից և բուսականությունից կատարվող գոյորշիացման վրա, և ստանձնացված են նրանք, որոնք ստանձնակի ազդում են գոյորշիացման մեծություն վրա՝ այդ գոյորշիացնող բնդունակությունը և հողում խոնավության աստիճանները:

Աստիճանախրություն բնկացում բնդունակ է, որ հողի մակերևույթը թեքություն չունի, ստորերկրյա ջրերի հորիզոնը սաժը է, և ստուգման ջրերի վանում տեղի չի ունենում:

Այս բնդունված պայմանների համար տրված է հատուկ բանաձև, որով կարելի է որոշել գումարային գոյորշիացման մեծությունը՝ կախված այդ խոնավության պակասորդից, քամու տրագությունից, հողի խոնավությունից և կլիմայական գործակիցից:

Տրված է որիչ հեղինակների բանաձևերի քննադատությունը, որոնք նախադր չէ օգտագործել Հայաստանի կլիմայական գոնաներում:

Հայաստանի 3 կլիմայական գոնաների համար, տարբեր կույտուրաների գեպում ձեռնդեղը՝ էներգիանում, բամբակը՝ էջմիածնում և ձխախոտը՝ Կոտայքում որոշված են կլիմայական գործակիցների մեծությունները ստաջարկված բանաձևի մեջ:

Աղյուսակներում բերված են միջին ամսական գումարային գոյորշիացումների մեծությունները որոշված առաջարկված բանաձևով, և իրական գոյորշիացումների մեծությունները՝ հաշված բալանայի մեթոդով:

Համեմատելով այդ երկու ձևով որոշված գոյորշիացման մեծությունները հեղինակը գալիս է այն համոզման, որ ստացված բանաձևը մեծ ճշտությամբ արտահայտում է երևույթի բանական կազմը: Առաջարկված բանաձևերը Հայաստանի կլիմայական 3 գոնաների համար սխախ գրանց առաջված սրբիս մոտախր, սրբ պանանջում է հետադարձ ճշակ կախված կույտուրայից, հողի սարակուրայից և այլ ազդակներով կախված գոնաներից: