

ПРИКЛАДНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

Г. Г. Пахчанян

Испаряемость и ее изменение с высотой местности

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Агаджаняном 15/V 1963)

Одним из важных климатических показателей, связывающих элементы водного баланса суши, является испаряемость (1).

Испаряемостью принято называть возможное испарение, величина которого лимитируется метеорологическими условиями данной местности. Величину испаряемости можно определить непосредственным измерением, отождествляя ее с величиной испарения предельно увлажненной почвы (2,3) или с открытой водной поверхностью (4,5), а также косвенным путем, определяя возможную величину тепла, которая в данных метеорологических условиях местности может расходоваться на испарение (1). В первом и во втором случаях существенное влияние на величину испаряемости оказывает размер испаряющей поверхности, кроме того, во втором случае — и глубина водоема (6).

В настоящее время существует ряд эмпирических формул, которые связывают величину испаряемости с метеорологическими элементами (2-5). Достаточно сказать, что они верны в пределах тех условий, при которых они получены. Кстати, отметим, что в формуле

$$E_0 = \beta d, \text{ мм/сутки}, \quad (1)$$

где: E_0 — испаряемость; d — средний суточный дефицит влажности воздуха; β — коэффициент пропорциональности, значения β в условиях суши бассейна оз. Севан (7) колеблются в пределах 0,7—0,9 и примерно в два раза больше, чем соответствующие значения, приведенные в работах (2) и (3).

Величина тепла, которая расходуется на испарение с почвы при ее предельном увлажнении, может быть определена на основе решения систем уравнений (1):

$$\frac{R - B}{LD\rho} + \frac{0,622}{\rho} e + \frac{c_p}{L} T = \frac{0,622}{\rho} e_0 + \frac{c_p}{L} T_0, \quad (2)$$

$$e_0 = 6,1 \times 10 \exp\left(\frac{7,43T_0}{235 + T_0}\right). \quad (3)$$

Здесь R и B радиационный баланс деятельной поверхности и теплообмен в почве; ρ , P , c_p , T и e — соответственно плотность, давление, теплоемкость, температура и упругость водяных паров воздуха; e_0 и T_0 — максимальная упругость водяных паров испаряющей поверхности при температуре последней — T_0 ; D — интегральный коэффициент обмена; L — скрытая теплота парообразования.

Из уравнений (2) и (3) можно определить T_0 и e_0 , затем и испаряемость, по формуле

$$E_0 = \rho D (e_0 - e), \quad (4)$$

при различных значениях D .

Коэффициент D характеризуется малой изменчивостью, при этом соответствующие значения испаряемости будут отличаться друг от друга незначительно (8).

Значения T и e обычно измеряются в метеорологических станциях, а величину R , если нет непосредственных измерений, можно определить по формуле (1)

$$R = Q_0 [1 - (1 - k_n) n] (1 - \alpha) - (1 - c n^2) J_0 - 4 \sigma k T^3 (T_0 - T). \quad (5)$$

Здесь: Q_0 — суммарная радиация при безоблачном небе; α — альбедо; k — коэффициент, характеризующий отклонения излучения данной поверхности от излучения черного тела; k_n — коэффициент, определяющий, какую часть от возможной составляет действительная радиация при полной облачности; n — облачность в долях единицы; σ — постоянная Стефана — Больцмана; J_0 — эффективное излучение при безоблачном небе. Последнее определялось по температуре и влажности воздуха из таблиц, построенных по расчетам М. Е. Берлянда (1). Значение альбедо деятельной поверхности суши для теплого периода года, исходя из многочисленных измерений, имеющих в литературе, принято равным 0,2.

Величина коэффициента c определялась из таблиц, приведенных в работе (1), которая для географической широты 40° равна 0,68. Коэффициент k для различных поверхностей меняется в пределах 0,85 — 1,00 и принят равным 0,9.

Для определения коэффициента k_n была использована формула

$$k_n = 1 - \frac{Q_0 - Q_n}{n Q_0}, \quad (6)$$

где Q_n — суммарная радиация в действительных условиях.

Используя имеющиеся материалы по облачности, суммарной возможной и действительной радиации по метеорологическим станциям Ереван, Леникан, Севан ГМО и Мартуни УГМС АрмССР, было определено значение k_n по месяцам. Соответствующие значения Q_0 , n и k_n по вышеуказанным станциям приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что: 1) среднее значение k_n для территории Армении равно 0,60 и отличается от соответствующего табличного значе-

Среднемесячные значения Q_0 (ккал/см² мес), n и k_n по некоторым метеорологическим станциям Армянской ССР

Мет. ст.	Элементы	Месяцы							Ср.
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Ереван	Q_0	19,3	21,5	21,8	21,3	19,1	15,0	12,8	18,7
	n	0,67	0,53	0,43	0,34	0,25	0,25	0,36	0,40
	k_n	0,64	0,71	0,75	0,71	0,78	0,67	0,45	0,67
Ленинакан	Q_0	17,6	21,5	22,7	22,3	19,7	15,9	12,2	18,8
	n	0,66	0,65	0,45	0,38	0,31	0,30	0,47	0,46
	k_n	0,55	0,56	0,54	0,64	0,64	0,62	0,44	0,57
Севан	Q_0	18,9	22,5	23,3	22,3	19,8	16,5	12,9	19,4
	n	0,55	0,56	0,44	0,43	0,34	0,37	0,47	0,45
	k_n	0,55	0,56	0,54	0,64	0,64	0,62	0,44	0,57
Мартуни	Q_0	20,4	22,7	24,0	22,5	20,3	16,6	12,8	19,9
	n	0,54	0,57	0,48	0,43	0,37	0,38	0,45	0,46
	k_n	0,55	0,56	0,54	0,64	0,64	0,62	0,44	0,57

ния (0,33), приведенного в работе (1), приблизительно в два раза. Такой результат был получен и в работе (6); 2) k_n имеет годовой ход, зависящий от высоты солнца и других факторов, достигая максимального значения летом. Значение Q_{0n} в пунктах Мартуни и Севан ГМО мало отличается от соответствующих значений, приведенных в работе (1). Некоторое уменьшение значения в пунктах Ленинакан и, особенно, Ереван, связано с прозрачностью атмосферы.

Учитывая изложенное, по формулам (2), (3) и (4) определены средние многолетние значения испаряемости по месяцам по некоторым метеорологическим станциям Севанского бассейна и Арагацского массива. Результаты расчета приведены в табл. 2. В этих расчетах принималось $B = 0$, а $D = 0,63$ см/сек (1).

Условимся величину испаряемости, определенную комплексным методом (1), называть испаряемостью.

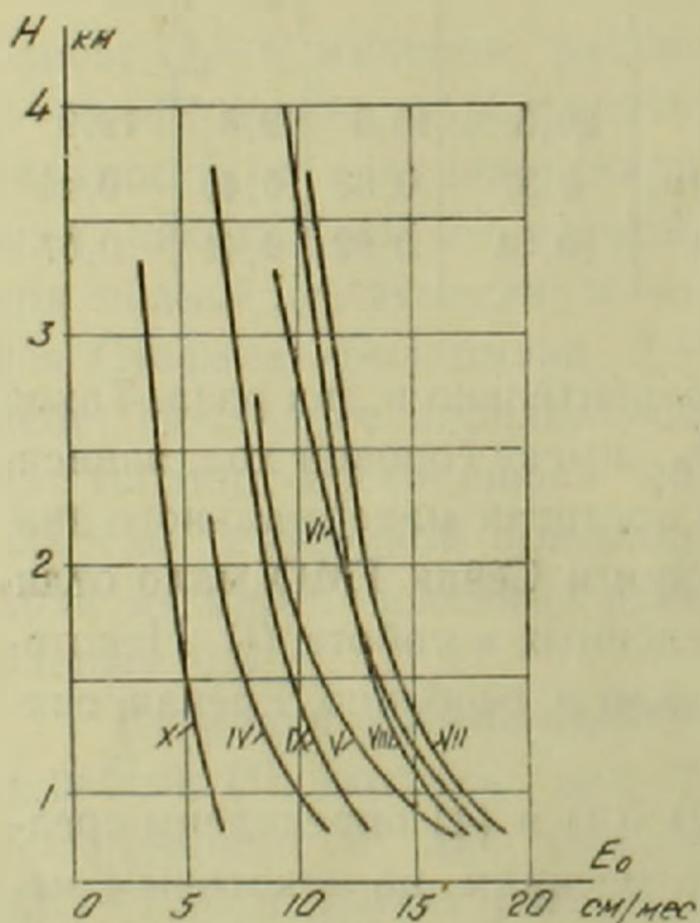
Ниже, на фиг. 1, приведены графики зависимости испаряемости от высоты местности Арагацского массива для различных месяцев. При построении этих зависимостей значения испаряемости брались из табл. 2.

Верхними границами применения данной связи (фиг. 1) являются те абсолютные отметки (Н), выше которых в соответствующий месяц имеется постоянный снежный покров.

Из фиг. 1 видно, что: 1) скорость убывания испаряемости по мере

Величины испаряемости по некоторым метеорологическим станциям в различные месяцы (мм)

Метеорологические станции	Н н. у. м. м.	Месяцы							Сумма
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Ереван	905	105	154	172	182	166	128	72	979
Спитак	1526	71	104	126	137	132	84	49	703
Ленинакан	1529	69	103	137	155	147	103	50	764
Севан ГМО	1919	64	92	114	121	112	83	46	632
Мазра	1930	77	110	132	137	127	89	43	715
Севан	1937	60	98	120	127	120	86	49	660
Мартуни	1943	77	100	122	128	121	92	57	697
Камо	1946	76	105	124	129	118	93	43	688
Семеновка	2096	62	89	106	110	103	51	35	556
Яных	2331	—	85	113	128	118	90	51	586
Арагац в/г	3229	—	—	82	109	104	76	29	400



Фиг. 1. Зависимость величины испаряемости от высоты местности для Арагацкого массива.

Значение испаряемости при $\alpha = 0,1$ приблизительно характеризует величину испарения с поверхности водоемов, удовлетворяющих следующим условиям:

- 1) глубина этого водоема настолько мала, что изменение теплосодержания водной массы во времени можно принять равным нулю;
- 2) площадь этого водоема настолько велика, что окружающая среда не оказывает существенного влияния на испарение с его поверхности.

Ниже приводятся результаты сравнения величин испаряемости с суши и испарения с водной поверхности. Некоторые из результатов представлены на фиг. 2 и 3.

увеличения высоты местности уменьшаются; 2) месячные значения испаряемости колеблются в пределах от 30 до 190 мм, а их суммы за теплый период года от 400 до 1000 мм; 3) максимальные значения испаряемости наблюдаются в июле.

Величина испаряемости в естественных условиях должна получаться, с одной стороны, несколько увеличенной, так как при этом не учитывается трансформация воздушных масс при переходе поверхности суши с недостаточным увлажнением к этой же поверхности при достаточном ее увлажнении и, с другой стороны — несколько уменьшенной, так как при этом не учтено влияние окружающей среды и некоторое уменьшение альбедо.

Интересно заметить, что годовое значение испарения с оз. Севан (кривая 4 на фиг. 2), которое составляет 780 мм⁽⁹⁾, мало отличается от величины испаряемости (кривая 3), которая за апрель—октябрь месяцы составляет 730 мм.

По данным, приведенным в работах (7) и (9), получается, что только часть (примерно 67—70%) от радиационного баланса, получаемого озером Севан, расходуется на испарение. Восемь процентов этого тепла озеро получает в течение ноября—апреля, которому и соответствует 60 мм испаряемости. Считая величину испаряемости за ноябрь—апрель равной 60 мм, получим, что испарение с оз. Севан (780 мм/год) и испаряемость (730+60=790 мм/год) по величине равны.

Вышеизложенное приводит к мнению, что в современных условиях глубина оз. Севан сглаживает годовой ход и отодвигает максимум испарения с озера на 2—3 месяца, а на величину годового испарения оказывает сравнительно малое влияние. Несколько меньше перемещен максимум испарения с поверхности воды испарителей ГГИ-3000 и бассейна площадью 20 м².

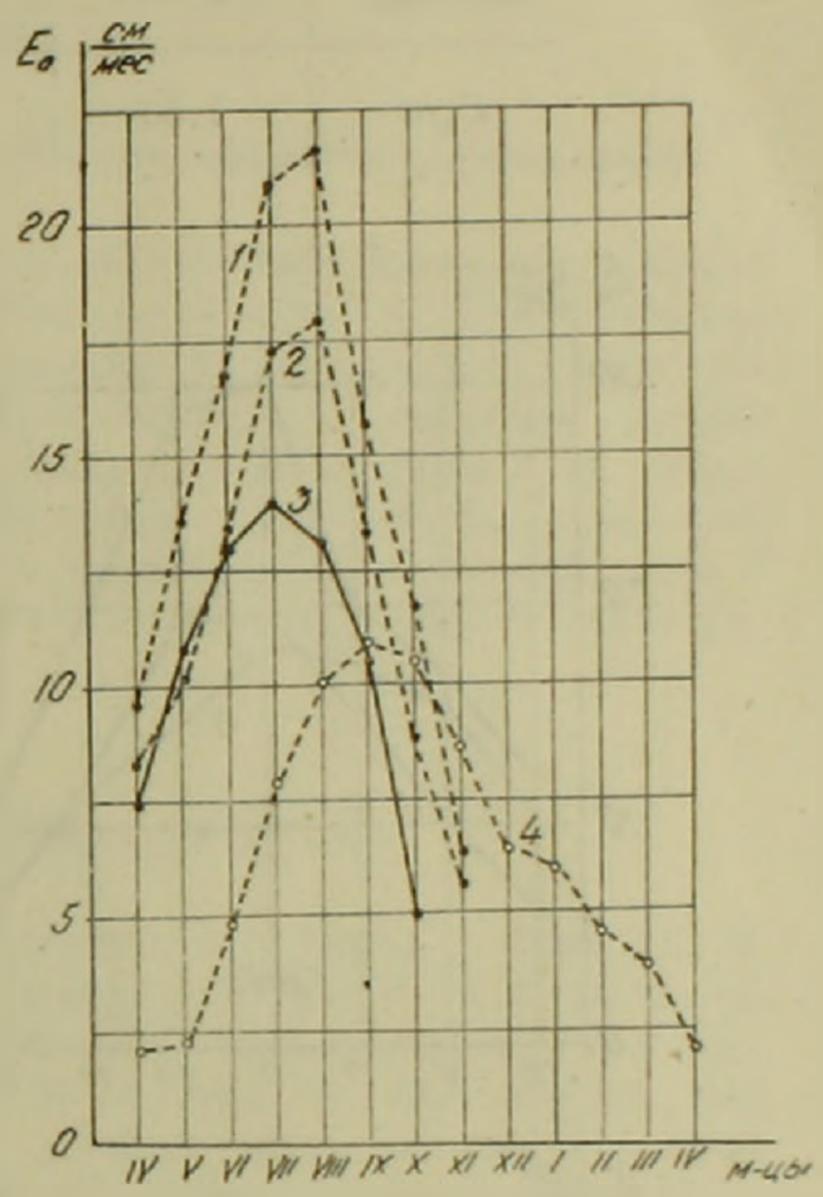
На фиг. 3 показаны графики изменения величины испарения с водной поверхности испарителя ГГИ-3000 (1), испаряемости (2) и дефицита влажности воздуха (3) по времени в некоторых пунктах.

Приведенные графики на фиг. 3 показывают, что:

1) испарение с водной поверхности испарителя ГГИ-3000 (E_n) следует ходу изменения дефицита влажности воздуха и соотношение между ними во времени изменяется незначительно, а по высоте (табл. 3) это же соотношение изменяется в два раза;

2) по мере увеличения абсолютной высоты местности и осадков, расхождение между испарением (графики 1) и испаряемостью (графики 2) уменьшается.

Заметим, что Мартуни и Яных находятся почти в одинаковых физикогеографических условиях и количество осадков в этих пунктах также одинаково. Однако в связи с орошением поля в Мартуни получают больше влаги, чем в Яныхе. По этой же причине в Яныхе испарение с водных испарителей несколько больше, чем в Мартуни.

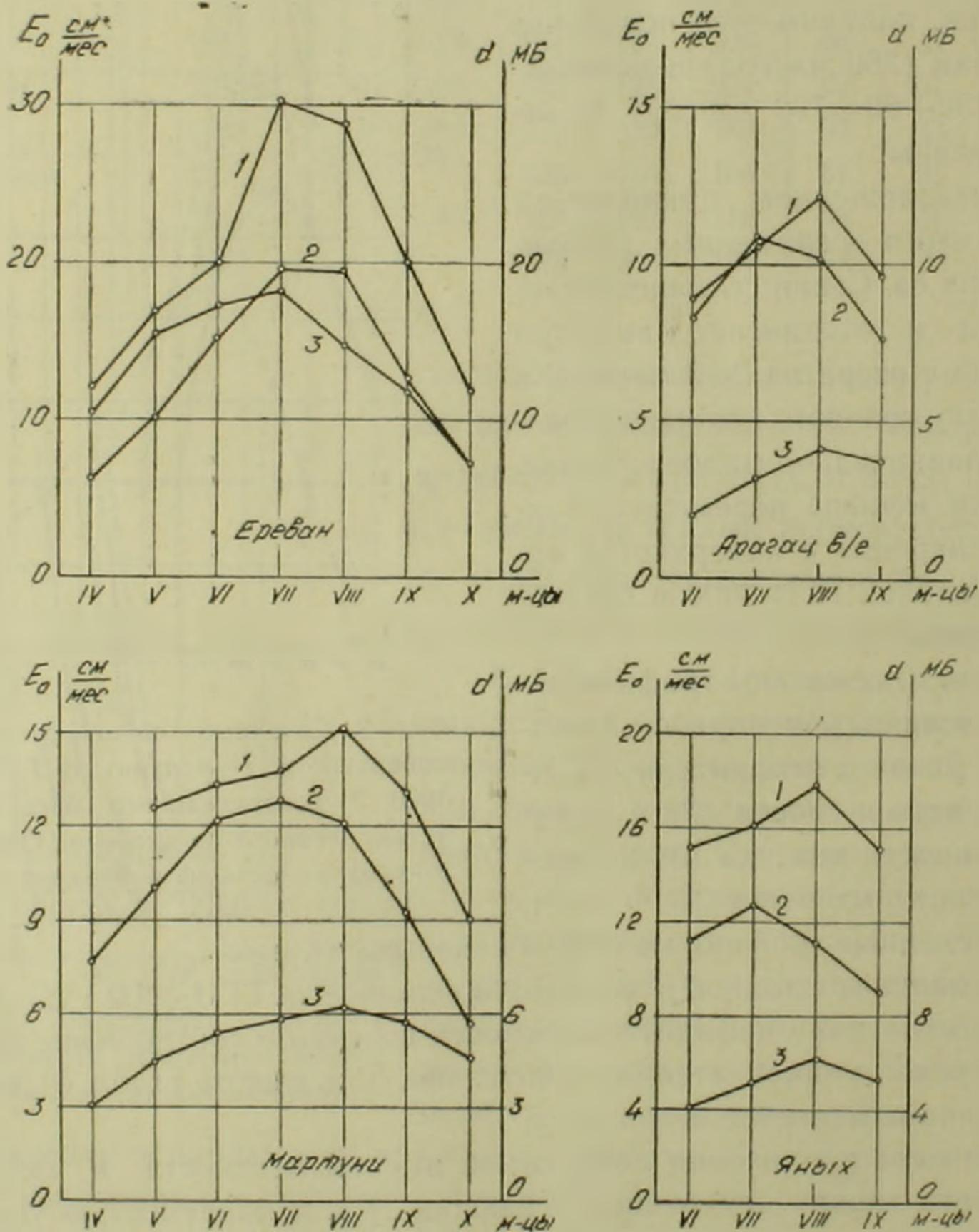


Фиг. 2. Сезонный ход испарения с поверхности: 1—испарителя ГГИ-3000; 2—испарительного бассейна, установленного на острове Севан; 3—испаряемость на побережье озера при $\alpha=0,1,4$. оз. Севан.

Такой картины не наблюдается при сравнении величин испаряемости в этих пунктах (табл. 2), так как в этом случае не учитывается влияние окружающей среды на величину испаряемости.

Таблица 3
Значение E_n/d в некоторых пунктах

Пункты величин	Ереван	Мартуни	Яных	Арагац в/г
E_n/d	1,50	2,30	3,00	3,14



Фиг. 3. Испарение с водной поверхности испарителя ГГИ—3000 (1), испаряемость (2) и дефицит влажности воздуха (3) в различных пунктах.

В заключение следует отметить, что величина испарения с водных испарителей, установленных на суше, при увеличении влажности окружающей среды, приближается к величине испаряемости, кото-

рая может служить для оценки величины испарения с больших увлажненных территорий суши.

Институт водных проблем
Академии наук Армянской ССР

Հ. Ն. ՓՈՒՉԱՆՅԱՆ

Գոլորշառու հակությունը և նրա փոփոխումը քոս սեղանի բարձրության

Հոգվածում բերված են սոլյալներ գոլորշառունակության մեծության վերաբերյալ, շարված ինչպես չրի գոլորշիացնողների սպինությունը (ԳԳՂ—3000 և այլն), այնպես էլ հաշված կոմպլեքս մեթոդով Հայաստանի տարբեր շրջանների համար: Կատարված է համեմատություն նրանց միջև և ցույց է տրված, որ տեղանքի բացարձակ բարձրության մեծացման և տեղումների քանակի աճման հետ մեկտեղ նվազում է նրկու տարբեր մեթոդներով (գոլորշիացնողների ԳԳՂ—3000 և կոմպլեքս) որոշված գոլորշառունակությունների մոծությունների տարբերությունը: Հոգվածում ցույց է տրված, որ գոլորշառունակության մեծությունը, որոշված կոմպլեքս մեթոդով, կարող է ծառայել որպես մոտավոր գնահատական գոլորշիացման մեծության, որը կարող է տեղի ունենալ բավական մեծ և շատ խոնավ հողի մակերևույց:

ЛИТЕРАТУРА -- ԿՐԻԿԵԼՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ М. И. Будыко, Тепловой баланс земной поверхности, Гимиз, Л., 1956. ² А. М. Алпатьев, Влагооборот культурных растений, Гимиз, Л., 1954. ³ А. И. Будаговский, Основные закономерности суммарного испарения, Сб.: Биологические основы орошаемого земледелия, Изд. СССР, М., 1957. ⁴ В. К. Давыдов, Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 12, 1944. ⁵ Н. Н. Иванов, Зап. Всес. географ. общ., нов. сер. т. I, 1948. ⁶ М. П. Тимофеев (ред.), Метеорологический режим оз. Севан, Гимиз, Л., 1950. ⁷ Г. Г. Пахчанян, Тр. I Закавказ. конференции молодых научн. сотрудн., Изд. АН АрмССР, Ереван, 1960. ⁸ Л. П. Серяков, Определение испаряемости и исследование влияния климатических факторов на нормы орошения, Автореферат канд. дисс. Л., 1959. ⁹ А. М. Мхитарян, ДАН АрмССР, т. XXVI, 2 (1963).