

МЕТЕОРОЛОГИЯ

А. М. Мхитарян, М. Г. Дагестанян, З. А. Зорян и Н. А. Петросян

О возможности оценки эффективности монослоев, снижающих испарение с водной поверхности, путем изучения трансформации влажности воздушного потока

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. В. Егиазаровым 26/VI 1967)

Как известно (¹⁻³), в целях сокращения испарения с водной поверхности применяют поверхностно-активные вещества, которые на водной поверхности образуют сплошной монослой с некоторым двухмерным давлением, порядка 30—40 *дин/см*, при котором монослой эффективно сокращает испарение. Опыты показали, что при скоростях ветра не более 7—8 *м/сек* пленка хорошо сохраняется. Часть тепловой энергии, сэкономленной за счет сокращения испарения, безвозвратно теряется в виде дополнительного турбулентного теплообмена и собственного излучения водной поверхности в атмосферу, другая часть идет на повышение теплосодержания массы воды под пленкой и после исчезновения пленки снова частично расходуется на испарение. При достаточно эффективном сокращении испарения на 20—30% температура воды под пленкой повышается на 2—2,5° (¹⁻⁴).

Научно-исследовательские работы по сокращению испарения в Армянской ССР были начаты осенью 1960 г. на водно-испарительной площадке бывшего Института водных проблем АН Армянской ССР и в последующем проводились в трех направлениях.

Во-первых, на водно-испарительной площадке проводились испытания различных монослоев, главным образом отечественного производства. Изучался тепловой баланс воды в испарителях при наличии на поверхности монослоя и без него.

Во-вторых, в натуральных условиях на Артанишском реликтовом озере площадью 0,45 *км*² проводились работы непосредственно с целью уменьшения испарения.

Для этой цели на Артанишском озере создавались сплошные монослои длительное время, и по методу водного баланса определялось испарение с поверхности озера, которое затем сопоставлялось с испарением плавучих испарителей. Было доказано, что испарение сокращалось на 18—20%.

В открытой лаборатории института был создан забетонированный испарительный бассейн площадью 650 *м*² (50×13) и глубиной 1,4 м.

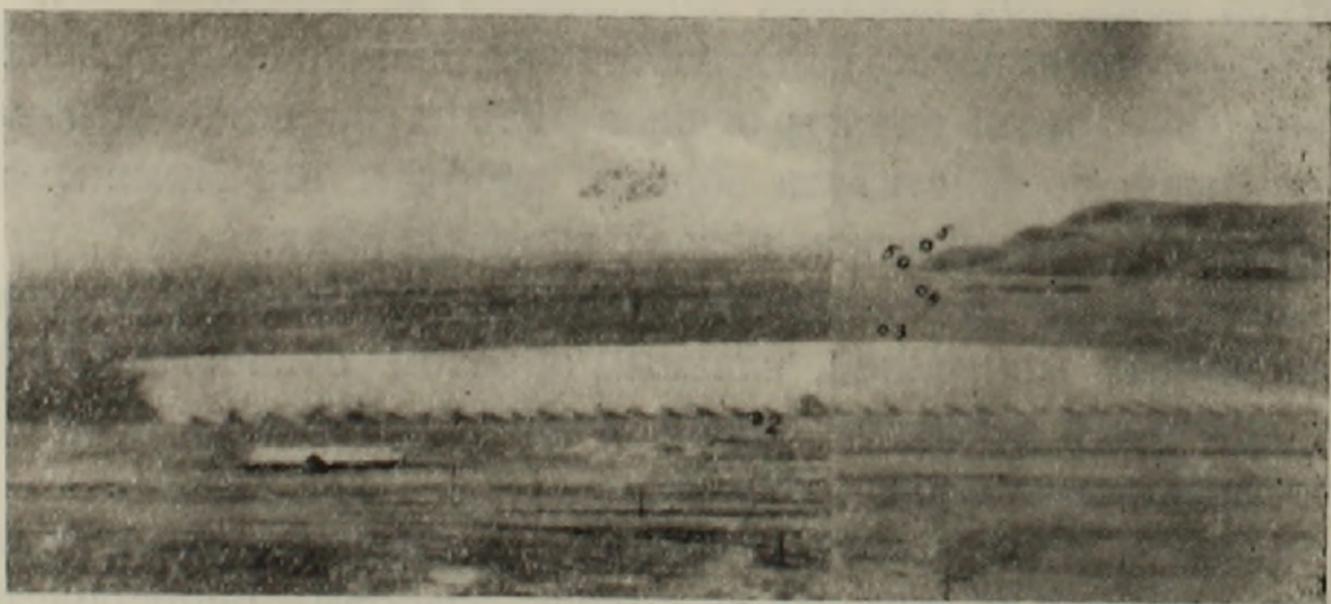
Бассейн на одном конце снабжен специальным волнопродуктором, а на другом — аэродинамическим стендом, которые дают возможность создавать волны высотой до 10—15 см и воздушный поток со скоростью до 3—5 м/сек на высоте нескольких десятков сантиметров над водной поверхностью. На этом бассейне проводились испытания мембранно-молекулярных пленок на сопротивляемость ветру и волнениям. Результаты всех этих работ опубликованы (2, 3).

Наконец, летом 1964 г. проводились работы по созданию пленочных ковров площадью до 4—6 км² на акватории оз. Севан, в Артанишской бухте. Результаты этих работ можно найти в соответствующих отчетах института (В. Н. Жамагорцян, Б. И. Бек-Мармарчев, А. Г. Лазарян, К. Х. Овсепян и др.).

Для оценки эффективности монослоев могут быть применены методы водного и теплового балансов, испарителей и др. В частности, метод водного баланса (2), примененный для Артанишского озера, в условиях оз. Севан также может быть использован, но, чтобы достичь удовлетворительной точности в оценке эффективности пленки, необходимо, чтобы водоем был покрыт ею на 70—80% площади в течение 4—5 месяцев.

Эффективность пленки может быть оценена и по методу теплового баланса, а также путем изучения температурного режима водоема и т. д.

Поскольку летом 1964 г. над Артанишской бухтой изучалась трансформация воздушного потока и характерные изменения температуры, влажности и ветра в отсутствие монослоя уже были известны, то этот процесс изучался и в случае, когда бухта покрывалась монослоем.



Фиг. 1. Ковер монослоя на Артанишской бухте. 2 — берег; 3 и 5 — плот; 4 — коса.

На берегу (точка 2 фиг. 1) были установлены автоматы, которые подавали химикат, образуя ковер шириной 600—700 м. Этот ковер примерно через два часа достигал косы (точка 3 на фиг. 1), пройдя таким образом расстояние 2 км со средней скоростью 1 км/час, при средней скорости ветра на высоте 2 м порядка 8 м/сек. Таким обра-

зом, дрейф пленки совершается по направлению ветра со скоростью $1/25$ — $1/30$ скорости ветра на высоте 2 м.

В то время, когда пленочный ковер, шириной около 1 км и длиной 2 км, т. е. от берега до косы, сохранялся, проводились измерения профилей скорости ветра, влажности и температуры воздуха. На берегу, косе и на плоту (точки 2, 4 и 5, соответственно) были установлены градиентные мачты высотой 12 (берег и плот) и 24 м (коса). Скорости ветра непрерывно записывались на ленту по показаниям электроконтактных анемометров, установленных на высотах 0,5; 1; 2; 4; 8 и 12 м на берегу и на плоту, а на косе на высоте 16 и 24 м. Влажность и температура воздуха измерялись на высотах 0,25; 0,5; 1 и 2 м. Такие же наблюдения проводились в течение длительного времени и в отсутствие монослоя, причем во всех случаях ветер имел устойчивое направление от берега к косе.

Результаты экспериментальных исследований трансформации скорости, влажности и температуры воздушного потока при его переходе с суши на водоем без монослоя на водной поверхности опубликованы в работе авторов (5). Мы здесь путем сравнения результатов трансформации при наличии на водной поверхности монослоя и без него попытаемся оценить эффективность монослоя в смысле сокращения испарения.

Ниже приводятся результаты обработки одного опыта, когда развитый ковер монослоя сохранялся между берегом и косой и в течение 5 часов проводились наблюдения. При этом от косы к плоту (точка 5) пленки не было и имела место обычная трансформация.

Таблица 1

Трансформация температуры и влажности воздуха над Артанишской бухтой (август, 1964 г.) при наличии монослоя и без него. Направление ветра с берега

Пункты	T, на высотах				e, на высотах			
	0,25	0,50	1,0	2,0	0,25	0,50	1,0	2,0
При наличии монослоя								
б	16,6	16,0	15,6	15,4	12,4	11,7	11,5	10,9
к	15,4	15,2	15,0	14,6	12,1	11,6	11,2	10,7
п	15,6	15,3	15,1	14,8	13,5	12,2	11,4	11,0
Без монослоя								
б	19,0	18,0	16,7	15,7	10,4	10,3	10,2	10,0
к	14,8	14,5	14,4	14,1	12,7	12,2	11,5	11,1
п	15,2	14,9	14,4	14,2	13,2	12,1	11,5	11,1

Обозначения: б — берег; к — коса; п — плот; T — температура воздуха; e — упругость водяных паров в мб.

Здесь же для сравнения приведены средние данные тоже 5 часов наблюдений, проведенных в отсутствие монослоя, но в условиях, когда профиль скорости ветра, разность температур вода — воздух прак-

тически совпадают с таковыми при наличии монослоя. В частности, скорость на высоте 2 м на плоту при пленке и без нее равнялась $v_2 = 5,2$ м/сек, $\Delta T = T_0 - T_2 = 4,4$. Совпадали, конечно, и средние значения параметра устойчивости $-\Delta T/v_2^2 = 0,16$.

Данные табл. 1 показывают любопытный результат. Если в случае без пленки от берега к косе происходит значительное понижение температуры и значительный рост влажности, а от косы к плоту некоторый рост температуры, а влажность почти не изменяется, то при наличии пленки падение температуры от берега к косе незначительное, а влажность вовсе не увеличивается, от косы к плоту температура не изменяется, а влажность растет в значительной степени. Это означает, что пленка настолько эффективно сокращает испарение, что обычное увеличение влажности на 8—12% не наблюдается, начало трансформации как бы переносится от берега к косе, откуда и начинается этот процесс к плоту в обычных пределах.

Попытаемся оценить сокращение испарения, считая, что степень трансформации влажности известна по наблюдениям.

Напишем формулу для расчета испарения в отсутствие пленки в следующем виде (5, 6)

$$LE_0 = D(e_0 - e_2). \quad (1)$$

Здесь LE_0 — затраты тепла на испарение (E_0); D — интегральный коэффициент обмена; e_2 и e_0 — влажности воздуха на высоте 2 м и насыщения при температуре поверхности воды (T_0). Формулу испарения при наличии пленки формально можно взять в том же виде (1), при том же коэффициенте обмена и влажности насыщения, и поскольку опыт показал, что небольшое изменение претерпевает e_2 , положим

$$LE_n = D(e_0 - \sigma e_2), \quad (2)$$

где σ — степень увеличения влажности от берега к косе, когда не было монослоя. Предельное значение этой величины, т. е. $\sigma_{пр}$, может быть определено из условия $LE_n = 0$, т. е.

$$e_0 - \sigma_{пр}e_2 = 0, \quad \sigma_{пр} = e_0/e_2. \quad (3)$$

Годовой ход этой величины по данным для оз. Севан (7) приведен в табл. 2.

Таблица 2

Годовой ход величины $\sigma_{пр}$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\sigma_{пр}$	1,97	1,86	1,57	1,24	1,18	1,30	1,40	1,52	1,69	1,85	1,91	1,94	1,62

Ясно, что величина σ удовлетворяет условию $1 \leq \sigma \leq \sigma_{пр}$. Согласно (2) при $\sigma = 1$ $LE_n = LE_0$, испарение происходит как с поверхности чистой воды; при $\sigma = \sigma_{пр}$ $LE_n = 0$, испарение над пленкой прекращается.

Назовем эффективностью (\mathcal{E}) величину сокращения испарения, отнесенную к испарению с поверхности чистой воды, т. е.

$$\mathcal{E} = \frac{E_0 - E_n}{E_0} = 1 - \frac{E_n}{E_0}. \quad (4)$$

Подставляя сюда (1) и (2), получим

$$\mathcal{E} = \frac{\sigma - 1}{\sigma_{\text{пр}} - 1}. \quad (5)$$

По этой формуле может быть вычислена экономия испарения, причем $\sigma_{\text{пр}}$ берется по табл. 2, σ — по наблюдениям при наличии монослоя и без него.

Согласно табл. 1 имеем $\sigma = 1,11$, а по табл. 2 для августа $\sigma_{\text{пр}} = 1,52$, тогда

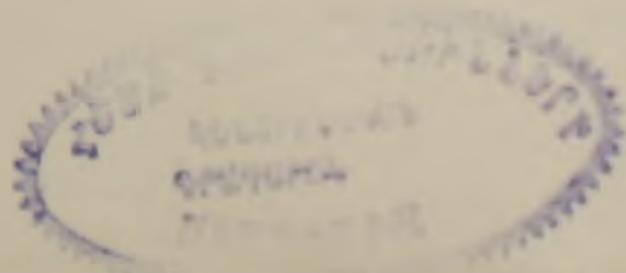
$$\mathcal{E} = \frac{1,11 - 1}{1,52 - 1} = 0,212, \quad (6)$$

т. е. сокращение испарения составило 21,2%. В это же время на водно-испарительной площадке на двух испарителях площадью 20 м² и глубиной 2 м проводились параллельные наблюдения за испарением, причем в одном испарителе вода находилась под тем же монослоем (вторые неомыляемые спирты). За 12 часов светлой части суток (с 7 до 19 часов) экономия испарения по испарителям составила 23,1%. Разность температур воды под пленкой и без нее составила 0,6°C.

Следует отметить, что опыт на испарителях в этот день уже подходил к концу, поэтому получен небольшой процент сокращения испарения. В действительности экономия испарения на испарителях была значительно больше 23%, например, накануне она составила более 30%.

Следует также отметить, что экспериментального материала очень мало и желательно было бы на большом количестве экспериментальных материалов уточнить предложенную методику по оценке эффективности монослоев. Вместе с тем отсутствие большего количества опытов не умаляет значения этой методики, так как она основывается на положениях, хорошо известных из теории и практики (²) влагообмена. Известно, что воздушный поток при переходе с суши на водоем обогащается водяными парами вследствие испарения с водной поверхности, монослой же препятствует этому процессу.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что путем изучения особенностей процесса трансформации влажности воздуха под влиянием водной поверхности при наличии на ней монослоя и без него на малых водоемах или в прибрежной полосе больших водоемов можно приближенно оценить экономию испарения или эффективность монослоев.



Ջրի մակերևույթից գոլորշիացումը կրճատող մոնոմոլեկուլյար թաղանթի արդյունավետության գնահատման հնարավորության մասին, օդի հոսանքի խոնավության տրանսֆորմացիայի ուսումնասիրման միջոցով

Հոդվածը նվիրված է մոնոմոլեկուլյար թաղանթի հետևանքով ջրամբարներից գոլորշիացման կրճատման արդյունավետության գնահատման մեթոդիկային՝ խոնավության տրանսֆորմացիայի ուսումնասիրության հիման վրա:

Սկանա լճի վրա կատարված փորձերը ցույց տվեցին, որ մոնոմոլեկուլյար թաղանթի առկայության դեպքում լճի մակերեսից կատարված գոլորշիացման կրճատման հետևանքով օդի խոնավության տրանսֆորմացիան համեմատաբար ավելի փոքր է, քան մոնոմոլեկուլյար թաղանթի բացակայության դեպքում, երբ ամից 2 կմ հեռավորության վրա խոնավության աճը 2 մետր արձրության վրա կազմում է 10—12%: Տեղին է նշել, որ գործնականում խոնավության տրանսֆորմացիան այդպիսի հեռավորության վրա արդեն վերջացած է լինում:

Հիմնվելով վերը նշված փաստի վրա, դուրս է բերված (5) բանաձևը, որով կարելի է հաշվել գոլորշիացման կրճատման հետևանքով տնտեսված ջրի քանակը, երբ հայտնի են խոնավության տրանսֆորմացիայի համապատասխան գործակիցները, որոնք որոշվում են փորձնական ճանապարհով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ *И. В. Егуазаров*, „Известия АН АрмССР“, сер. ТН, № 3 и 6, 1960, № 2, 1961 и № 4, 1962. ² „Известия АН АрмССР“, сер. ТН, № 2—3, 1963, Юбилейный сборник, статьи по монослаям. ³ *В. С. Макарова, А. М. Мхитарян*, „Известия АН АрмССР“, сер. ТН, № 3, 1961. ⁴ *М. П. Тимофеев*, Метеорологический режим водоемов, Гидрометеониздат, Л., 1963. ⁵ *А. М. Мхитарян, М. Г. Дагестанян, З. А. Зорин, Н. А. Петросян*, „Известия АН АрмССР“, сер. ФМ, т. 18, № 4 (1965). ⁶ *А. Р. Константинов*, Испарение в природе, Гидрометеониздат, Л., 1963. ⁷ *А. М. Мхитарян*, Испарение с поверхности оз. Севан, Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме, т. 1, Ереван, 1961.