

УДК 556.132.2(479.25)

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИСПАРЯЕМОСТИ В ЗАСУШЛИВЫХ РАЙОНАХ
ЮЖНОГО КАВКАЗА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ)**

В.Г. Маргарян

Ереванский государственный университет, vmargaryan@ysu.am

Изучены и обсуждены особенности формирования потенциально возможного испарения (испаряемости). Выявлены и проанализированы закономерности пространственного распределения испаряемости на изучаемой территории, оценены динамика их временного изменения за период инструментальных наблюдений, а также их уязвимость и риск по отношению к изменению климата. Разработаны эффективные способы смягчения и адаптации к последствиям.

Ключевые слова: испаряемость, водная поверхность, данные континентального испарителя ГГИ-3000, пространственно-временное распределение, динамика изменения, Республика Армения.

**ANALYSIS AND ASSESSMENT OF REGULARITIES
SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF POTENTIAL
EVAPORATION IN ARID REGIONS OF THE SOUTH CAUCASUS
(ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF ARMENIA)**

V.G. Margaryan

Yerevan State University

The features of the formation of the potential evaporation (evaporativity) were studied and discussed, the regularities of the spatial distribution of the evaporation of the territory were determined and analyzed, the dynamics of their temporal change during the period of instrumental observations was estimated, their vulnerability and risk to climate change were assessed, developed effective ways to mitigate the consequences of changes and adaptation.

Keywords: potential evaporation, water surface, data of the continental evaporator GGI-3000, spatio-temporal distribution, dynamics change, the Republic of Armenia.

Введение

Испаряемость — максимально возможное испарение с предельно увлажненной почвы при данных метеоусловиях. Практически за величину испаряемости принимается испарение с водной поверхности или испарение с поверхности грунта при постоянном полном его увлажнении [5]. Испаряемость характеризует тип климата данной территории и является важной составляющей увлажнения. Как климатический, и прежде всего агроклиматический, параметр эту величину можно использовать в расчетах суммарного испарения, для изучения увлажненности суши, для расчетов норм и периодов орошения, определения водообеспеченности сельскохозяйственных культур, оценки ландшафтов, изучения водного режима бассейнов и сельхозполей, оценки возможного испарения с проектируемых

водохранилищ, для расчетов гидротермического баланса и решения других вопросов. Значения испаряемости можно также использовать в качестве показателя количества воды, необходимого для оптимального увлажнения сельхозполей, когда грунтовые воды не оказывают существенного влияния на общий расход влаги растениями.

В настоящей работе поставлена цель изучить закономерности пространственно-временных изменений испаряемости на территории Армении, оценить уязвимость и риски, связанные с изменением климата, разработать эффективные способы смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним.

Материалы и методы исследования

Теоретической и информационной основой для решения поставленных задач стали результаты исследований, представленные в работах [1—4, 6—7]. В качестве исходного материала в работе использованы результаты фактических наблюдений Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления МЧС Республики Армения за 1953—2016 гг.

С целью решения задачи использовались фактические значения испарения с водной поверхности, измеренные с помощью испарителей ГГИ-3000 (рис. 1), установленных на девяти метеорологических станциях изучаемой территории. Такой длинный ряд (50—60 лет) данных фактических наблюдений обобщается впервые. Это обстоятельство позволяет предположить, что заключения, полученные на основе проведенного в настоящей работе анализа, являются более надежными, чем все предыдущие.

За время использования водноиспарительной сети накоплены обширные материалы наблюдений не только за испарением с водной поверхности, но и за целым комплексом гидрометеорологических элементов, обуславливающих процесс испарения. Максимальное количество данных имеется по континентальному



Рис. 1. Испаритель ГГИ-3000 на метеостанции Ереван «Агро».

испарителю ГГИ-3000. На изучаемой территории первые наблюдения за испарением относятся к 1913 г. Однако современные установки для наблюдений (испаритель ГГИ-3000 и испарительный бассейн 20 м²) были оборудованы лишь в 1951 г. на полуострове Севан.

Отметим, что за последние два десятилетия резко сократилось число метеостанций, проводящих наблюдения за испаряемостью. В настоящее время (2018 г.) на горной территории Республики Армения (где четко выражена вертикальная зональность) наблюдения за испаряемостью с водной поверхности проводятся всего на девяти метеорологических станциях (табл. 1). Они расположены на высоте 800—2400 м и распределены по территории очень неравномерно. В настоящее время не действует ни один из испарительных бассейнов. Нет сомнений в том, что эта проблема отрицательно скажется на результатах исследования испарения.

Кроме того, приборы, используемые в настоящее время на государственной сети наблюдений, изношены, и часть из них вышла из эксплуатации. Поэтому здесь есть проблемы, для решения которых потребуются большие усилия и значительные финансовые затраты. Необходимо восстановить ранее действующие в регионе испарители ГГИ-3000 и испарительные бассейны (желательно, кроме того, установить новые), а также обеспечить надежность производства наблюдений, поскольку исследования испарения имеют большое значение для орошаемого земледелия и перспективного развития множества разных сфер, для планирования и правильной организации работ.

Существует ряд методов расчета испаряемости — это методы водного баланса, теплового баланса, турбулентной диффузии, комплексный, испарителей, или гидрометеорологический и др. В этой работе для определения испаряемости использован метод испарителей (гидрометеорологический метод). Особенность этого метода заключается в том, что на основе данных наблюдений за испарением с поверхности испарителей и испарительных бассейнов и гидрометеорологическими величинами (температурой и влажностью воздуха, температурой воды, скоростью ветра) разрабатываются эмпирические уравнения.

Таблица 1

Средние многолетние значения испаряемости
по данным наблюдений по испарителям ГГИ-3000

Метеостанция	Абсолютная высота, м	Месяц						V—X
		V	VI	VII	VIII	IX	X	
Одзун	1110	91,9	102,0	131,7	129,4	96,4	60,7	612
Ванадзор	1350	78,4	88,4	96,9	98,1	87,6	62,1	512
Гюмри	1557	99,8	133,5	188,4	197,4	144,4	80,6	844
Апаран	1891	83,6	98,1	121,3	127,8	101,6	65,8	598
Ереван «Агро»	942	138,8	209,0	294,7	292,3	195,6	95,7	1226
Мартуни	1945	104,3	120,0	139,6	136,1	116,8	87,2	704
Вардениц	2331	81,9	123,2	154,9	164,0	133,4	72,8	730
Джермук	2066	97,1	143,4	187,4	193,6	142,0	81,1	845
Арагат	818	133,5	166,8	193,4	182,3	138,8	87,7	903

Результаты и обсуждение

С целью определения достоверности фактических значений испаряемости использованы корреляционные связи между среднемесячными значениями испаряемости по данным многолетних наблюдений и дефицита влажности воздуха, температуры воздуха и скорости ветра по данным метеорологических станций.

Обычно наблюдения за испарением проводятся только в теплые месяцы года. Зимой, когда в испарителях и испарительных бассейнах вода замерзает, наблюдения прекращаются, и измеренные значения испаряемости за эти месяцы отсутствуют.

В табл. 1 представлены среднемесячные значения многолетних наблюдений за испаряемостью только за теплый период года.

Испаряемости присущ хорошо выраженный годовой ход с одним максимумом и одним минимумом. На всей территории Республики Армения максимальные значения испаряемости наблюдаются в июле — августе (самый засушливый и жаркий период). На этот период приходится около 40—50 % испаряемости вегетационного периода (май — октябрь). Это позволяет по данным об испаряемости в засушливый и жаркий период определить значения испаряемости в вегетационный период, что подтверждается графиками, приведенными на рис. 2.

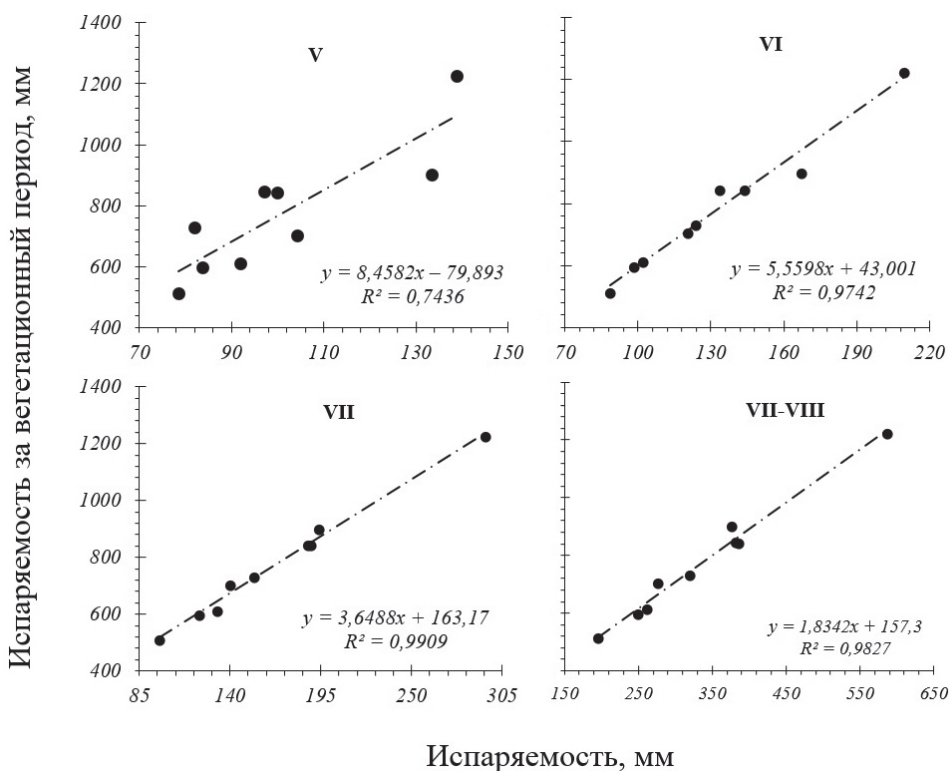


Рис. 2. Корреляционная связь между испаряемостью за вегетационный период и испаряемостью за май, июнь, июль и жаркий период (июль — август).

Из рис. 2 видно, что имеется достаточно тесная связь между значениями испаряемости за вегетационный период и испаряемостью за май, июнь и июль. Таким образом, заранее, с заблаговременностью 1—4 месяца, можно предсказать ожидаемые значения испаряемости за весь вегетационный период, что может быть использовано при расчете норм орошения за оставшиеся месяцы вегетационного периода, при планировании водохозяйственных работ, а также для регулирования и контроля объемов сбросов воды из водохранилищ и озера Севан.

Отметим, что значительная испаряемость в жаркий период года сопровождается незначительным количеством атмосферных осадков (т.е. коэффициент увлажнения — отношение количества осадков к величине испаряемости за тот же период — колеблется в пределах 0,02—0,50). Следовательно, почти на всей сельскохозяйственной территории Республики Армения есть потребность в орошении. Поэтому необходимо осуществлять ряд эффективных мероприятий:

- регулирование речного стока (увеличение объемов действующих водохранилищ или строительство новых водохранилищ);
- сокращение потерь стока в системе орошения;
- применение передовых способов орошения.

В результате проведенных исследований [2—3] выяснилось, что в условиях, характерных для территории Республики Армения, среди метеорологических величин, определяющих испаряемость, доминирующим является дефицит влажности воздуха. Преимущество этой метеорологической величины по сравнению с другими (температурой воздуха, скоростью ветра) заключается в том, что она интегрирует комплексное воздействие других величин, определяющих испаряемость. Получена корреляционная связь (рис. 3) между фактической (наблюденной) испаряемостью и дефицитом влажности воздуха и расчетное уравнение. В соответствии с результатами исследований, проведенных автором ранее [2], при увеличении дефицита влажности воздуха возрастает также и испаряемость.

Найденная корреляционная связь позволяет получить ориентировочные значения испаряемости в разных районах Республики Армения при наличии данных о дефиците влажности воздуха.

В работе [2] обсуждается также корреляционная связь между фактической испаряемостью по испарителям ГГИ-3000 и дефицитом влажности воздуха по данным метеорологических станций в отдельности. Во всех случаях наряду с увеличением дефицита влажности воздуха линейно возрастает также испаряемость. Однако эти данные не представлены в настоящей работе.

Есть тесная связь между испаряемостью и высотой местности [1]. Обычно с высотой испаряемость уменьшается. При этом в засушливых районах она через каждые 100 м уменьшается на 25 мм, а в сравнительно влажных районах — на 12 мм. В засушливых районах испаряемость на 300—600 мм больше, чем в сравнительно влажных районах на той же высоте, причем эта разница с высотой уменьшается.

В результате исследований также выяснилось, что в условиях глобально потепления климата на территории Республики Армения наблюдается рост испаряемости, в особенности в период июль — август (рис. 4). Однако нужно

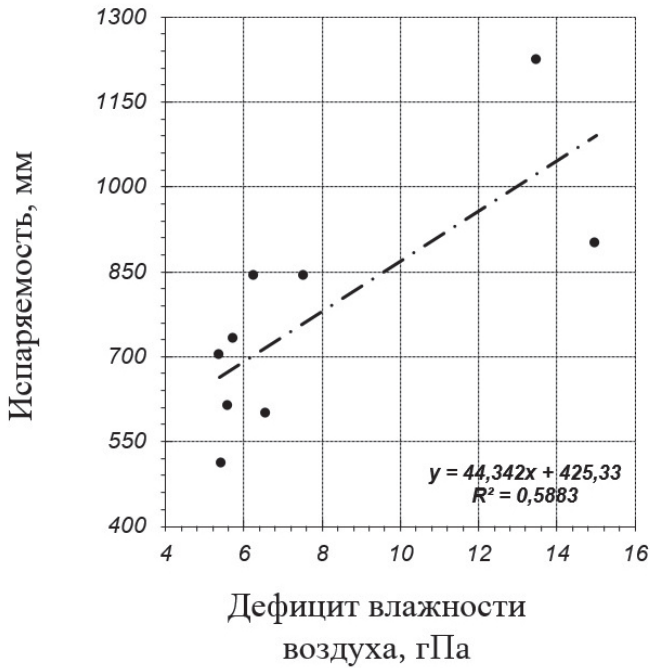


Рис. 3. Корреляционная связь между средней многолетней испаряемостью и дефицитом влажности воздуха за вегетационный период.

отметить, что, согласно фактическим данным, на некоторых метеорологических станциях наблюдается обратное явление, то есть уменьшение испаряемости. Это сомнительно, поскольку во всех случаях на территории Республики Армения наблюдается исключительно тенденция роста дефицита влажности и повышения температуры воздуха (рис. 5), в результате чего должно наблюдаться увеличение испарения.

Как правило, изменение климата особенно существенно сказывается в аридных районах, где повышение температуры воздуха в теплый период года вызывает увеличение испарения и дефицита влажности воздуха, что приводит к увеличению засушливости и интенсификации процесса опустынивания. А большая часть территории Армении считается засушливой.

Высокая уязвимость экосистемы по отношению к изменениям климата в засушливых горных районах Республики Армения отрицательно скажется на социальном, экологическом и экономическом развитии страны. Поэтому в таких условиях возрастает важность международного сотрудничества в экологической и экономической областях, разработки стратегических программ адаптации к последствиям изменения климата, а также становятся более актуальными задача обеспечения продовольственной безопасности страны и охрана природных экосистем.

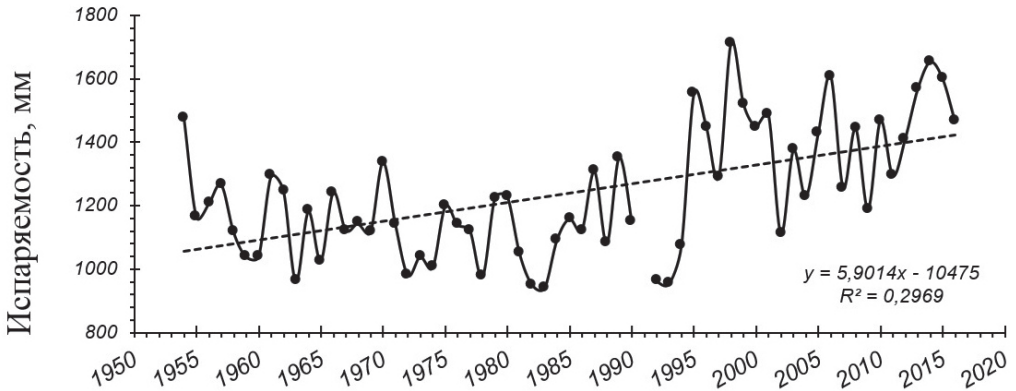


Рис. 4. Динамика изменения значений испаряемости за вегетационный период по данным метеостанции Ереван «Агро».

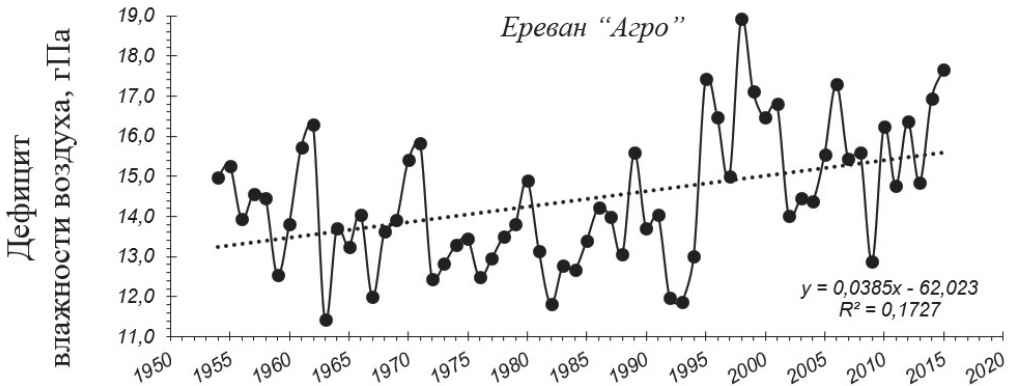


Рис. 5. Динамика изменения дефицита влажности воздуха по данным метеостанции Ереван «Агро».

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие заключения:

- испаряемости присущ хорошо выраженный годовой ход: с одним максимальным и одним минимальным значением;
- в ряду многолетних данных преимущественно наблюдается тенденция увеличения испаряемости и дефицита влажности воздуха;
- изучаемая территория отличается неравномерным пространственным распределением испаряемости: малые значения регистрируются в сравнительно влажных районах и высотных зонах;
- существует прямая пропорциональная корреляционная связь между значениями фактически наблюдаемой испаряемости и дефицита влажности воздуха, что дает возможность рассчитать значения испаряемости в тех районах, где наблюдения за испаряемостью не проводятся.

Необходимы:

— обеспечение многосторонних, систематизированных и непрерывных наблюдений за испарением с водной поверхности и метеорологическими величинами, его определяющими;

— охрана, усиление, расширение и повышение качества сети, системы и мониторинга наблюдений;

— обеспечение надежности фактических данных об испарении с водной поверхности;

— восстановление хотя бы некоторой части ранее действовавших или создание новых испарительных площадок, оборудованных испарителями ГГИ-3000 и испарительными бассейнами;

— внедрение современных приборов (особенно автоматических) и технологий, соответствующих международным стандартам; модернизация методологии;

— разработка эффективных путей смягчения и адаптации последствий роста испаряемости.

Список литературы

1. *Маргарян В.Г.* Закономерности пространственно-временных изменений расчетных величин испаряемости в Республике Армения // *Агротитутйун*. 2004. № 11—12. С. 539—545. (На армянском языке.)
2. *Маргарян В.Г.* Закономерности пространственно-временных изменений атмосферного увлажнения в РА / Автореф. дис. ... ученой степени канд. геогр. наук. Ереван, 2009. 169 с. (На армянском языке.)
3. *Мкртчян Р.С., Маргарян В.Г.* Корреляционная связь между испаряемостью и дефицитом влажности воздуха в условиях Южного Кавказа // *Экологический журнал Армении*. 2004. № 1. С. 35—42. (На армянском языке.)
4. *Мкртчян Р.С., Маргарян В.Г.* Изменение закономерности испаряемости в Армении согласно фактическим наблюдениям ГГИ-3000 // *Экологический журнал Армении*. 2004. № 1. С. 43—49. (На армянском языке.)
5. *Чеботарев А.И.* Гидрологический словарь. Изд. 3-е, перераб. и доп. Л.: Гидрометеоиздат. 1978. 308 с.
6. *Margaryan V.G.* Agricultural Aspects of Evaporability in Armenia / In: *Earth, Wind and Water — Elements of Life. Proc. CWRA — CGV National Conference, Banff Alberta, Canada, 2012.* P. 274.
7. *Margaryan V.G.* Assessment impact of global change climate on the temporary changes of evaporation in the valley Ararat of Armenian Republic. Book of abstracts. 3rd international scientific conference Geobalcanica 2017. 20—21 May 2017. Skopje, Republic of Macedonia. P. 18.